

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

제 5 장 - 원자로냉각재계통 및 관련 계통

목 차

번 호	제 목	페이지
5.1	<u>개요</u>	5.1-1
5.1.1	유로 개략도	5.1-3
5.1.2	배관 및 계장도	5.1-3
5.1.3	원자로냉각재계통 배치도면	5.1-4
5.2	<u>원자로냉각재압력경계의 건전성</u>	5.2-1
5.2.1	코드 및 코드케이스의 적용	5.2-1
5.2.1.1	10 CFR 50.55a의 적용	5.2-1
5.2.1.2	적용대상 코드케이스	5.2-2
5.2.2	과압보호	5.2-2
5.2.2.1	설계기준	5.2-2
5.2.2.2	설계평가	5.2-2
5.2.2.3	배관 및 계장도	5.2-3
5.2.2.4	설비 및 기기 설명	5.2-3
5.2.2.4.1	가압기안전밸브	5.2-3
5.2.2.4.1.1	가압기안전밸브 작동	5.2-3
5.2.2.4.1.2	과도상태	5.2-4
5.2.2.4.1.3	환경	5.2-4
5.2.2.4.1.3.1	정상환경	5.2-5
5.2.2.4.1.3.2	사고조건(1회 발생)	5.2-5
5.2.2.4.2	주증기안전밸브	5.2-5
5.2.2.4.2.1	주증기안전밸브 운전	5.2-5
5.2.2.4.2.2	과도상태	5.2-6
5.2.2.4.2.3	환경	5.2-6
5.2.2.4.2.3.1	정상환경	5.2-7
5.2.2.4.2.3.2	사고조건(1회)	5.2-7
5.2.2.5	압력방출기구의 설치	5.2-7
5.2.2.5.1	상세설계 및 설치	5.2-7

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
5.2.2.5.1.1	가압기안전밸브	5.2-7
5.2.2.5.1.2	주증기안전밸브	5.2-8
5.2.2.5.2	가정된 하중에 대한 설계기준	5.2-8
5.2.2.6	적용코드 및 분류	5.2-8
5.2.2.7	재질규격	5.2-9
5.2.2.8	공정계측	5.2-9
5.2.2.9	계통 신뢰성	5.2-9
5.2.2.10	시험 및 검사	5.2-10
5.2.2.11	저온상태에서 과압보호	5.2-10
5.2.2.11.1	설계기준	5.2-11
5.2.2.11.1.1	운전원 조치에 대한 신뢰	5.2-11
5.2.2.11.1.2	단일교장	5.2-11
5.2.2.11.1.3	시험성	5.2-12
5.2.2.11.1.4	내진설계 및 IEEE 603 기준	5.2-12
5.2.2.11.2	설계 및 분석	5.2-12
5.2.2.11.2.1	극단적 과도상태	5.2-12
5.2.2.11.2.2	과압보호를 위한 설비	5.2-14
5.2.2.11.2.3	설비변수	5.2-16
5.2.2.11.2.4	행정적 관리	5.2-16
5.2.3	원자로냉각재압력경계 재료	5.2-17
5.2.3.1	재료규격	5.2-17
5.2.3.2	원자로냉각재와의 적합성	5.2-18
5.2.3.2.1	원자로냉각재의 수질화학	5.2-18
5.2.3.2.2	원자로냉각재와 재료와의 적합성	5.2-18
5.2.3.2.3	환경분위기 및 외부 단열재와의 적합성	5.2-18
5.2.3.3	페라이트계 재료의 제작 및 공정	5.2-19
5.2.3.3.1	파괴인성	5.2-19
5.2.3.3.1.1	핵증기공급계통 기기	5.2-19
5.2.3.3.2	용접관리	5.2-20
5.2.3.3.2.1	저온균열 방지	5.2-20
5.2.3.3.2.2	규제지침서 1.34	5.2-21
5.2.3.3.2.3	규제지침서 1.71	5.2-21

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
5.2.3.3.3	배관의 비파괴검사	5.2-21
5.2.3.4	오스테나이트 스테인레스강의 제작 및 공정	5.2-21
5.2.3.4.1	응력부식균열의 방지	5.2-21
5.2.3.4.1.1	예민화 방지	5.2-21
5.2.3.4.1.2	응력부식균열을 야기하는 오염 방지	5.2-25
5.2.3.4.1.3	원자로냉각재압력경계기기용 냉간가공 오스테나이트 스테인레스강의 특성 및 기계적 성질	5.2-26
5.2.3.4.2	용접관리	5.2-26
5.2.3.4.2.1	고온균열 방지	5.2-26
5.2.4	원자로냉각재압력경계의 가동중검사 및 시험	5.2-27
5.2.4.1	검사대상범위	5.2-28
5.2.4.2	배치 및 접근성	5.2-28
5.2.4.2.1	일반사항	5.2-28
5.2.4.2.2	원자로용기에 대한 접근성	5.2-29
5.2.4.2.3	가압기	5.2-30
5.2.4.2.4	증기발생기	5.2-30
5.2.4.2.5	배관압력경계	5.2-31
5.2.4.2.6	원자로냉각재펌프와 모터	5.2-31
5.2.4.2.7	밸브압력경계	5.2-31
5.2.4.3	시험방법 및 절차	5.2-32
5.2.4.3.1	가동중검사를 위한 장비	5.2-32
5.2.4.3.1.1	초음파검사 장비	5.2-32
5.2.4.3.1.2	표면검사 장비	5.2-33
5.2.4.3.1.3	육안검사 장비	5.2-33
5.2.4.3.2	가동중검사장비와 접근시설의 조정	5.2-34
5.2.4.3.3	수동검사	5.2-34
5.2.4.4	검사주기	5.2-34
5.2.4.5	검사범주 및 요구사항	5.2-34
5.2.4.6	검사결과 평가	5.2-35
5.2.4.7	원자로냉각재압력경계 누설시험	5.2-35
5.2.4.8	시험 및 검사완화신청	5.2-35
5.2.5	원자로냉각재압력경계 누설감지계통	5.2-36

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
5.2.5.1	설계기준	5.2-36
5.2.5.2	누설감지방법	5.2-36
5.2.5.2.1	미확인 누설	5.2-36
5.2.5.2.1.1	원자로건물 정상배수조 및 원자로공동 배수조	5.2-36
5.2.5.2.1.2	원자로건물 방사능 감시	5.2-37
5.2.5.2.1.3	원자로건물 대기감시	5.2-37
5.2.5.2.1.4	원자로냉각재 재고량 평형	5.2-38
5.2.5.2.1.5	음향누설감시	5.2-38
5.2.5.2.1.6	기타 방법	5.2-39
5.2.5.2.1.7	기타 고려사항	5.2-39
5.2.5.2.2	확인누설	5.2-40
5.2.5.2.2.1	원자로건물 기기 배수	5.2-40
5.2.5.2.2.2	원자로냉각재계통 안전밸브 및 안전감압밸브	5.2-40
5.2.5.2.2.3	원자로냉각재펌프 밀봉	5.2-41
5.2.5.2.2.4	원자로용기상부헤드 플랜지 누설	5.2-42
5.2.5.2.2.5	증기발생기 전열판이나 전열관지지판을 통한 누설	5.2-42
5.2.5.2.2.6	보조계통으로의 누설	5.2-42
5.2.5.2.2.7	음향누설감시계통	5.2-43
5.2.5.2.2.8	안전감압밸브	5.2-43
5.2.5.2.3	계통간의 누설	5.2-43
5.2.5.2.4	주제어실내의 지시	5.2-44
5.2.5.2.4.1	미확인 원자로냉각재 누설에 대한 1차 지시계	5.2-44
5.2.5.2.4.2	원자로냉각재 누설을 지시하는 기타 지시계	5.2-45
5.2.5.3	원자로냉각재 미확인누설량	5.2-45
5.2.5.3.1	원자로건물 방사능 기체 및 공기 미립자 감시	5.2-46
5.2.5.3.2	배수조수위측정계통	5.2-46
5.2.5.4	안전성 평가	5.2-46
5.2.5.4.1	원자로냉각재 누설에 대한 제한	5.2-46
5.2.5.4.2	최대허용 총 누설량	5.2-46
5.2.5.5	확인누설 및 미확인누설의 구분	5.2-47
5.2.5.6	시험과 검사	5.2-47
5.2.5.7	계측설비	5.2-47

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
5.3	원자로용기	5.3-1
5.3.1	원자로용기 재료	5.3-1
5.3.1.1	재료규격	5.3-1
5.3.1.2	제작에 사용된 특수공정	5.3-1
5.3.1.3	비파괴검사에 사용하는 특수공정	5.3-2
5.3.1.4	페라이트계 및 오스테나이트계 스테인레스강에 대한 특수관리	5.3-3
5.3.1.5	파괴인성	5.3-4
5.3.1.6	원자로용기 재료 감시시험계획	5.3-5
5.3.1.6.1	시험재료의 선택	5.3-5
5.3.1.6.2	시편	5.3-6
5.3.1.6.2.1	종류와 수량	5.3-7
5.3.1.6.2.2	중성자 조사전 시편	5.3-7
5.3.1.6.2.3	중성자 조사후 시편	5.3-7
5.3.1.6.3	감시시편함집합체(Surveillance Capsule Assembly)	5.3-8
5.3.1.6.3.1	시편함집합체(Capsule Assembly)	5.3-9
5.3.1.6.4	중성자 조사와 조사온도	5.3-10
5.3.1.6.4.1	중성자속의 측정	5.3-10
5.3.1.6.4.2	온도의 평가	5.3-12
5.3.1.6.5	감시시편함의 위치 선정	5.3-13
5.3.1.6.6	인출시기	5.3-14
5.3.1.6.7	중성자 조사 영향 예측의 근거	5.3-14
5.3.1.7	원자로용기 체결장치	5.3-14
5.3.2	압력-온도 한계	5.3-15
5.3.2.1	한계곡선	5.3-15
5.3.2.2	운전절차	5.3-20
5.3.3	원자로용기 건전성	5.3-20
5.3.3.1	설계	5.3-20
5.3.3.2	구조재료	5.3-21
5.3.3.3	제작방법	5.3-21
5.3.3.4	검사요건	5.3-21
5.3.3.5	운송 및 설치	5.3-21

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
5.3.3.6	운전조건	5.3-22
5.3.3.7	가동중 감시	5.3-22
5.3.3.8	가압열충격	5.3-22
5.3.4	참고문헌	5.3-24
5.4	<u>기기 및 부속계통 설계</u>	5.4-1
5.4.1	원자로냉각재펌프	5.4-1
5.4.1.1	펌프관성바퀴의 기계적 건전성	5.4-1
5.4.1.2	설계개요	5.4-5
5.4.1.3	평가	5.4-6
5.4.1.4	시험과 검사	5.4-10
5.4.2	증기발생기	5.4-11
5.4.2.1	설계기준	5.4-11
5.4.2.2	개요	5.4-13
5.4.2.3	이코노마이저의 건전성	5.4-14
5.4.2.4	증기발생기 재료	5.4-15
5.4.2.4.1	증기발생기 전열관	5.4-15
5.4.2.5	시험 및 검사	5.4-17
5.4.3	원자로냉각재 배관	5.4-18
5.4.3.1	설계기준	5.4-18
5.4.3.2	개요	5.4-18
5.4.3.3	재료	5.4-19
5.4.3.4	시험 및 검사	5.4-19
5.4.3.4.1	원자로냉각재 누설에 대한 제한	5.4-20
5.4.4	주증기관 유량제한기	5.4-20
5.4.4.1	설계기준	5.4-20
5.4.4.2	설계사항	5.4-20
5.4.4.3	설계평가	5.4-20
5.4.4.4	시험 및 검사	5.4-21
5.4.5	주증기격리계통	5.4-21
5.4.5.1	설계기준	5.4-21

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
5.4.5.2	계통설계	5.4-22
5.4.5.2.1	개요	5.4-22
5.4.5.2.2	기기설명	5.4-22
5.4.5.2.3	계통운전	5.4-22
5.4.5.3	설계평가	5.4-23
5.4.5.4	시험 및 검사	5.4-23
5.4.6	원자로격리냉각계통	5.4-23
5.4.7	잔열제거계통(정지냉각계통)	5.4-23
5.4.7.1	설계기준	5.4-23
5.4.7.1.1	개요	5.4-23
5.4.7.1.2	기능적 설계기준	5.4-24
5.4.7.2	계통설계	5.4-26
5.4.7.2.1	계통구성	5.4-26
5.4.7.2.2	기기설명	5.4-27
5.4.7.2.3	과압방지	5.4-31
5.4.7.2.4	적용 코드와 등급 구분	5.4-32
5.4.7.2.5	계통의 신뢰도에 대한 고려	5.4-33
5.4.7.2.6	수동 조작	5.4-34
5.4.7.3	성능평가	5.4-39
5.4.7.4	가동전시험	5.4-40
5.4.7.5	가동중 시험 및 검사	5.4-41
5.4.8	원자로냉각재정화계통	5.4-41
5.4.9	주증기배관 및 급수배관	5.4-41
5.4.10	가압기	5.4-41
5.4.10.1	설계기준	5.4-41
5.4.10.2	개요	5.4-43
5.4.10.3	평가	5.4-46
5.4.10.4	시험 및 검사	5.4-46
5.4.11	가압기압력방출탱크	5.4-46
5.4.12	밸브	5.4-47
5.4.12.1	설계기준	5.4-47
5.4.12.2	설계개요	5.4-47
5.4.12.3	설계평가	5.4-47

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
5.4.12.4	시험 및 검사	5.4-48
5.4.13	안전 및 방출밸브	5.4-48
5.4.13.1	설계기준	5.4-48
5.4.13.2	설계개요	5.4-48
5.4.13.3	평가	5.4-49
5.4.13.4	시험 및 평가	5.4-49
5.4.13.4.1	가압기안전밸브	5.4-49
5.4.13.4.2	주증기안전밸브	5.4-50
5.4.14	지지구조물	5.4-50
5.4.14.1	설계기준	5.4-50
5.4.14.2	개요	5.4-51
5.4.14.3	평가	5.4-53
5.4.15	원자로냉각재배기계통	5.4-53
5.4.15.1	설계기준	5.4-53
5.4.15.2	계통설명	5.4-55
5.4.15.2.1	개요	5.4-55
5.4.15.2.2	계통 운전	5.4-57
5.4.15.3	안전성 평가	5.4-59
5.4.15.3.1	원자로냉각재상설사고(LOCA) 분석	5.4-59
5.4.15.3.2	다중성	5.4-60
5.4.15.3.3	기타 안전성관련 사항	5.4-60
5.4.15.4	시험 및 검사	5.4-60
5.4.15.5	계측설비	5.4-61
5.4.16	안전감압계통	5.4-61
5.4.16.1	설계기준	5.4-61
5.4.16.1.1	개요	5.4-61
5.4.16.1.2	기능설계기준	5.4-62
5.4.16.2	계통설명	5.4-64
5.4.16.2.1	개요	5.4-64
5.4.16.2.2	기기설명	5.4-65
5.4.16.3	계통분류	5.4-66
5.4.16.4	계통신뢰도	5.4-66

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
5.4.16.5	검사 및 시험요건	5.4-66
5.4.16.6	계측설비 요건	5.4-67
5.4.16.7	완전급수상실사고 분석	5.4-67
5.4.16.7.1	분석대상 사고	5.4-67A
5.4.16.7.2	전산프로그램	5.4-67A
5.4.16.7.3	사고분석 방법	5.4-67B
5.4.16.7.4	사고분석 결과	5.4-67B
5.4.16.7.5	사고분석 결론	5.4-67C
5.4.17	참고문헌	5.4-67E
부록 5A	신고리 1,2호기 핵증기공급계통에 대한 과압보호	
부록 5B	주증기관 파열로 인한 신고리 1,2호기 증기발생기 내부구조물 건전성 평가	
부록 5C	급수관 파열로 인한 신고리 1,2호기 증기발생기 내부구조물 건전성 평가	
부록 5D	자연순환냉각 분석	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

제 5 장 - 원자로냉각재계통 및 관련 계통

표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
5.1-1	공정자료 표	5.1-5
5.1-2	원자로냉각재계통의 설계변수	5.1-6
5.1-3	원자로냉각재계통 체적	5.1-7
5.2-1	원자로냉각재압력경계 코드 요건	5.2-49
5.2-2	원자로냉각재압력경계의 설계와 제작에 대한 적용대상 코드케이스	5.2-50
5.2-3	원자로냉각재압력경계의 재질에 대한 적용대상 코드케이스	5.2-51
5.2-4	원자로냉각재계통 재료 및 압력경계 기기용 용접재료	5.2-53
5.2-5	파괴인성 자료(원자로)	5.2-63
5.2-6	파괴인성 자료(제어봉구동장치 모터하우징)	5.2-67
5.2-7	원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별(원자로용기)	5.2-68
5.2-8	용접재료 인증 시험 기기 : 원자로 용기	5.2-69
5.2-9	용접절차서 검증, 파괴인성 자료(원자로용기)	5.2-77
5.2-10	파괴인성 자료(원자로냉각재 배관)	5.2-79
5.2-11	원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별(1차측 배관)	5.2-91
5.2-12	용접재료 인증시험 기기 : 배관	5.2-93
5.2-13	용접절차서 검증, 파괴인성 자료(배관)	5.2-105
5.2-14	파괴인성 자료(가압기 : 후판)	5.2-107
5.2-15	원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별 : 가압기	5.2-111
5.2-16	용접 인증시험 기기 : 가압기	5.2-113
5.2-17	용접절차서 검증, 파괴인성 자료 : 가압기	5.2-125
5.2-18	파괴인성자료(증기발생기 1호기)	5.2-127
5.2-19	원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별 : 증기발생기 1&2(1차측)	5.2-131
5.2-20	용접재료 인증시험 기기 : 증기발생기 1(1차측)	5.2-132
5.2-21	용접절차서 검증, 파괴인성 자료(증기발생기 1&2)	5.2-136
5.2-22	파괴인성 자료(증기발생기 2호기)	5.2-138
5.2-23	용접재료 인증시험 기기 : 증기발생기 2(1차측)	5.2-142
5.2-24	원자로냉각재펌프(모재의 파괴인성자료 1호기)	5.2-146
5.2-25	원자로냉각재펌프(모재의 파괴인성자료 2호기)	5.2-150

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
5.2-26	원자로냉각재펌프(용접재의 파괴인성자료 1호기)	5.2-154
5.2-27	원자로냉각재펌프(용접재의 파괴인성자료 1호기)	5.2-158
5.2-28	원자로냉각재펌프(용접절차서 인증관련 파괴인성자료 1,2호기)	5.2-162
5.3-1	신고리 1호기 원자로용기 노심대 단조재 화학분석	5.3-25
5.3-2	신고리 1호기 원자로용기 노심대 용접분석(육성상태) 화학분석	5.3-26
5.3-3	신고리 2호기 원자로용기 노심대 단조재 화학분석	5.3-27
5.3-4	신고리 2호기 원자로용기 노심대 용접분석(육성상태) 화학분석	5.3-28
5.3-5	중성자 조사전 및 조사후의 시편 총 수량 및 종류	5.3-29
5.3-6	중성자 조사전 시험을 위한 시편의 종류와 수량	5.3-30
5.3-7	중성자 조사후 시험을 위한 시편의 종류와 수량	5.3-31
5.3-8	시험편 집합체당 시편의 종류 및 수량	5.3-32
5.3-9	중성자 문턱 감지기에 사용되는 재료	5.3-33
5.3-10	온도 감시사용 재료의 성분과 용융점	5.3-34
5.3-11	감시시편함 인출계획	5.3-35
5.3-12	신고리 1호기 원자로용기 체결장치(파괴인성)	5.3-36
5.3-13	신고리 2호기 원자로용기 체결장치(파괴인성)	5.3-44
5.3-14	신고리 1호기 증기발생기 및 가압기 체결장치 : 인장 및 파괴인성치	5.3-52
5.3-15	신고리 2호기 증기발생기 및 가압기 체결장치 : 인장 및 파괴인성치	5.3-54
5.4-1	원자로냉각재펌프의 설계변수	5.4-68
5.4-2	증기발생기 변수	5.4-69
5.4-3	정지냉각계통 설계변수	5.4-71
5.4-4	정지냉각계통 고장유형 및 영향분석	5.4-74
5.4-5	가압기 변수	5.4-82
5.4-6	가압기 시험	5.4-83
5.4-7	가압기 안전밸브의 설계변수	5.4-85
5.4-8	주증기안전밸브의 설계변수	5.4-86
5.4-9	안전감압계통 - 능동밸브 목록	5.4-87
5.4-10	원자로냉각재배기계통의 설계변수	5.4-88
5.4-11	완전급수상실사고 초기 조건과 발전소 변수	5.4-89
5.4-12	완전급수상실사고 경위	5.4-90

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

제 5 장 - 원자로냉각재계통 및 관련 계통

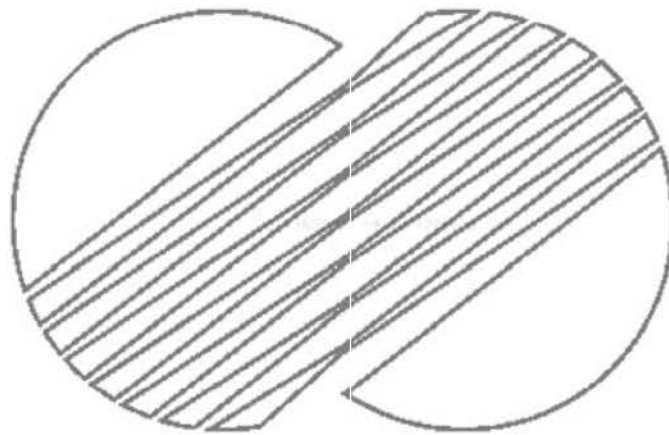
그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
5.1-1	원자로냉각재계통 배치 -평면도
5.1-2	원자로냉각재계통 배치 -정면도
5.1-3	원자로냉각재계통 배관 및 계장도
5.1-4	원자로냉각재펌프 배관 및 계장도
5.2-1	부주의한 안전주입 작동중의 전형적인 가압기 압력
5.2-2	원자로냉각재계통 온도차가 139℃ (250°F)에서 원자로냉각재펌프 작동중 의 전형적인 가압기 압력
5.2-3	신고리 1호기 샤르피 천이곡선
5.2-4	신고리 2호기 샤르피 천이곡선
5.3-1	감시시편함의 형상
5.3-2	상부 시편보관통
5.3-3	중간 시편보관통
5.3-4	하부 시편보관통
5.3-5	감시시편함 위치(평면도)
5.3-6	감시시편함 위치(입면도)
5.3-7	원자로용기
5.4-1	원자로냉각재펌프
5.4-2	증기발생기
5.4-3	정지냉각계통의 두 계열을 사용한 냉각
5.4-4	정지냉각계통의 한 계열을 사용한 냉각
5.4-5	가압기 개략도
5.4-6	전형적인 가압기 수위 설정 프로그램
5.4-7	전형적인 온도제어 프로그램
5.4-8	가압기 수위 오차 프로그램
5.4-9	압력제어 프로그램
5.4-10	전형적인 가압기 안전밸브
5.4-11	전형적인 주증기 안전밸브

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

그림 목차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
5.4-12	원자로냉각재계통 배열 및 지지구조물 위치
5.4-13	원자로용기 지지구조물
5.4-14	증기발생기 지지구조물
5.4-15	원자로냉각재펌프 지지구조물
5.4-16	원자로냉각재배기계통 배관 및 계장도
5.4-17	안전감압계통 유로도
5.4-18	가압기 압력
5.4-19	노심 혼합수위



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5 원자로냉각재계통 및 관련 계통

5.1 개요

원자로는 2개의 냉각재유로를 가진 가압경수로이다. 원자로냉각재계통은 폐쇄유로 내에서 냉각재를 순환시키며, 노심으로부터 열을 제거하여 이차(증기발생기)계통으로 전달한다. 증기발생기는 원자로냉각재(일차)계통과 주증기(이차)계통간의 경계를 형성한다. 증기발생기는 일체형 이코노마이저를 가진 U자형 전열관이 설치된 수직 열교환기로서, 원자로냉각재로부터 주증기계통으로 열을 전달한다. 증기발생기 전열관과 증기발생기 튜브시트는 원자로냉각재와 2차측 증기의 혼합을 방지함으로써 원자로냉각재계통을 폐쇄계통으로 만들어 방사능물질이 노심으로부터 원자로건물과 이차계통으로 누출되는 것을 막는 방호벽의 역할을 한다.

원자로냉각재계통의 구성은 그림 5.1-1 및 그림 5.1-2에 나타나 있다. 계통의 주요 기기는 원자로용기, 2개의 열전달 유로(각 유로는 1대의 증기발생기와 2대의 원자로냉각재펌프를 포함함), 유로 2의 원자로용기 출구 배관에 연결된 가압기, 그리고 관련 배관이다. 모든 기기는 원자로건물내에 위치한다.

정상상태 전출력운전 조건과 100% 설계유량에서 원자로냉각재계통의 압력, 온도, 그리고 유량은 표 5.1-1에 표시되어 있다. 계통의 운전과 제어를 위한 계측설비는 7장에서 설명한다.

원자로냉각재계통의 압력은 증기와 물이 열적 평형을 이루고 있는 가압기에서 제어한다. 원자로냉각재의 수축이나 팽창에 의한 압력 변화를 제한하기 위하여 가압기내의 증기는 침수형 전열기에 의해 생성되고 가압기 살수에 의해 응축된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로냉각재의 평균온도는 그림 5.4-7과 같이 출력에 비례하여 변하고 이에 따라 원자로 냉각재가 팽창 혹은 수축하며, 그 결과로 가압기수위가 변한다.

화학 및 체적제어계통의 충전수제어밸브와 유출수오리피스격리밸브는 프로그램된 가압기 수위를 유지시키기 위해 사용된다. 원자로냉각재계통의 화학성분은 연속적이고, 가변적인 유출수에 의하여 규정된 제한치 내에서 유지된다. 이 운전을 위하여 하나의 충전노즐과 하나의 유출노즐이 원자로냉각재 배관에 설치된다. 또한, 충전유량은 붕소농도의 변화나 원자로냉각재 화학성분을 조절하기 위하여 이용된다.

그 외의 원자로냉각재계통의 관통부는 고온관에 있는 1개의 가압기밀립관, 각 저온관에 1개씩 있는 4개의 안전주입 입구노즐, 각 고온관에 1개씩 있는 2개의 정지냉각 출구노즐, 저온관에 있는 2개의 가압기 살수노즐, 가압기에 있는 1개의 가압기 살수노즐, 가압기에 있는 2개의 안전감압계통 노즐, 원자로용기 헤드에 있는 1개의 원자로냉각재배기계통 노즐, 가압기안전밸브 입구 플랜지 각각에 1개씩 있는 3개의 원자로냉각재배기계통 노즐, 배기 및 배수 연결관, 그리고 시료채취 및 계측기 연결관, 각 정지냉각계통 흡입관에 1개씩 있는 2개의 국부 및 영구 재창전수위지시계 연결관, 각 원자로냉각재펌프에 1개씩 있는 4개의 원자로냉각재펌프 밀봉수 회수관 및 4개의 원자로냉각재펌프 밀봉수 주입관 등으로 이루어져 있다.

안전감압계통은 설계기준초과사고인 완전급수상실사고시 수동운전을 통하여 원자로냉각재계통의 신속한 감압기능을 제공한다. 완전급수상실사고는 2대의 증기발생기 모두에 주급수 및 보조급수가 완전히 상실되는 사고이다.

원자로냉각재압력경계에 대한 과압보호는 가압기의 상부에 연결된 ASME 코드등급의 3개의 스프링 장착 안전밸브에 의해 이루어진다. 이 밸브를 통해 방출된 증기는 원자로배수탱크의 물속으로 배출되어 응축 및 냉각된다. 만약 증기 방출량이 원자로배수탱크 용량보다 많으면, 증기는 탱크에 설치된 파열판(rupture disk)을 통하여 원자로건물내의 대

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

기로 방출된다. 원자로배수탱크는 화학 및 체적제어계통의 일부이다(9.3.4절 참조).

증기발생기 2차측에 대한 과압방지는 주증기격리밸브의 전단에 있는 ASME 코드등급의 주증기안전밸브에 의해 이루어진다.

원자로냉각재계통의 기기와 배관은 열손실을 줄이고 고온으로부터 운전원을 보호할 수 있는 재료로 단열된다.

원자로냉각재계통의 주요 변수와 원자로냉각재계통의 주요 기기의 체적은 표 5.1-2 및 표 5.1-3에 각각 나타나 있다. 원자로냉각재계통 주요 기기에 대한 주변 구조물의 차폐요건은 12.3절에 기술되어 있다. 원자로냉각재계통은 차폐되어 있으므로 출력운전 도중 원자로건물 내부에서의 제한된 작업이 허용된다. 원자로용기는 일차차폐벽내에 위치한다. 일차차폐벽을 포함한 차폐구조물들에 의하여 전출력 운전중 원자로건물내 차폐벽 외부에서의 선량률이 허용수준으로 감소된다.

5.1.1 유로 개략도

원자로냉각재계통의 운전과 제어를 위한 계측설비들은 7장에 기술되어 있으며, 그림 5.1-3에 표시되어 있다.

5.1.2 배관 및 계장도

그림 5.1-3과 5.1-4는 원자로냉각재계통 및 원자로냉각재펌프의 배관 및 계장도이다. 그림에 나타나 있는 모든 계통은 원자로건물내에 위치한다. 이 그림에는 원자로냉각재계통에 연결되어 있는 유체계통과 ANSI/ANS 5.1.1-1983(1988 재확인)의 정의에 따라 원자로냉각재압력경계 내에 포함된 유체계통이 도시되어 있으며 다른 절에 기술되어 있는 배관 및 계기 도면들이 인용되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.1.3 원자로냉각재계통 배치도면

원자로냉각재계통의 평면도 및 정면도는 그림 5.1-1 및 그림 5.1-2에서 제공된다.

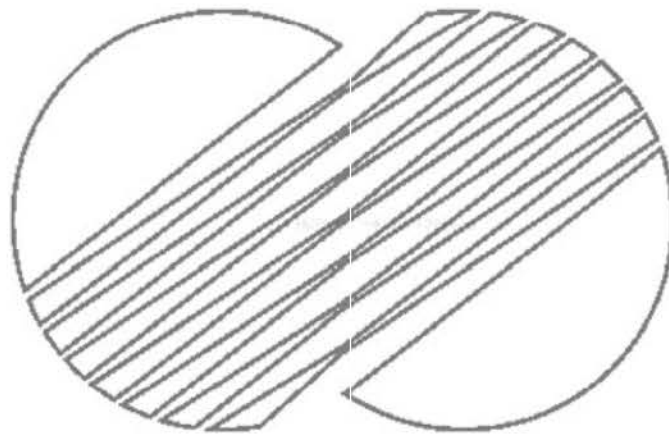


표 5.1-1

공정자료 표*

변수	가압기	RV 중간점**	RV 출구(고온관)	SG1 중간점**	펌프 1-A 출구(저온관)	펌프 1-B 출구(저온관)	SG2 중간점**	펌프 2-A 출구(저온관)	펌프 2-B 출구(저온관)
압력 kg/cm ² A (psia)	158.2 (2,250 ¹⁾)	161.5 (2,296.7)	159.6 (2,270.2)	156.9 (2,232.4)	163.1 (2,319.9 ²⁾)	163.1 (2,319.9)	156.9 (2,232.4)	163.1 (2,319.9)	163.1 (2,319.9 ³⁾)
온도 ℃ (°F)	344.8 (652.7 ⁴⁾)	312.6 (594.7)	327.3 (621.2 ⁵⁾)	311.6 (592.85)	295.8 (564.5 ⁶⁾)	295.8 (564.5 ⁷⁾)	311.6 (592.85)	295.8 (564.5 ⁸⁾)	295.8 (564.5 ⁹⁾)
질량유량 kg/hr (lbm/hr)		55.1×10 ⁶ (121.5×10 ⁶)	27.6×10 ⁶ (60.8×10 ⁶)	27.6×10 ⁶ (60.8×10 ⁶)	13.8×10 ⁶ (30.4×10 ⁶)	13.8×10 ⁶ (30.4×10 ⁶)	27.6×10 ⁶ (60.8×10 ⁶)	13.8×10 ⁶ (30.4×10 ⁶)	13.8×10 ⁶ (30.4×10 ⁶)
체적유량 L/min (gpm)		130.9×10 ⁴ (345×10 ³)	65.4×10 ⁴ (172.9×10 ³)	65.4×10 ⁴ (172.9×10 ³)	31.2×10 ⁴ (82.5×10 ³)	31.2×10 ⁴ (82.5×10 ³)	65.4×10 ⁴ (172.9×10 ³)	31.2×10 ⁴ (82.5×10 ³)	31.2×10 ⁴ (82.5×10 ³)

주 : 계측기번호

- | | |
|----------------|-----------|
| 1) P-100X/100Y | 2) P-190A |
| 3) P-190B | 4) T-101 |
| 5) T-111X/121X | 6) T-111Y |
| 7) T-115 | 8) T-125 |
| 9) T-121Y | |

* 정상상태의 100% 출력조건과 100% 설계유량에서의 값임.

** 평균 공정변수를 의미함.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.1-2

원자로냉각재계통의 설계변수

설계 열출력(펌프의 순 열첨가 포함), MWt	2,825*
2차측으로의 열전달 (0.2% 취출), kcal/hr (Btu/hr)	2.431×10^9 * (9.648×10^9)
설계압력, kg/cm ² A (psia)	175.8 (2,500)
설계온도(가압기 제외), °C (°F)	343.3 (650)
가압기 설계온도, °C (°F)	371.1 (700)
냉각재 유량, kg/hr (lb/hr)	55.1×10^6 * (121.5×10^6)
저온관 운전 온도, °C (°F)	295.8* (564.5)
평균 운전 온도, °C (°F)	311.6* (592.9)
고온관 운전 온도, °C (°F)	327.3* (621.2)
정상운전 압력, kg/cm ² A (psia)	158.2 (2,250)
계통 냉각재 체적 m ³ (ft ³)	287.4 (10,148)
가압기 냉각재 체적(전출력), m ³ (ft ³)	25.63 (905)
가압기 증기 체적(전출력), m ³ (ft ³)	25.77 (910)

* 정상상태의 100% 출력조건과 100% 설계유량에서의 값임.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.1-3

원자로냉각재계통 체적

기기	체적, m ³ (ft ³)
원자로용기(노심부분 제외)	108.2 (3,821.88)
노심부분	22.4 (793.36)
증기발생기(1대당) ^{1),2)}	53.5 (1,899.8)
원자로냉각재펌프(1대당)	3.76 (132.92)
가압기 ³⁾	51.4 (1,815)
배관 ⁴⁾	
고온관(각)	3.91 (137.7)
흡입관(각)	3.49 (123.26)
배출관(각)	2.61 (92.5)
밀림관 ⁵⁾	1.25 (44.28)
가압기 살수관 ⁶⁾	0.41 (14.43)

- 1) 세관막힘 미적용
- 2) Manways 포함
- 3) 분기관노즐 포함
- 4) 노즐 제외
- 5) 고온관 밀림노즐 포함
- 6) 저온관 살수노즐 포함

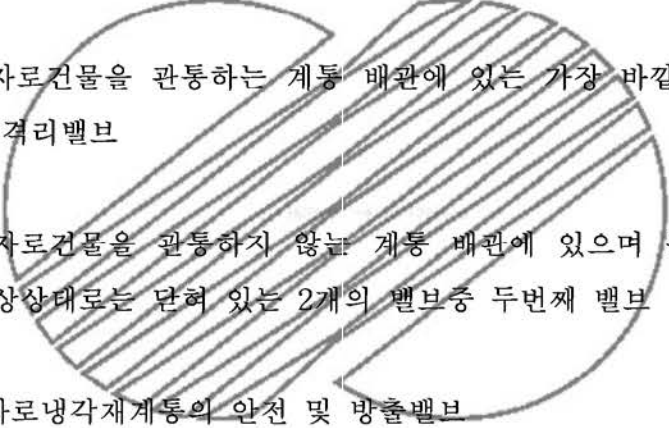
신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2 원자로냉각재압력경계의 건전성

이 절에서는 시설의 설계 수명기간 동안 원자로냉각재압력경계의 건전성을 제공하고 유지하는데 적용된 규정에 대하여 기술한다. 원자로냉각재압력경계는 ANSI/ANS 51.1-1983(1988 재확인)에 따라서 정의된다. 다음 사항에 해당하는 압력용기, 배관, 펌프, 그리고 밸브와 같은 압력유지부 기기는 모두 포함된다.

가. 원자로냉각재계통의 일부, 혹은

나. 원자로냉각재계통에 연결되며, 다음 사항의 일부 혹은 전부를 포함한다.

- 
- 1) 원자로건물을 관통하는 계통 배관에 있는 가장 바깥에 위치한 원자로건물 격리밸브
 - 2) 원자로건물을 관통하지 않는 계통 배관에 있으며 원자로가 정상운전중 정상상태로는 단혀 있는 2개의 밸브중 두번째 밸브
 - 3) 원자로냉각재계통의 안전 및 방출밸브

5.2.1 코드 및 코드케이스의 적용

5.2.1.1 10 CFR 50.55a의 적용

코드와 기기분류는 표 5.2-1에 기술되어 있으며 원자력안전위원회고시(전력산업기술기준의 원자로시설 기술기준 적용에 관한 지침 고시) 및 10 CFR 50.55a의 내용을 준용하고 있다. ASME 코드는 2000년 12월 31일 현재 유효한 1998년, 1999년 및 2000년 추록을 포함한 1998년판을 적용한다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.1.2 적용대상 코드케이스

원자로냉각재압력경계에 포함되는 기기는 KEPIC MN(해외 구매품목은 ASME Sec. III 적용)에 따라서 제작된다.

부록 1A에 기술된 바와 같이 규제지침서 1.84, 1.85 및 1.147을 적용하여 적절한 ASME 코드케이스가 결정된다. 규제지침서에 포함되지 않은 코드케이스라도 10 CFR 50.55a에서 규정한 바와 같이 규제기관의 특별한 허가에 의해 사용할 수 있다.

표 5.2-2 및 표 5.2-3은 적용대상 코드케이스이다.

5.2.2 과압보호

5.2.2.1 설계기준

부록 5A에는 과압보호시스템의 크기를 결정하기 위한 설계기준과 해석방법이 설명되어 있다. 가압기안전밸브의 크기 결정에는 지연된 원자로트립을 가정한 부하상실사건이 사용되었으며, 이 사건은 다른 어떤 핵증기공급시스템의 설비에 대한 설계과도현상으로서 사용되지 않는다.

5.2.2.2 설계평가

15.2.3절에는 과압보호시스템의 기능설계에 대한 평가를 기술하고 있다. 이 해석에서는 과압보호시스템이 제한예상운전사건(즉, 복수기진공상실사건)동안 2차측과 가압기 운전압력을 설계치의 110% 내로 적절히 유지함을 명백히 보여주고 있다. 해석에서 사용된 해석모델은 15.2.3절에 기술되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 15.2.3-2에는 복수기진공상실사건 해석에 사용된 가정을 열거하고 있으며, 이러한 가정은 가압기와 주증기안전밸브의 압력방출 요구량이 최대가 되도록 하였다. 이 해석결과는 안전밸브들의 방출용량이 안전밸브가 원자로보호계통과 함께 동작할 경우 해당 계통 설계압력의 110% 이상으로 압력이 상승하는 것을 방지할 수 있는 충분한 용량임을 보이고 있다.

5.2.2.3 배관 및 계장도

그림 5.1-3은 가압기안전밸브와 방출배관을 보여 주는 배관 및 계장도이다. 원자로배수 탱크를 보여주는 배관 및 계장도는 그림 9.3-6에 나타나 있으며, 주증기안전밸브는 그림 10.3-1에 나타나 있다.

5.2.2.4 설비 및 기기 설명

5.2.2.4.1 가압기안전밸브

가압기안전밸브는 밀폐형 본넷 형식의 직접 구동, 스프링 장착, 스테인레스강 밸브이다. 이 밸브들은 가압기의 상부에 설치된다. 이 밸브들에 대한 자세한 설명은 5.4.13절에 기술되어 있다. 가압기안전밸브의 개략도는 그림 5.4-10에 있으며 설계변수는 표 5.4-7에 나타나 있다.

5.2.2.4.1.1 가압기안전밸브 작동

가압기안전밸브는 설정압력에서 급격히 열리는 특징이 있다. 이 밸브는 설정압력에서 최대유동면적까지 열린다. 계통압력이 낮아짐에 따라 밸브 디스크는 적절한 높이에 위치하며, 설정압력보다 약 18.4% 낮은 압력에서 급격히 닫힌다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.2.4.1.2 과도상태

가압기안전밸브는 고장이나 오동작 없이 다음의 과도상태를 견디도록 설계된다.

가. 계획되지 않은 무부하 변화, 200회

나. 발전소 가열 및 냉각, 각 500회

(주: 발전소 가열과 냉각은 각각 정상상태에서 시작되는 별도의 과도상태이다.)

다. 수압시험 10회 및 공장수압시험 5회

라. 발전소 누설시험, 200회

마. 이차계통에 의한 열제거 증가, 71회

바. 이차계통에 의한 열제거 감소, 101회

사. 원자로냉각재계통 유량 감소, 30회

아. 반응도와 출력분포 이상, 41회

자. 원자로냉각재계통 재고량 감소, 4회

5.2.2.4.1.3 환경

가압기안전밸브는 다음의 원자로건물 환경조건에서 작동하도록 설계된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.2.4.1.3.1 정상환경

가. 최고온도 48.9℃ (120°F)

나. 0 kg/cm² (0 psig)에서 상대습도 5%~90%

5.2.2.4.1.3.2 사고조건(1회 발생)

최고 182.2℃ (360°F)의 과열 증기/공기 혼합물

5.2.2.4.2 주증기안전밸브

주증기안전밸브는 스프링장착 밸브로 직접 구동되는 개방형 본넷형식의 탄소강 재질의 밸브이다. 밸브들은 원자로건물 외부에 각 주증기관의 주증기 격리밸브의 전단에 설치한다. 주증기안전밸브의 계통도면은 그림 5.4-11에, 밸브 설계변수들은 표 5.4-8에 각각 나타나 있다. 10.3.2절에는 주증기계통에 대한 과압보호 장치 및 기기에 대하여 기술하였다.

5.2.2.4.2.1 주증기안전밸브 운전

주증기안전밸브는 설정압력에서 순간적으로 열리는 특성을 가지고 있다. 주증기안전밸브가 순간적으로 열리는 것은 두 단계의 작용이 함께 지속되기 때문이다. 먼저 디스크 아래에 작용하는 증기압력이 스프링의 힘을 초과할 때 디스크가 들리게 되고, 디스크 하부에 작용하는 증기압력이 축적되면 축적된 증기압에 의해 디스크를 더욱 높이 들어 올린다.

밸브는 설정압력 위로 3% 이상 증가하기 전에 완전히 열린다. 밸브디스크는 계통압력이 감소함에

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

따라 서서히 닫히다가 닫힘압력에 이르면 급속히 닫힌다. 닫힘압력은 설정압력 아래로 5%이내 범위로 설계하였다.

5.2.2.4.2.2 과도상태

주중기안전밸브는 고장이나 오작동 없이 다음의 과도상태를 견딜 수 있도록 설계하였다.

가. 발전소 가열 및 냉각, 500회

(주: 발전소 가열과 냉각은 정상상태 조건에서 각각 시작하는 별도의 과도상태임.)

나. 2차측 누설시험, 200회

다. 2차측 수압시험(공장수압시험 포함), 10회

라. 이차계통에 의한 열제거 증가, 71회

마. 이차계통에 의한 열제거 감소, 101회

바. 1차측 유량 감소, 32회

사. 반응도 및 출력분포 이상, 41회

아. 원자로냉각재계통 재고량 감소, 4회

5.2.2.4.2.3 환경

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

다음의 환경조건에서 주증기안전밸브가 작동하도록 설계하였다.

5.2.2.4.2.3.1 정상환경

가. 최고온도 49℃ (120°F)

나. 상대습도 20%~90%

5.2.2.4.2.3.2 사고조건(1회)

가. 최고온도 206.1℃ (403°F)

나. 상대습도 100%

5.2.2.5 압력방출기구의 설치

원자로냉각재계통에는 3개의 가압기안전밸브가 가압기 상부에 설치되어 있다. 가압기안전밸브의 방출부는 화학 및 체적제어계통의 원자로배수탱크에 연결되어 있으며 9.3.4절에 상세히 설명되어 있다. 주증기안전밸브는 주증기 배관에서 주증기격리밸브의 전단에 설치된다. 각 증기관에 4개의 주증기안전밸브가 있다(증기발생기 대당 8개). 모든 주증기안전밸브는 대기로 방출한다.

5.2.2.5.1 상세설계 및 설치

5.2.2.5.1.1 가압기안전밸브

가압기안전밸브는 가압기에 가장 근접한 곳에 설치되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

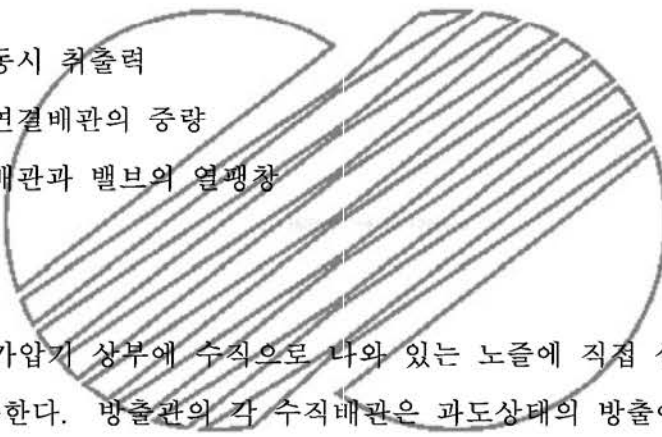
5.2.2.5.1.2 주증기안전밸브

주증기안전밸브는 원자로건물 바로 바깥에 위치한 내진범주 I급인 두개의 주증기격리밸브실(보조건물의 일부분)에 있는 주증기관에 설치되어 있다.

5.2.2.5.2 가정된 하중에 대한 설계기준

가압기안전밸브와 입구에서의 설계기준 하중은 다음 사항들을 포함한다.

- 가. 밸브 작동시 취출력
- 나. 밸브와 연결배관의 중량
- 다. 취출시 배관과 밸브의 열팽창
- 라. 지진하중



가압기안전밸브는 가압기 상부에 수직으로 나와 있는 노즐에 직접 설치되어 있으며 위에 기술된 하중을 수용한다. 방출관의 각 수직배관은 과도상태의 방출에 의한 하중으로부터 발생하는 배관계통의 충격을 현실적으로 최소화할 수 있도록 유체의 유동방향으로 제한되어 있다. 또한 배관계통은 가열과 냉각기간 동안의 수축과 팽창을 수용할 수 있도록 수직방향으로의 이동이 허용된다.

주증기안전밸브, 가압기안전밸브 방출관, 그리고 주증기안전밸브 입구 및 방출배관의 가정된 하중 등에 대한 설계기준은 3.9.3절의 기준에 따른다.

5.2.2.6 적용코드 및 분류

과압보호계통에 대한 적용코드 및 분류는 표 3.2-1과 3.2-5에 나와 있다. 주증기안전밸

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

브에 대한 적용코드 및 구분은 10.3.2절과 표 3.2-3 및 표 3.2-5에 나타나 있다.

5.2.2.7 재질규격

가압기안전밸브 및 주증기안전밸브의 재질규격은 표 5.4-7 및 표 5.4-8에 나타나 있다.

정지냉각계통 흡입배관 열 방출밸브의 대표적인 재질은 다음과 같다.

몸체	ASME SA351 GR. CF 8M
디스크	스텔라이트 No. 6B
노즐	스텔라이트 시트를 갖는 ASME SA 479 Type 316
입구스터드	ASME SA 193 GR. B6

5.2.2.8 공정계측

원자로냉각재계통의 과압방지 설비에 대한 공정계측은 그림 5.1-3에서 보여주며 7장에 설명되어 있다. 가압기 방출부와 관련된 계측은 9.3.4.5절에 설명되어 있다. 스프링이 장착된 안전밸브는 과압으로부터 주증기계통을 보호하므로 과압보호를 위한 특별한 계측설비는 필요하지 않다. 그러나, 주증기 압력을 감시하는데는 주증기 공통관과 증기발생기에 위치한 압력지시계를 사용한다(그림 10.3-1 참조).

5.2.2.9 계통 신뢰성

가압기안전밸브는 스프링으로 작동되는 구조이므로 능동적이며 설정압력 이상에서 고장으로 인하여 개방되지 않을 가능성은 없다. 가압기안전밸브의 운전 신뢰성은 다음과 같이 확보된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

가. 안전밸브에 관한 ASME Sec. III의 엄격한 준수

나. 보수적인 설계기준 적용

다. 실증된 경험과 전문성을 가진 공급자 선정

라. 밸브 작동중 열적 반복주기를 고려

마. 운영기술지침서 준수

주증기안전밸브 역시 능동적이고 스프링으로 작동되는 구조를 가지고 있으며, 주증기계통의 압력이 설정압력 이상이 되면 개방된다. 이 밸브의 운전 신뢰성은 가압기안전밸브와 마찬가지로 방법으로 입증된다.

5.2.2.10 시험 및 검사

가압기안전밸브 및 주증기안전밸브의 가동중시험 및 검사는 KEPIC MO 및 MI를 따른다. | 1

5.2.2.11 저온상태에서 과압보호

저온상태에서 원자로냉각재계통의 과압보호는 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브가 수행한다. 정지냉각계통의 설명은 5.4.7절에 기술되어 있다. 정지냉각계통의 개략도는 원자로냉각재계통 배관 및 계장도(그림 5.1-3)와 안전주입계통 배관 및 계장도(그림 6.3-1)에서 볼 수 있다. 정지냉각계통 격리밸브에 대한 개략도는 안전주입계통 배관 및 계장도(그림 6.3-1)에서 볼 수 있다. 정지냉각계통의 방출밸브는 그림 6.3-1에서 볼 수 있으며 5.4.7.2.2절에 기술하였다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

저온과압보호가 요구되는 온도(T_{LTOP}) 이하에서 원자로냉각재계통의 과압보호가 확실하게 이루어지도록 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브가 원자로냉각재계통에 연결되는 절차를 발전소 절차서에 기술하였다. 또한, 그 이상의 온도에서는 5.2.2절에서 기술한 바와 같이 가압기안전밸브에 의해서 과압보호를 수행한다.

5.2.2.11.1 설계기준

원자로냉각재계통의 저온과압보호를 위한 과압완화계통의 설계기준은 다음과 같다.

5.2.2.11.1.1 운전원 조치에 대한 신뢰

과도상태가 진행되고 있음을 운전원이 인지한 후 10분 동안은 운전원 조치에 대한 신뢰를 부여하지 않는다.

5.2.2.11.1.2 단일고장

정지냉각계통 흡입배관 방출밸브는 저온과압보호(LTOP)모드에서 압력 과도상태를 유발시키는 고장과 더불어 단일고장이 발생하더라도 원자로용기를 보호하도록 설계하였다. 압력 과도상태를 유발시키는 사건은 운전원의 실수 또는 기기의 오작동에 의하여 발생하는 것으로 간주한다. 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브계통은 소외전원상실과 무관하게 작동한다. 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브는 스스로 작동하는 스프링이 장착된 액체 방출밸브로서 제어회로가 필요없다. 이 방출밸브는 원자로냉각재계통압력이 설정압력인 35.5 kg/cm^2 (505 psig)를 초과할 때 자동으로 열린다.

원자로냉각재계통과 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브 사이에는 다중의 정지냉각계통 흡입배관 계열이 배열되어 있어서 5.4.7.1.2절 및 표 5.4-4에 기술되어 있는 단일고장기준을 만족한다. 따라서 정지냉각계통 흡입배관의 한 계열에 위치한 격리밸브 또는 이와 관련

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

된 연동장치에서 단일고장이 발생하더라도 다른계열에 있는 방출밸브는 원래 기능을 정상적으로 수행한다.

5.2.2.11.1.3 시험성

정지냉각계통 흡입배관 격리밸브의 주기적인 시험은 운영기술지침서에 기술하였다.

5.2.2.11.1.4 내진설계 및 IEEE 603 기준

정지냉각계통 흡입배관 방출밸브, 격리밸브, 관련 연동장치 및 계측장비를 3.2.1절, 5.4.7.2.5절 및 표 3.2-1에 기술된 바와 같이 내진별주 I급에 따라 설계하였다. 정지냉각계통 흡입배관 격리밸브와 관련된 연동장치 및 계측장비를 5.4.7.2.3절, 7.6.2.1.1절 및 7.6.2.2.1절에 기술된 바와 같이 IEEE 603의 해당 요건을 만족한다.

5.2.2.11.2 설계 및 분석

정지냉각계통 흡입배관 방출밸브가 5.2.2.11.1절에 기술된 기준이 적합함을 입증하기 위한 설계 및 분석자료는 다음과 같다.

5.2.2.11.2.1 극단적 과도상태

저온운전 모드중 과도상태는 원자로냉각재계통이 만수위(water-solid)로 운전될 때 더 심각하다. 만수위 상태로 격리된 계통에 부가되는 질량 또는 에너지는 계통압력을 증가시킨다. 압력 과도상태의 심각성은 질량 또는 에너지의 부가율 및 전체량에 따라 달라진다. 극단적인 저온과압보호 과도상태는 신고리 1,2호기 발전소의 잠재적인 과도상태를 평가하여 선택한다. 운전원의 단순한 실수 또는 기기 고장에 의해 유발되는 가장 극단적인 과도상태는 다음과 같다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

가. 고압안전주입펌프와 충전펌프의 부주위한 작동(질량 투입)

나. 증기발생기 2차측 물 온도가 원자로냉각재의 온도보다 높을 때 원자로냉각재 펌프의 작동(에너지 투입)

보수적인 분석에 의하면 이러한 과도상태는 원자로냉각재계통에 질량 및 에너지를 최대 로 부가시키는 가장 극단적인 운전조건으로 간주한다. 아울러, 이러한 과도상태가 발생 될 때 원자로냉각재계통은 만수위 상태에 있는 것으로 가정한다. 운전원은 가능한 한 만 수위 운전을 피하도록 교육받았기 때문에 이러한 상태는 발전소 운전중에 극히 드물게 발생한다.

그림 5.2-1은 원자로냉각재계통이 저온과압보호모드에 있을 때 고압안전주입펌프 및 충 전펌프의 부주의한 작동으로 인한 전형적인 과도상태를 나타낸다. 2대의 고압안전주입펌 프와 1대의 충전펌프가 동시에 운전될 때 부가되는 질량을 고려하였다.

그림 5.2-2는 증기발생기의 2차측 물 온도가 원자로냉각재보다 139℃ (250°F) 높을 때 원자로냉각재펌프가 작동되는 경우에 대한 전형적인 과도상태 해석결과를 보여준다. 이러 한 온도차는 분석에서 사용하는 최대값이다. 그러나 저온과압보호모드동안 운영기술지침 서에서 보수적으로 허용된 최대온도차는 55.6℃ (100°F) 이다. 증기발생기 2차측으로부터 원자로냉각재계통으로 전달되어 증가하는 에너지 뿐만아니라 붕괴열과 1대의 원자로냉각 재펌프 및 모든 가압기 전열기로부터 추가되는 에너지를 모두 고려하였다. 여기서 증기 발생기는 0% 출력에서 정상수위를 유지하는 것으로 가정하였다. 1차측으로의 열전달을 최대화하기 위해 증기발생기전열관 주위 및 윗쪽에 있는 2차측 물은 열적으로 잘 혼합된 상태로 보수적으로 가정하였다. 과도상태동안 증기발생기내 온도분포에 따라 전열관 윗 쪽의 물은 열전달 영역으로부터 실질적으로 고립되기 때문에 이러한 가정은 보수적이다. 따라서 열전달률 및 1차측 압력은 전열관이 채워져 있는 한 2차측 수위에 민감하지 않다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

경험에 의하면 분석에 사용한 139℃ (250°F)의 온도차는 발전소 운전중에 예측할 수 있는 어떤 온도차보다 훨씬 크다. 이와 같이 분석에서 최대허용 온도차, 139℃ (250°F)를 적용하는 것은 저온과압보호 운전모드동안 이 온도차에서 가압기 압력이 최대이며 가압기 압력이 최소 계통운전 온도에서 허용되는 최대 계통압력을 초과하는 것을 방지해 준다 (운영기술지침서 참조). 정지냉각계를 사용하여 원자로냉각재계를 냉각시키는 동안 원자로냉각재펌프에 의해 순환되는 냉각재는 증기발생기를 냉각시켜 원자로냉각재와 증기발생기 2차측 물의 온도차이를 최소로 만들어야 한다. 운전원은 운전 절차서에 따라 온도차를 약 11.1℃ (20°F) 보다 작게 유지하도록 운전한다.

저온과압보호 과도상태에 대한 분석은 2대 이상의 원자로냉각재펌프가 동시에 기동되는 경우에는 수행하지 않는다. 운전절차상 운전원은 한 번에 오직 1대의 원자로냉각재펌프를 가동시키며 두 번째 펌프는 계통압력이 안정되기 전까지는 가동시키지 않기 때문에 1대 이상의 원자로냉각재펌프 운전은 절차상 배제된다. 또한 압력 과도상태가 발생하고 있음을 지시해주는 저온과압보호 과도상태 경보가 존재하므로 두 번째 원자로냉각재펌프는 가동하지 않는다.

운영기술지침서에는 만일 온도차가 55.6℃ (100°F)를 초과할 경우 운전원이 원자로냉각재펌프를 가동하지 않도록 요구하고 있다. 그러나, 앞에서 언급한 바와 같이 행정관리 절차에 의해 온도차를 약 11.1℃ (20°F) 이하로 유지할 것이다.

그림 5.2-1 및 그림 5.2-2에서 제공하는 분석결과는 어떤 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브 중 하나를 사용하더라도 앞에서 언급한 가장 극단적인 저온과압보호 사건을 완화시킬 수 있는 충분한 압력방출 능력이 있음을 보여주고 있다.

5.2.2.11.2.2 과압보호를 위한 설비

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로냉각재계를 가열하는 동안 적용하는 압력-온도 운전곡선에서 $175.8 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ ($2,500 \text{ psia}$)에 해당하는 온도를 저온관 온도가 초과할 때까지 원자로냉각재계통 압력을 정지냉각계통 운전을 위한 최대압력 이하로 유지한다(운영기술지침서 참조). 만일 정지냉각계통 흡입배관 격리밸브 441-V-651, 653 또는 441-V-652, 654가 열려있고, 원자로냉각재계통압력이 정지냉각계통 운전을 위한 최대압력을 초과하게 되면, 경보가 발생하여 운전원에게 저온상태에서 압력 과도상태가 발생하고 있다는 것을 알려준다. 정지냉각계통 흡입배관의 각 방출밸브는 원자로냉각재계의 온도가 저온과압보호가 요구되는 온도 이하로 유지되는 동안 부주의한 압력과도상태의 한도를 적절히 제한한다. 저온과압보호 온도 이상에서 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브가 원자로냉각재계통으로부터 격리되면 과압보호는 가압기 안전밸브가 수행한다.

원자로냉각재계를 냉각하는 동안 저온관 온도가 저온과압보호가 적용되는 온도 이하가 되면 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브가 과압보호를 보장한다. 만일 저온관 온도가 저온과압보호가 요구하는 최대온도 이하로 낮아졌을 때 정지냉각계통이 원자로냉각재계에 연결되지 않았다면 경보가 발생하여 운전원에게 정지냉각계통 흡입관격리밸브(441-V-651, 652, 653, 654)를 열도록 알려준다. 저온과압보호가 요구하는 최대온도는 적용하는 압력-온도 곡선을 분석하여 결정한다. 그러나, 정지냉각계통은 정지냉각계통 운전이 허용하는 최대압력 이하로 압력이 낮아지기 전에는 원자로냉각재계에 연결될 수 없다(5.4.7.2.3절 라.항 참조).

이와 같은 저온과압보호 조건은 정지냉각계통 운전범위내에 있다. 운영기술지침서에서는 저온과압보호모드로 운전중일 경우에 정지냉각계통 흡입격리밸브를 열어놓도록 요구하고 있다. 또한 운영기술지침서는 저온과압보호운전 모드동안 하나 또는 그 이상의 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브가 작동하지 않을 때 적절한 조치를 취하도록 요구하고 있다.

정지냉각계통 흡입배관의 각 방출밸브는 어떤 압력 과도상태에서도 가장 극단적인 저온과압보호사고압력을 초과하지 못하도록 충분한 방출능력을 제공하였다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.2.11.2.3 설비변수

정지냉각계통 흡입배관 방출밸브는 가장 제한적인 과압사건을 완화시키는데 충분한 용량을 갖는 스프링이 장착된 액체방출 밸브이다. 적절한 밸브 변수는 다음과 같다.

변수

공칭 설정압력	35.5 kg/cm ² (505 psig)
축압	10%
전형적인 용량 (10% 축압에서)	21,330 L/min (5,635 gpm)

정지냉각계통 흡입배관 방출밸브는 스스로 작동하는 스프링이 장착된 액체 방출밸브이기 때문에 제어회로가 필요없다. 방출밸브 개방압력은 원자로냉각재계통 압력이 압력-온도 한도를 초과하는 것을 방지하도록 설정하였다.

정지냉각계통 흡입배관 방출밸브의 크기는 만수위 상태에서 가압기의 모든 전열기가 켜진 채 고압안전주입펌프 및 충전펌프가 부적절하게 작동함을 근거로 결정한다. 이 상황은 유출이 격리된 상태에서 2대의 고압안전주입펌프와 1대의 충전펌프가 동시에 작동하는 것으로 가정한다. 5.2.2.11.2.1절의 분석시 각각의 정지냉각계통 흡입배관 방출밸브에서 21,330 L/min (5,635 gpm)의 물을 방출함을 가정하였다. 밸브제작자가 공급하는 두 개의 정지냉각계통 방출밸브(배관 및 계장도는 그림 6.3-1에서 볼 수 있음)는 설계 방출용량이 최소 요구 방출용량을 만족시킨다. 이는 가장 심각한 과도상태에서도 방출용량에 충분한 여유도를 갖는 것을 의미한다. 정지냉각계통 흡입배관방출밸브는 안전등급 2이며, ASME Sec. III에 따라 설계하였다.

5.2.2.11.2.4 행정적 관리

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

저온과압보호설비를 사용하는데 필요한 행정적 관리는 정지냉각계통 흡입배관 격리밸브를 개방시키는 것으로 한정한다. 과압보호가 필요한 저온영역에 진입하기 이전에 원자로냉각재계통의 압력은 정지냉각계통 운전에서 요구하는 최대압력 이하로 감소한다. 일단 정지냉각계통이 연결되면 적절한 과압보호를 확실하게 하기 위한 더 이상의 특정 행정관리적 절차는 필요하지 않다. 원자로냉각재계통이 저온이고 원자로용기 상부헤드가 닫혀 있다면 정지냉각계통은 연결된 상태를 유지한다. 표 7.5-2에 기술된 대로 정지냉각계통 흡입배관 격리밸브 위치지시등이 제공된다.

5.2.3 원자로냉각재압력경계 재료

5.2.3.1 재료규격

원자로냉각재압력경계를 구성하는 주요 페라이트계 재료, 오스테나이트 스테인레스강, 볼트 및 용접재료에 대한 규격은 표 5.2-4에 나타내었다.

중성자 조사시 SA-508 재료의 기계적 성질변화는 재료성분중의 잔류원소(residual element) 즉, 구리, 니켈, 인 및 바나듐의 양에 크게 영향을 받을 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한, SA-508 재료의 초기인성은 잔류원소로 남아있는 황의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 예측되는 기준무연성천이온도(RT_{NDT} , 5.3.1.6절에서 설명)의 최대 증가량을 제한하고 원자로용기노심대(belt line)의 범위를 제한할 수 있도록 원자로용기 재료 및 압력경계 용접부위 불순물의 화학성분에 대해 특별한 관리를 하고 있다. 원자로용기노심대(belt line)에 대한 정의는 10 CFR 50 부록 G에 기술되어 있다.

원자로용기노심대 재료 및 육성된 용접재료(deposited weld material)내의 잔류원소의 허용량은 다음에 표시한 중량 백분율을 넘지 않는다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

구리	0.06
니켈(용접부)	0.20
니켈(단조품)	1.00
인	0.015
황	0.015
바나듐	0.030

5.2.3.2 원자로냉각재와의 적합성

5.2.3.2.1 원자로냉각재의 수질화학

원자로냉각재계통내 냉각재의 수질화학조건은 관리된 상태로 유지된다. 원자로냉각재 수질화학조건은 화학 및 체적제어계통에 의해서 관리되는 것으로 화학 및 체적제어계통에 대해서는 9.3.4절에 기술되어 있다. 또한, 9.3.4절에는 원자로냉각재의 허용 수질화학조건이 기술되어 있다.

5.2.3.2.2 원자로냉각재와 재료와의 적합성

원자로냉각재와 접촉하는 원자로냉각재 압력경계에 사용되는 구조재료는 표 5.2-4에 “*”로서 표시하였다. 이들 재료는 부식의 최소화를 위해 선택된 것으로서 기존 발전소에서 만족스러운 운전성능이 이미 증명된 것들이다.

5.2.3.2.3 환경분위기 및 외부 단열재와의 적합성

운전경험에 따르면 원자로냉각재압력경계 표면으로 냉각재가 누설되는 것은 압력경계의 건전성에 영향을 줄 가능성이 있다. 압력경계 부위에 대한 봉산수 부식검사 계획과 원자로헤드 관통관에 대한 체적검사 계획을 수립, 시행하여 압력경계의 건전성을 확인한다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로냉각재압력경계에 사용하는 단열재는 화학용액이 유출되는 경우에도 단열재의 오염을 최소화하는 반사체형 스테인레스강으로 되어 있다. 원자로용기상부헤드의 니켈 합금(nickel based alloy) 노즐주위의 국부영역에는 작은 크기의 비금속 단열재가 이용된다. 단, 이때 용출 할로젠 원소의 한계치에 대해서는 규제지침서 1.36에 따라 제한한다.

5.2.3.3 페라이트계 재료의 제작 및 공정

5.2.3.3.1 파괴인성

5.2.3.3.1.1 핵증기공급계통 기기

원자로냉각재압력경계 기기에 적용되는 파괴인성 요건은 KEPIC MN(해외 구매품목은 ASME Sec. III 적용)에 따라 수립한다. 모재, 용접부 및 열영향부위에 대한 파괴인성 시험은 KEPIC(해외 구매품목은 ASME 적용)에 따라 수행된다. 이러한 시험에 대한 시험자료는 취득 가능하며, 요청시, 적절한 시설에서 점검할 수도 있다. 신고리 1,2호기 핵증기공급계통의 설계 및 제작은 10 CFR 50 부록 G, “파괴인성 요건” 및 다음의 예외조항을 함께 만족한다.

- Section I, “Introduction and Scope.” 신고리 1,2호기에 적용하는 ASME 코드는 1998년, 1999년 및 2000년 Addenda를 포함한 1998년 판이다.

사용수명동안 적절한 파괴인성을 보장하기 위하여 원자로용기노심대의 재료인성치에 대한 중성자조사 영향이 고려된다. 중성자조사 영향 예측 및 재료감시시험계획에 대한 설명은 5.3.1.6절에 기술되어 있다. 10 CFR 50.61, “가압열충격사고 발생시 보호를 위한 파괴인성요건”의 권고사항을 따라야 한다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로용기, 증기발생기, 배관 및 원자로냉각재펌프에 대해 파괴인성시험을 수행하는 경우, 관련 시험 및 측정장비는 KEPIC MNB 2360(해외 구매품목은 ASME Sec. III, NB-2360 적용)에 따라 보정한다.

원자로냉각재압력경계를 구성하는 기기의 파괴인성 자료는 표 5.2-5부터 표 5.2-28에 표시되어 있다. 원자로용기노심대, 노심재 및 단조재에서 취약방향인 횡방향 재료에 대한 시험결과 샤르피충격치 천이곡선(여기에는 최대 및 최소 흡수에너지, 횡방향팽창량 및 벽 개파단분률이 포함된다)이 신고리 1호기에 대해서는 그림 5.2-3에, 신고리 2호기에 대해서는 그림 5.2-4에 표시되어 있다.

5.2.3.3.2 용접관리

5.2.3.3.2.1 저온균열 방지

규제지침서 1.50, “저합금강의 용접시 예열온도 관리”의 권고사항을 다음과 같이 따른다.

C.1.b항은 검증자재(qualification material)가 용접공정중의 열입력을 즉각적으로 분산시킬 수 있는 무한 열제거원임을 의미하고 있다. 검증절차서(qualification procedure)에는 최저 예열온도에서의 용접 시작에 대한 내용이 포함되어 있다. 용접은 최대용접층간(interpass) 온도에 도달할 때까지 계속하며 이 때 시험자재를 냉각하고(최저예열온도까지 허용) 난 후 용접을 다시 시작한다. 저합금강에 대한 예열온도는 KEPIC MNZ, 부록 D(해외 구매품목은 ASME Sec. III, 부록 D 적용)를 적용한다. 최대 용접층간 온도는 260°C (500°F)이다.

KEPIC MN, MQ(해외 구매품목은 ASME Sec. III, IX 적용)을 충분히 만족하고 규제지침서 1.50의 권고사항을 준수하며, 모든 용접물의 건전성은 KEPIC(해외 구매품목은 ASME 적용)의 허용 검사절차(examination procedure)에 의해 검증된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

규제지침서 1.43에 의거하여 냉각재에 노출되는 주요 기기들의 내부 표면은 부식방지 피복재를 입힌다. 냉각재에 노출될 때 피복을 하여 방호해야 하는 주요 재료에는 SA-508 Grade 3 Class 1 단조용 재료가 있으며, 이 재료는 피복재 하부 균열(underclad cracking)을 일으키지 않는 것으로 알려져 있다.

5.2.3.3.2.2 규제지침서 1.34

규제지침서 1.34는 엘렉트로슬래그(electroslag) 공정을 사용하는 용접작업시 추가의 관리요건이 필요함을 기술하고 있다. 그러나, 엘렉트로슬래그 공정은 원자로냉각재 압력경계 기기의 제작에 사용되지 않는다. 그러므로, 본 권고사항은 적용하지 않는다.

5.2.3.3.2.3 규제지침서 1.71

접근제한지역에 대한 용접사 자격검증은 규제지침서 1.71의 권고사항을 준수한다.

5.2.3.3.3 배관의 비파괴검사

신고리 1,2호기의 배관에 대한 비파괴검사 요건은 KEPIC MN에 기술되어 있는 요건을 준용한다.

5.2.3.4 오스테나이트 스테인레스강의 제작 및 공정

5.2.3.4.1 응력부식균열의 방지

5.2.3.4.1.1 예민화 방지

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로냉각재압력경계 기기의 제작은 규제지침서 1.44의 항목 A부터 D까지 기술되어 있는 권고사항에 따라 수행한다. 불안정화 상태의 스테인레스강 제작물의 예민화 판정은 ASTM A262의 A 또는 E 방법을 따른다.

| 1

가. 용체화 처리 요건

원자로냉각재 압력경계내의 주요 핵증기공급계통 기기를 제작하는데 사용하는 스테인레스강 원자재는 주단조품 모두에 대해 해당 ASTM 혹은 KEPIC (해외 구매품목은 ASME 적용)에서 요구하는 바와 같이 2.54 cm (1 in) 두께 당 1,037.8℃~1,121.1℃ (1,900°F~2,050°F)에서 30분 내지 1시간 동안 풀림처리 한 후 물에 소입하여 371.1℃ (700°F) 이하로 냉각한다. 해당 온도에서 유지하는 시간은 부품의 크기 및 형태에 따라 결정한다.

용체화처리는 완성품 혹은 부분 가공된 부품에 대해서는 시행하지 않는다. 또한 탄화크롬 석출량은 다음에 기술하는 바와 같이 전 제작공정에 걸쳐 관리된다.

나. 재료검사 프로그램

실제 생산에 사용된 제작기술을 이용하여 스테인레스강 실물모형(mock-up)을 만들고, 이에 대해 광범위한 시험을 시행하여 여러가지의 용접절차가 불안정화 300계열 스테인레스강의 예민화로 인한 입계부식에 어떠한 영향을 주는지 조사하였다. 예민화 조직을 생성시키지 않음이 확인된 절차나 방법만을 원자로 냉각재 압력경계 기기에 이용한다. ASTM A262에 따라 입계부식에 대한 취약성 여부를 결정한다.

상기 시험의 결과, 304 스테인레스강의 탄소함량과 용접입열량과의 상호관계가

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

수립되었으며 이 관계를 이용하여 다음에 기술한 바와 같이 용접열 영향 부위에서 예민화가 일어나지 않도록 한다.

다. 비안정화 오스테나이트 스테인레스강

원자로냉각재 압력경계 기기에 사용하는 0.03% 이상의 탄소를 함유하고 있는 비안정화급의 오스테나이트 스테인레스강에는 304 및 316계열이 있다. 이 재료들은 용체화처리를 실시한 상태로 공급된다. 완성품 혹은 부분가공된 기기들을 426.7℃ (800°F)에서 815.6℃ (1,500°F)사이의 온도범위에 노출시키지 않는다.

5FN 이상의 델타 페라이트를 함유하고 있는 2상(duplex) 오스테나이트/페라이트강(용접자재, 주조금속, 용접적층(weld deposit overlay))에 대해서는 이들 금속이 예민화하지 않으므로 즉, 크롬-철 탄화물의 연속체 망을 형성하지 않으므로, 비안정화강으로 취급하지 않는다. 특히, 이 범주에 속하는 강은 다음과 같다.

CF8M, CF8 : 주조 스테인레스강 (5FN~33FN(5~25%)의 델타 페라이트 함유)
Type 308, 309, 312, 316 : 단일 및 복합 스테인레스강 용가재(육성 상태의 델타 페라이트 양이 5FN~20FN으로 제어된것)

2상(duplex) 오스테나이트/페라이트 강은 426.7℃~815.6℃ (800°F~1,500°F)의 온도범위에 노출되면 크롬-철 탄화물이 페라이트/오스테나이트 경계에서 우선적으로 석출된다. 이러한 석출 금속조직의 형상 때문에 예민화된 300계열의 스테인레스강이 산소 혹은 불소 분위기에 노출되더라도 입계간 부식이 억제된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

라. 예민화 방지

300계열의 비안정화 오스테나이트 스테인레스강을 426.7℃~815.6℃ (800°F~1,500°F) 온도범위에 노출시키면 탄화석출물이 생성된다. 탄화물석출 정도, 즉 예민화 정도는 온도, 해당온도에서 노출된 시간 및 탄소량에 따라 다르다. 과도한 예민화란 입계에서 연속적인 크롬-철 탄화물 그물망을 형성하는 것으로 정의한다. 이 상태가 되면 불소함유 용액 분위기에서는 물론 산소함유 용액 분위기에서도 입계부식에 민감하게 된다. 이러한 금속학적 구조는 ASTM A262 시험요건을 만족시킬 수 없다. 불연속 석출물(즉, 단속적인 입계 탄화물 그물망)의 경우에는 가압경수로형발전소 환경에서 입계부식을 일으키지 않는다.

용접열에 의해 예민화될 수 있는 용접열영향부(HAZ)의 오스테나이트 스테인레스강은 다음 요소를 정밀하게 관리함으로써 예민화를 방지한다(예민화된 용접영향부는 ASTM A262의 A 또는 E 방법을 만족시킬 수 없다). 이러한 예민화 방지요건에 대한 검증은 별도의 실험을 통해 유효성이 입증되었다. (참고문헌 1)

- 1) 23.6 kJ/cm (60 kJ/in)이하의 용접 입열량
- 2) 최대 176.7℃ (350°F)까지의 용접충간 온도
- 3) 탄소함유량(0.065% 이하)

원자로냉각재압력경계 기기에 사용하는 비안정화 오스테나이트강중 0.03% 이상의 탄소를 함유하고 있는 경우에는 426.7℃~815.6℃ (800°F~1,500°F) 온도범위에서 균질화 혹은 국부 열처리를 하지 않는다. 기기 노즐부위에 스테인레스강 안전단(safe end)을 사용하는 경우에는 최종 응력해소 작업후 스테인레스강을 기기에 용접하는 제작기술 및 후속처리 방법을 사용한다. 이 방법은 노즐 끝단에 인코넬을 여러 층으로 용접하여 이루어진다. 스테인레스강

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

안전단은 기기의 최종 응력해소 작업후 인코넬 용가재를 사용하여 인코넬 용접층에 용접된다.

5.2.3.4.1.2 응력부식균열을 야기하는 오염 방지

오스테나이트 스테인레스강으로 제작한 기기의 기기시방서에는 세정 및 오염방지에 대한 특정요건이 포함되어 있다. 다음에 기술하는 조항에는 규제지침서 1.37에서 요구하고 있는 제작, 운송 및 저장시의 오염관리에 대해 핵증기공급계통 기기에 적용할 절차가 기술되어 있다.

오스테나이트 스테인레스강 300계열 재료의 물리적 혹은 재료학적 구조나 성질을 변경시킬 수 있는 화합물이 전 제작과정중에 이들 재료를 오염시키지 않도록 하여야 한다. 300계열 스테인레스강은 페인트 칠이 금지되어 있다. 연삭작업(grinding)은 수지(resin) 혹은 고무(rubber) 접착 산화알루미늄 또는 실리콘 카바이드 휠중에서 이전에 오스테나이트 합금 이외의 재료에는 사용하지 않은 것만을 사용하여 작업하여야 한다. 부분 가공된 기기의 야적보관은 피해야 하며 대부분의 경우에 이를 금지토록 한다. 특정 기기에 한하여 건조상태에서 방수재료로 완전히 씌 다음 지면보다 높은 위치에서 보관하는 경우에는 예외로 한다.

완성된 기기의 내부표면은 완전하게 세정하여 모래알(grit), 관석, 부식생성물, 그리스, 오일, 왁스 및 검(gum) 등과 그 이외에 먼지나 이물질이 육안으로 확인되지 않도록 깨끗이 유지해야 한다. 용매(아세톤 혹은 아이소프로필 알코올) 또는 억제제 함유수(하이드라진 혹은 인산삼나트륨) 모두가 세정에 영향을 주므로 세정 용수는 다음의 요건을 만족하여야 한다.

할로젠 화합물

염화물(ppm) < 0.60

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

불화물(ppm)	< 0.40
전도도($\mu\text{mhos/cm}$)	< 5.0
pH	6.0~8.0
청정도(visual clarity)	부유물, 기름 혹은 침전물이 없어야 함

상당량의 용존산소를 함유하는 액상 분위기에서 할로젠 화합물로 인한 입계부식을 방지하기 위하여 세정 용수에는 하이드라진을 첨가한다. 시험결과 이들 억제제는 충분히 효과적인 것으로 판명되었다. 운전시의 화학성분시방은 입계부식 방지에 대한 사전요건으로 할로젠 화합물 및 산소의 농도를 제한하고 있다(9.3.4절 참조).

5.2.3.4.1.3 원자로냉각재압력경계기기용 냉간가공 오스테나이트 스테인레스강의 특성 및 기계적 성질

원자로냉각재압력경계 기기에는 냉간가공한 오스테나이트 스테인레스강을 사용하지 않는다.

5.2.3.4.2 용접관리

5.2.3.4.2.1 고온균열 방지

가. 규제지침서 1.31

오스테나이트 스테인레스강의 용접시 미세균열(microfissuring)을 방지하기 위해 원자로냉각재 압력경계기기는 다음과 같이 규제지침서 1.31의 권고사항을 만족하여야 한다. MDW 5.4 및 SFA 5.4, 16-8-2 형 및 오버레이 피복용 용

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

접재료를 제외하고는 원자로냉각재계통 기기의 제작에 사용되는 A-No.8 (ASME Sec. IX, 표 QW-442)의 델타 페라이트 양은 5FN~20FN으로 관리한다.

델타 페라이트양은 KEPIC MN(해외 구매품목은 ASME Sec. III 적용)에 기술된 방법에 따라 용가재의 히트(heat)당 혹은 로트(lot)당 또는 히트/로트 조합별로 측정한다. 서브머지드 아아크 용접의 경우에는 실제 용접물 혹은 품질확인용 모의 용접물에 대해 와이어/플렉스 조합별로 델타 페라이트양을 측정할 수도 있다.

나. 규제지침서 1.34

규제지침서 1.34는 5.2.3.3.2.2절에서 기술된다.

다. 규제지침서 1.71

규제지침서 1.71은 5.2.3.3.2.3절에서 기술된다.



5.2.4 원자로냉각재압력경계의 가동중검사 및 시험

원자로냉각재압력경계와 연관되어 있는 원자로용기, 배관, 펌프, 밸브, 볼트와 같은 압력 유지 기기와 지지구조물의 가동중검사 및 시험은 원자력안전위원회고시(전력산업기술기준의 원자로시설 기술기준 적용에 관한 지침 고시), 원자력안전위원회고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시), 원자력안전위원회고시(안전관련 펌프 및 밸브의 가동중시험에 관한 규정 고시), KEPIC MI 및 MO에 따라 수행된다. 원자력안전위원회고시(안전관련 펌프 및 밸브의 가동중시험에 관한 규정 고시) 및 KEPIC MO 요건에 따른 펌프 및 밸브에 대한 가동중시험에 대해서는 각각 3.9.6.1절 및 3.9.6.2절에 기술되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

또한, 한수원은 교육과학기술부 고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시) 및 KEPIC MI의 요건에 따라 가동전 및 가동중검사계획 문서를 작성하며, 이 문서에는 검사 영역, 검사방법, 검사범위 및 검사횟수에 대한 상세요건이 기술된다.

방진기 가동중검사 및 시험요건은 KEPIC MIF 5300(단, ASME OM Part 4 대신에 KEPIC MOE 요건을 적용함)에 따라 수행한다.

5.2.4.1 검사대상범위

검사대상이 되는 계통의 범위에는 품질그룹 A(KEPIC MNB(해외 구매품목은 ASME Sec. III, 등급 1 적용))에 속하는 모든 배관, 기기 및 이들의 지지구조물이 포함된다.

5.2.4.2 배치 및 접근성

5.2.4.2.1 일반사항

가동중검사를 위한 접근성이란 가동중검사에 필요한 검사자 및 장비를 위한 적절한 여유 공간을 확보하기 위한 발전소 설계라고 정의한다. 계통 및 기기의 배치설계시에는 검사자가 장비를 이용하여 관련 가동중검사를 수행할 수 있도록 공간적인 여유를 확보하는데 세심한 주의를 하여야 한다. 접근성과 관련한 KEPIC MI, MIA 1500의 요건은 등급 1 기기 및 지지구조물, 이와 관련한 용접연결부 형상 및 토목/구조계통을 포함한 계통 배치를 설계하는데 포함되었거나 고려되었으며 이것은 수리 및 교체작업에 필요한 접근성을 포함한다.

단열재, 구조물, 차폐체, 보정블록 및 검사와 관련되는 재료를 취급하거나 보관할 수 있는 충분한 공간이 확보되었다. 인양장치 및 기타 취급장비 뿐만 아니라, 검사장비를 위한

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

조명, 전원 및 시설 역시 적절한 위치에 제공된다.

기기 및 배관 외부면에서 압력유지 용접부의 체적검사(volumetric examination)를 하기 위해 필요한 접근성은 분리 가능한 단열재나 차폐체에 의해 확보된다. 만일 원격 검사장비를 주기적 검사에 이용하는 경우라면 적절한 기초자료 수집을 위한 가동전검사시에도 동일한 과정에 따라 검사를 수행해야 한다. 가동중검사시 필요한 적절한 접근성을 확보함으로써 차후 수행되는 검사의 수행시간을 최소화할 수 있으며 또한 발전소운영자 및 검사자가 받게되는 방사선 피폭량도 줄일 수 있다. 콘크리트 혹은 메자닌 층은 2차 차폐체 내부에 설치되며 각각 26.2 m (86 ft), 30.2 m (99 ft), 33.5 m (110 ft), 34.7 m (114 ft), 36.3 m (119 ft) 높이에 위치하여 원자로냉각재펌프 및 증기발생기에 대한 검사를 용이하게 한다. 원자로용기 외부표면, 등급 1의 배관 및 기타 기기에 대한 적절한 접근성이 확보되어야 한다. 검사자의 불편함을 줄이기 위해서 영구적 혹은 일시적으로 작업대 혹은 비계가 설치된다.

5.2.4.2.2 원자로용기에 대한 접근성

원자로용기의 경우 유동조절테, 감시시편함 고정구, 스너버러그(lug) 및 노심정지러그를 제외한 모든 내부구조물을 분리할 수 있다. 내부구조물을 분리하여 들어내면 용기의 모든 내면은 물론 내부의 하중지지 부착구조물의 용접부위에 대해서도 원거리에서 표면 및 체적검사를 할 수 있다.

원자로용기 일차냉각재 노즐과 용기사이의 용접부 및 내면(inner radii)을 중간검사(interim inspection)하는 경우라면 2개의 출구노즐은 원자로용기내 내부구조물을 분리하지 않고도 원자로용기 내측에서 접근이 가능하다. 4개의 입구노즐은 원자로용기 외측에서 혹은 원자로내부구조물을 이동시킨 후 내측에서 접근할 수 있다.

원자로용기 상부헤드의 검사는 상부헤드 분리시 마다 수행할 수 있으며, 이때에 상부헤드

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

플랜지, 플랜지와 셸 용접부, 스터드구멍(stud hole)과 리가멘트(ligament), 스터드 및 너트에 대해서도 검사를 수행할 수 있다. 원자로용기 상부헤드 단열재는 표면으로부터 이격하여 원자로용기 상부헤드 가동중검사를 수행할 수 있도록 접근성이 확보되어 있다. 제어봉구동장치는 하우징 상부에서 각 단위별로 분리할 수 있다.

원자로용기의 외부 표면은 원자로 격실(pit) 및/혹은 원자로용기 플랜지로부터 접근할 수 있다. 원자로용기와 차폐벽 사이의 간격은 최소 1.5 m (5 ft)이다. 원자로 격실과 노내 계측기안내관 격실(incore instrumentation guide tube chase)의 접근로는 26.2 m (86 ft) 높이의 층에 위치한 통로이다. 노내계측기안내관 격실내의 안내관 지지구조물은 원자로 하단부에 접근 가능하도록 설치된다.

원자로용기 플랜지는 원자로용기 상부헤드를 분리할 때마다 접근가능하다. 용기 플랜지와 플랜지에서 용기 용접부까지의 검사는 제창전수조바닥(refueling cavity floor)에서 직접 수행하거나 원자로용기 플랜지를 원격 접근하는 방식으로 수행한다.

원자로용기 상부헤드는 건조상태로 원자로건물 작업데크 위 상부헤드저장대(head storage stand)에 보관한다. 원자로용기 상부헤드를 제염한 후, 상부헤드 및 상부헤드 용접부에 대해 가동중검사를 수행한다. 또한 관통노즐 및 용접부에 대해 체적검사 또는 표면검사를 수행한다.

5.2.4.2.3 가압기

단열재를 제거하면 외측 표면에 대한 육안 및 체적검사를 위한 접근이 가능하다. 내부 육안검사는 정비용 출입구를 통해 수행할 수 있다.

5.2.4.2.4 증기발생기

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

튜브쉬트와 전열관검사를 위해 약 30.2 m (99 ft) 높이에 위치한 콘크리트 슬라브층을 이용하여 1차측 정비용 출입구로 접근할 수 있다. 이 층은 원자로냉각재계통 고온관 및 저온관과 증기발생기 사이의 용접부위를 검사하는 데에도 이용할 수 있다. 증기발생기는 원자로안전위원회고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시)에 따라 검사한다. 증기발생기의 지지스커트(support skirt)에 있는 접근구멍(hand hole)을 통하여 튜브쉬트와 원통지주(tube sheet support cylinder)의 용접부위를 검사한다. 이들 구멍에 대한 적절한 접근방안이 제공되었다. 증기발생기 용기 천이구역의 용접부는 자동초음파검사가 가능하도록 접근성이 고려되었다.

48

5.2.4.2.5 배관압력경계

등급 1 배관에 대한 접근은 영구고정층 혹은 임시층, 작업대 및 비계를 설치함으로써 확보된다. 차폐벽과 배관사이에는 체적검사 혹은 KEPIC ML, MIB 2500에서 요구하는 검사를 수행할 수 있도록 충분한 여유가 확보되었다. 등급 1 기기의 접근을 위해 설치한 층의 대부분은 등급 1 배관의 검사시 이용한다.

배관 지지구조물의 위치를 설계할 때에 배관 검사와의 간섭이 고려되었다. 필요한 장소마다 검사편의를 위해 분리 가능한 단열재를 배관에 설치한다.

5.2.4.2.6 원자로냉각재펌프와 모터

펌프의 내부구조물을 제거하면 내부압력유지면의 육안검사를 위한 접근이 가능하다. 펌프 케이싱 외측표면의 경우는 단열재를 제거함으로써 육안 및 체적검사를 위한 접근이 가능하다. 이들 검사는 30.2 m (99 ft) 높이에 있는 콘크리트 슬라브 층에서 수행하거나 26.2 m (86 ft) 높이의 층에 비계를 임시로 설치하여 수행한다.

5.2.4.2.7 밸브압력경계

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

공칭크기 10.16 cm (4 in) 초과하는 등급 1 밸브는 내부 압력경계 표면에 대해 육안검사를 할 수 있도록 밸브 분해를 위한 접근이 가능하다.

5.2.4.3 시험방법 및 절차

육안, 표면 및 체적검사에 필요한 특수한 방법, 범주(category) 및 절차를 포함한 해당 검사방법 및 절차는 KEPIC MI, MIA 2000 및 MIB 2000과 원자로용기 초음파탐상검사에 대한 규제지침서 1.150의 요건에 따라 기술된다. 액체침투탐상 혹은 자분탐상 방법은 표면검사에 사용되며, 초음파탐상 방법(자동 혹은 수동)은 체적검사에 이용된다. 가동중검사를 수행하는 육안 및 표면 비파괴검사자 자격유지는 원자력안전위원회고시(전력산업기술기준의 원자로시설 기술기준 적용에 관한 지침 고시) 별표 2, 원자력안전위원회고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시) 제12조 및 KEPIC MIA 2300을 따르며, 초음파탐상 검사자의 기량검증 자격 및 유지는 원자력안전위원회고시(전력산업기술기준의 원자로시설 기술기준 적용에 관한 지침 고시) 별표 2, 원자력안전위원회고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시) 제12조 및 KEPIC MIZ 부록 VIII을 따른다. 또한 압력경계부위에 대한 봉산수 부식검사 계획과 원자로 상부 및 하부헤드 관통관에 대한 체적검사 계획을 수립하여 시행함으로써 압력경계의 건전성을 확인한다.

48

48

5.2.4.3.1 가동중검사를 위한 장비

다음과 같은 검사장비를 사용하는 경우에는 발전소내에서 검사업무를 수행하기 전에 교정 등 장비의 적절성을 확인한다.

1

5.2.4.3.1.1 초음파검사 장비

35.7 m (117 ft) 높이 아래 원자로용기 가동중검사에 사용하는 장비로서 다양한 부대장비

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

가 부착된 극좌표형 조작기(polar manipulator)가 갖추어져 있다. 이 장비는 초음파 탐촉자가 웰 용접부, 노즐-용기 용접부 및 안전단 용접부의 모든 필요한 길이에 걸쳐서 움직일 수 있게 한다. 노즐-용기 용접부 검사장비는 노즐 내부에서 장비가 회전하는 중에 초음파 탐촉자를 반경방향 및 둘레방향으로 움직일 수 있게 해준다. 배관 용접부 검사장비는 배관 내부에서 장비가 회전하는 중에 초음파 탐촉자를 길이방향 및 둘레방향으로 움직일 수 있게 해준다.

내부 표면에서 용기를 검사하는 원격 조종장비는 원자로용기의 플랜지 표면에 부착된다. 이 장비는 탐촉자를 원자로용기 내부 표면위에서 임의의 방향으로 움직이는 데 사용된다.

원격 자동검사장비를 사용하는 경우에는 각각의 초음파 탐촉자에 대해 리시버 혹은 자료 채널이 갖추어져 있는 전자 시스템을 자료의 획득 및 저장하는데 사용한다. 반향신호는 초음파 계기를 통해 전송할 수 있으며 디지털 기록을 위해 측정깊이의 범위가 선정되고 (gated) 증폭될 수 있다. 주사위치(scanning position)는 위치측정기(encorder)에 의해 측정되며 자료획득시스템이 이를 기록하게 된다. 가입해야 하는 반향자(reflector)의 주요한 변수는 반향자의 위치, 최대 신호진폭, 주사면하 깊이, 넓이 및 길이이다. 같은 기능의 유사한 자료획득시스템도 사용 가능하다.

5.2.4.3.1.2 표면검사 장비

표면검사에는 자분탐상검사 및 침투탐상검사가 있으며 성능이 검증된 장비만을 이용하여 KEPIC MI에 따라 검사를 수행한다. 자분탐상검사의 장비로는 요오크가 있으며 원자로 등이 스테르드 형광자분탐상을 위해서는 블랙라이트(자외선 등) 및 자외선 강도 측정기가 별도로 사용된다. 침투탐상검사에는 별도의 검사장비가 요구되지는 않으나 침투제, 세척제 및 현상제 등의 약품이 사용된다.

5.2.4.3.1.3 육안검사 장비

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

원격 육안검사 기술을 통하여 얻을 수 있는 결과는 직접 육안관찰에서 얻을 수 있는 검사결과와 최소한 동등하여야 한다.

5.2.4.3.2 가동중검사장비와 접근시설의 조정

가동중검사를 수행해야 하는 발전소의 해당영역에 대한 접근성을 고려함에 있어서, 가능하다면 검사시 기존장비를 이용할 수 있도록 한다.

5.2.4.3.3 수동검사

수동 초음파검사를 수행하는 경우에는 모든 결함신호(indication)를 도식화하고(mapped) 기록문서에는 반향자의 최대 신호진폭, 주사면의 깊이 및 길이에 대한 정보가 포함된다. 기존 자료와 차후 검사자료를 비교할 수 있도록 정보저장에 대한 형식(data compilation format)을 준비한다. 수동 표면검사 혹은 육안검사를 수행하는 경우에는 차후 검사자료와 비교할 수 있도록 적절한 방식으로 크기 및 위치와 관련한 모든 결함신호를 도식화한다.

5.2.4.4 검사주기

검사주기는 KEPIC MI, MIA 2400, 검사계획서-B에 정의되어 있는 바와 같이 운전년수 10년으로 한다. 이 검사주기는 발전설비가 상업운전에 들어간 후 달력년수(calendar year)로 표시한다. 이 주기는 발전소 계획예방정비기간에 맞추어 검사업무를 수행할 수 있도록 1년까지는 단축 또는 연장이 가능하다. 검사일정은 KEPIC MIA 2400 및 MIB 2400을 따른다. 가동중검사는 통상적으로 재장전정지 혹은 유지보수정지와 같은 정상적인 발전소 정지기간중에 수행하게 된다.

5.2.4.5 검사범주 및 요구사항

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

수행할 검사범위는 KEPIC MIA 2500을 만족하며, 가동전검사는 KEPIC MIB 2200을 따른다.

검사를 위한 접근성이 제한되어 있어서 90% 이상의 체적검사를 할 수 없는 경우에는 10 CER 50.55a, (g)(5)(iii)의 요건 및 관련 원자력안전위원회고시에 따라 검사면제요청(code relief request)을 규제기관에 제출하여 승인을 받은 후 필요한 검사를 수행한다. | 48

5.2.4.6 검사결과 평가

등급 1 기기에 대한 검사결과의 평가는 원자력안전위원회고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시) KEPIC MIA 3000 및 MIB 3000과 원자로용기 초음파탐상검사에 대한 규제지침서 1.150에 따라 수행된다. 허용할 수 없는 결함은 KEPIC MI, MIA 4000에 따라 보수한다. | 48

5.2.4.7 원자로냉각재압력경계 누설시험

원자로용기 및 나머지 원자로냉각재압력경계에 대한 계통누설시험은 매 원자로 핵연료 재장전후 원자로 가동전에 KEPIC MIB 5221에 따라 수행한다. 이 시험동안 수행할 검사는 KEPIC MIA 5240에 따라서 단열재를 제거하지 않은 상태에서 수행된다. 다만, 볼트로 연결된 부분인 원자로용기 상부헤드 플랜지, 가압기 정비용 출입구 그리고 증기발생기 정비용 출입구의 단열재는 시험기간 동안 제거된다.

5.2.4.8 시험 및 검사완화신청

코드요건의 완화신청은 10 CFR 50.55a 및 원자력안전위원회고시(원자로시설의 가동중검사에 관한 규정 고시)에 따른다. | 48

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.5 원자로냉각재압력경계 누설감지계통

5.2.5.1 설계기준

원자로냉각재압력경계로부터 허용한계 이상의 누설이 존재하는 경우 발전소가 안전하지 못한 상태임을 운전원에게 경고하기 위해서 누설을 감지하는 수단이 제공된다. 누설감지계통은 다양성과 민감성을 갖도록 설계되었으므로 확인 및 미확인 누설원으로부터 발생되는 누설에 대해 규정하고 있는 규제지침서 1.45의 기준을 만족하고 있다. 확인 및 미확인 누설을 감지하고 감시하는 데 사용되는 계통은 다음과 같다.

5.2.5.2 누설감지방법

5.2.5.2.1 미확인 누설

5.2.5.2.1.1 원자로건물 정상배수조 및 원자로공동 배수조

가. 원자로건물 정상배수조와 원자로공동 배수조는 미확인 누설을 감지 및 감시하기 위해서 차압형 수위 전송기가 설치된다. 원자로건물 정상배수조와 원자로공동 배수조 수위를 합산한 변화율을 통해서 원자로냉각재 압력경계내에 균열의 가능성이 존재하고 있음을 운전원에게 경고한다. 감지계통은 배수조 수위의 변화율이 정상시보다 빠르게 증가하는지를 측정하여 누설여부를 결정한다. 감지계통은 한 시간내에 3.78 L/min (1 gpm)의 누설량에 반응하도록 설계되어 있다. 배수조내의 전송기로부터 나오는 수위신호는 주제어실에 기록된다. 한 시간 동안 3.78 L/min (1 gpm) 이상 누설이 존재하는 경우 주제어실에 경보가 울리게 된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

나. 원자로공동내의 누설은 원자로공동 배수조에 모인다. 원자로건물 정상배수조와 같은 원리로 배수조 수위는 감시되고 한 시간동안 3.78 L/min (1 gpm) 이상의 누설이 존재할 경우 주제어실에서 경보가 울린다. 배수조내의 전송기로부터 나오는 수위신호는 주제어실에 기록된다.

다. 원자로건물 정상배수조 및 원자로공동 배수조의 인입유량을 결정하는 추가적인 수단은 배수조펌프의 작동시간을 합산하여 유량을 결정하는 적산유량계기를 제공하는 것이다. 이 방법은 배수조를 통해 처리되는 물의 양을 측정하는 것이며, 따라서 적산유량계기는 누설감지 및 누설량의 정량화기능에 대한 보조수단으로서 제공된다.

위에서 서술한 질량 평형법은 원자로냉각재 누설량을 결정하는 일차적 수단이다. 5.2.5.2.1.2절에 기술된 방사능감시와 함께 배수로 펌프 운전시간도 원자로냉각재 누설감지 기능을 수행하는데 사용하는 일차적 수단이다.

5.2.5.2.1.2 원자로건물 방사능 감시

가. 원자로건물 배기유출물감시기와 원자로건물 공기감시기는 공정방사능감시계통의 일부분으로 제공된다. 이 감시기들은 11.5.2절에 기술되었으며, 표 11.5-1에 열거되어 있다.

나. 원자로건물에 대한 지역방사능감시기가 지역방사능감시계통의 일부분으로 제공된다. 이 감시기들은 12.3.4절에 기술되었으며, 표 12.3-4에 열거되어 있다.

5.2.5.2.1.3 원자로건물 대기감시

가. 원자로건물 대기압은 주제어실에서 연속적으로 감시되고 경보 및 지시된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

지시기의 표시범위는 광대역 $-500 \sim 14,500 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($-7.1 \sim 206.2 \text{ psig}$), 대역 $-400 \sim 5,600 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($-5.7 \sim 79.5 \text{ psig}$), 협역 $-300 \sim 1,200 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($-4.3 \sim 17.1 \text{ psig}$) 이다. 계측기는 공정계측 및 제어시스템의 일부분에 포함된다.

- 나. 원자로건물 대기 온도감지기들은 주제어실에 원자로건물 공기온도를 지시하기 위해서 제공된다. 온도감지기로부터 측정되는 원자로건물 평균대기온도는 발전소 컴퓨터에 의해서 계산되고 경보도 올린다. 온도감지기들과 습도감지기들은 원자로건물 송풍냉각기 입구 및 출구에 설치되며 이들 감지기들로부터 나오는 출력은 주제어실에 지시된다.

5.2.5.2.1.4 원자로냉각재 재고량 평형

원자로냉각재 재고량 평형은 발전소가 안정된 운전상태에서 원자로냉각재계통과 화학 및 체적제어계통내의 냉각재 재고량의 변화를 이용한 확인 및 미확인누설량을 결정하는 시험이다. 총 누설량(확인 및 미확인)은 시험기간동안의 가압기 및 체적제어탱크의 수위변화에 따라 결정된다. 이 누설량은 시험기간에 발생한 원자로냉각재계통의 온도변화에 의한 원자로냉각재계통의 수축 또는 팽창을 고려하여 보정된다. 확인누설량은 시험기간동안에 발생한 원자로배수탱크 및 기기배수탱크의 수위변화에 따라 결정된다. 미확인누설량은 보정된 총 누설량에서 확인누설량을 뺀 값이다. 이러한 절차는 NUREG-1107 (RCSLK9:가압경수로의 원자로냉각재계통 누설 결정, 1984)을 따른 것이다.

5.2.5.2.1.5 음향누설감시

원자로냉각재펌프 밀봉하우징, 증기발생기 1차측압력경계, 고온관, 저온관, 가압기안전밸브, 원자로용기 상부 및 하부헤드에서 발생하는 누설은 음향누설감시계통(7.7.1.3.3.2절 참조)에 의해서 감시 및 확인된다. 그러나, 전용의 누설경로가 없기 때문에 위에서 기술한 음향누설감시계통이 설치된 위치중 어느 특정한 곳에서의 누설량을 감시하는 것은 대체로

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

불가능하다.

5.2.5.2.1.6 기타 방법

원자로냉각재계통에서 발생하는 누설은 계통으로 보충되는 순유량을 측정하여 결정할 수 있다. 발전소 정상상태에서 누설이 없을 경우 계통내로 보충되는 순유량은 없을 것이다. 원자로보충수탱크 및 재장전수탱크로부터의 보충유량과 총 보충량은 계속적으로 감시되고 기록된다. 정상상태 운전기간동안에 기록된 총 보충량을 분석하여 비정상적인 누설을 감지할 수 있다. 보충 요구량이 증가추세에 있다면 비정상적인 누설이 존재하며 증가 추세임을 나타낸다. 누설이 갑자기 발생하면 보충유량은 계단식 증가(step increase)를 보일 것이며 단순한 과도상태의 경우와 같이 다시 감소하지 않을 것이다.

5.2.5.2.1.7 기타 고려사항

주제어실 정보가 올리는 수조누설에 추가해서, 수조 유량은 교대근무할 때마다 현재 근무시에 읽은 값과 전번 근무시에 읽은 값의 편차를 그 경과시간으로 나눔으로써 결정되고 기록된다.

누설감지계통은 주기적으로 감시된다. 원자로건물 정상배수조 펌프의 토출은 교대근무 주기별로 감시될 것이다. 운영기술지침서에서는 최소한 12시간마다 한번씩 읽도록 요구하고 있다. 원자로건물 내부 대기중의 기체나 미립자 방사능도 최소한 같은 주기로 감시한다.

누설추이는 발전소 운전기록을 검토하여 파악한다. 만약 원자로건물 정상배수조펌프 작동시간계기에서의 측정값이 교대근무주기동안 50%의 계단증가가 있거나, 7일동안의 측정에서 50%의 증가가 있으면, 비정상 누설편차서를 따른다. 누설율이 정상보다 3.78 L/min (1 gpm)의 증가와 일치하는 원자로건물 정상배수조 수위 정보가 발생한 경우에도

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

이 절차를 따른다.

비정상 누설절차서는 누설의 출처와 누설량을 가능한 한 정확하게 파악하기 위하여 원자로건물 변수의 평가를 요구한다. 또한, 이 절차서에서는 원자로냉각재계의 미확인누설량을 결정하기 위하여 수행하는 시험인 원자로냉각재계통 재고량 측정도 요구한다. 다른 발전소에서의 운전경험에 의하면, 원자로냉각재계통의 장기간의 미확인누설량 평균은 0.38~1.14 L/min (0.1~0.3 gpm) 이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 현존하는 수조 수위계기를 사용한 감지가능한 누설량제한치는 3.78 L/min (1.0 gpm) 이다.

5.2.5.2.2 확인누설

원자로냉각재계통에서 발생하는 확인누설은 다음에 기술한 모든 확인누설 경로의 누설량을 더하여 결정할 수 있다. 모든 확인누설 경로와 관련된 지시계와 경보는 주제어실에 제공된다.



5.2.5.2.2.1 원자로건물 기기 배수

원자로건물 기기 배수는 원자로배수탱크에 모인다. 원자로배수탱크에는 확인누설률을 감지 및 감시하기 위해서 1개의 차압형 수위전송기가 설치되어 있다. 각종 기기로부터 미량의 정상적인 누설이 존재하므로 원자로배수탱크를 이용하여 허용가능한 37.8 L/min (10 gpm)의 확인누설률을 감지하고 감시할 수 있다. 전송기로부터 나오는 신호는 주제어실에 지시되고 경보된다.

5.2.5.2.2.2 원자로냉각재계통 안전밸브 및 안전감압밸브

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

가압기 상단에 위치한 가압기안전밸브는 원자로건물 내부에 있는 원자로배수탱크로 연결된다. 안전밸브의 밀봉누설은 각각의 안전밸브의 공통헤더 전단에 있는 저항온도검출기에 의해서 감시된다. 안전밸브 및 안전감압밸브 누설은 원자로배수탱크 압력의 증가와 가압기의 압력 및 수위감소로서 간접적으로 지시된다. 또한, 안전감압계통에서 발생하는 누설은 안전감압계통 게이트밸브와 글로브밸브 사이에 있는 압력계기의 고압력 지시와 안전감압계통의 글로브밸브 후단에 있는 저항온도검출기의 지시 및 경보에 의해서 감지된다. 각각의 안전밸브 후단에 설치된 가속도계로 구성된 음향누설감지계통에 의해 안전밸브 위치 및 안전밸브 누설이 주제어실에 지시된다. 안전밸브가 완전히 닫혀있지 않을 때 주제어실 경보창에 경보가 제공된다.

5.2.5.2.2.3 원자로냉각재펌프 밀봉

비정상적인 밀봉누설을 감지하기 위한 계측기가 원자로냉각재펌프밀봉계통에 설치된다. 5.4.1.2절에 기술한 바와 같이 원자로냉각재펌프에는 두 단계의 밀봉과 증기 또는 보조 밀봉으로 구성된 밀봉계통을 갖추고 있다. 정상운전시 원자로냉각재계통 운전압력은 두 단계의 일차밀봉을 거치면서 제어유출 압력까지 감소한다. 증기 또는 보조 밀봉은 원자로건물 대기로의 누설을 방지하며 제어 밀봉누설을 체적제어탱크까지 보낼 수 있도록 충분한 압력을 유지한다. 증기 또는 보조 밀봉은 두 개의 일차밀봉중 한 개 또는 두 개 모두가 파손될 시에도 원자로냉각재계통 압력에 견딜 수 있도록 설계된다.

원자로건물내로 누설발생시, 증기밀봉을 통한 유동이 존재하므로 밀봉차압에 의해 중간 밀봉의 후단압력은 감소할 것이다. 원자로냉각재펌프 밀봉압력지시계는 이러한 경우를 지시하기 위해서 설치된다. 이러한 사고시 증기밀봉 압력지시계의 압력은 감소할 것이며 원자로배수탱크의 수위는 증가할 것이다. 원자로냉각재펌프 밀봉수 냉각기의 튜브에서 1차측기기냉각수계통으로의 밀봉누설은 원자로냉각재펌프로부터 회수되는 1차측기기냉각수 회수관의 온도증가와 1차측기기냉각수 완충탱크내의 수위증가 그리고 1차측기기냉각수계통 내에서 감지되는 방사능의 증가에 의해서 알 수 있다. 한 개 또는 두 개의 일차밀봉

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

장치 파손시 원자로건물 대기로의 누설을 감지하기 위해서 음향누설감시계통 센서가 증기밀봉 후단의 밀봉외함에 설치된다.

5.2.5.2.2.4 원자로용기상부헤드 플랜지 누설

원자로용기상부헤드 오링을 통해 나오는 누설은 누설관을 지나 원자로배수탱크로 간다. 발전소 정상상태에서 잠겨있는 원격조절밸브와 압력감지기가 누설관에 설치된다. 오링을 통해 나오는 누설은 누설관의 압력을 증가시키므로 이 누설관의 압력은 누설이 존재하는지를 감지하기 위해서 계속적으로 감시된다. 누설관에 모인 누설은 원격조절 격리밸브를 열어서 원자로배수탱크로 방출한다. 또한, 3개의 음향누설감시계통 센서가 누설을 감지하기 위하여 원자로용기상부헤드에 설치된다.

5.2.5.2.2.5 증기발생기 전열관이나 전열관지지판을 통한 누설

11.5절에 기술된 복수기진공계통과 증기발생기취출계통에 설치되어 있는 방사선감시기에 의해 지시되는 방사능의 증가로부터 증기발생기 전열관의 누설부를 통해 원자로냉각재가 2차측으로 누설되고 있음을 알 수 있으며, 또한 증기발생기 2차측 냉각재에 대한 정기적인 시료분석을 통해서 원자로냉각재가 2차측으로 누설되는 것을 감지할 수 있다.

또한 증기발생기 2차측으로 누설되는 N-16의 총량은 누설부 크기와 1차측 냉각재의 N-16 총량에 비례하므로 주증기관에 설치되어 있는 N-16 감시기를 통하여 1차측에서 2차측으로의 누설을 감지할 수 있다.

5.2.5.2.2.6 보조계통으로의 누설

원자로보조계통(예를 들면, 1차측기기냉각수계통)의 공정방사선감시기에 의해 지시된 방사능 증가는 원자로냉각재계통으로부터 누설이 발생하고 있음을 의미한다. 오염 가능성

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

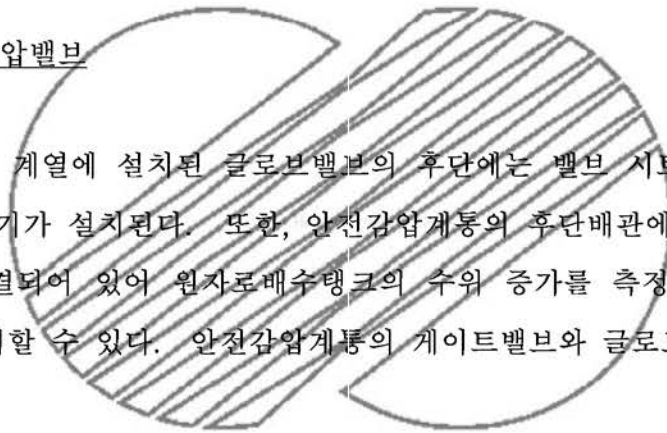
이 있는 모든 보조계통에 사용되는 공정방사선감시기에 대한 설계기준과 계기의 민감도는 11.5절에 기술되어 있다.

5.2.5.2.2.7 음향누설감시계통

원자로냉각재압력경계의 누설을 감시하기 위해서 음향누설감시계통이 설치된다. 가속도계 및 음향방출센서로부터 나온 신호를 실효치로 전환한 값을 주제어실에서 계속적으로 감시하며 이미 선정된 기준값보다 큰 경우 주제어실에 정보가 올린다. 음향누설감시계통에 대한 상세한 설명은 7.7.1.3.3.2절에 기술되어 있다.

5.2.5.2.2.8 안전감압밸브

안전감압계통의 각 계열에 설치된 글로브밸브의 후단에는 밸브 시트의 누설을 감지하기 위해 저항온도검출기가 설치된다. 또한, 안전감압계통의 후단배관에는 원자로배수탱크로 가는 배수관이 연결되어 있어 원자로배수탱크의 수위 증가를 측정함으로써 간접적으로 밸브의 누설을 감지할 수 있다. 안전감압계통의 게이트밸브와 글로브밸브의 위치는 주제어실에 지시된다.



5.2.5.2.3 계통간의 누설

계통간의 누설은 일반적으로 “확인” 또는 “미확인” 누설의 감시방법에 의해서 감지되지 않는다. 원자로냉각재압력경계로부터 정지냉각계통, 안전주입계통 그리고 화학 및 체적 제어계통으로의 누설이 발생할 수 있다. 원자로냉각재계통에 연결된 이들 각각의 보조계통 내로 유입되는 누설은 각 계통 변수들의 감시나 감지계측기를 통해서 감지할 수 있다. 보조계통들로 유입되는 누설은 5.2.5.2.2.6절에 기술되어 있다.

원자로냉각재압력경계로부터 정지냉각계통으로 유입되는 누설은 원자로배수탱크의 유입

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

량 증가로서 감지할 수 있다. 안전주입계통으로 유입되는 누설은 안전주입계통의 고압력 지시와 경보에 의해서 확인할 수 있다.

원자로냉각재압력경계와 화학 및 체적제어계통사이에 존재하는 계통간 누설은, 원자로냉각재계통이 가압되어 있을 경우 화학 및 체적제어계통이 작동되어 냉각재 조절 기능을 수행하므로 감지할 수 없으나 화학 및 체적제어계통은 체적제어탱크로 보충되는 유량을 관찰함으로써 장기간의 발전소 운전중에 발생하는 원자로냉각재계통으로부터의 총 누설량을 확인하는 데 이용할 수 있다. 체적제어탱크의 수위변화에 대한 감시를 통해서도 누설을 확인할 수 있다.

5.2.5.2.4 주제어실내의 지시

5.2.5.2.4.1 미확인 원자로냉각재 누설에 대한 1차 지시계

원자로냉각재계통으로부터 원자로건물로의 누설이 존재할 경우, 주제어실의 지시계는 누설이 있음을 나타냄과 동시에 경보를 올린다. 원자로냉각재 누설을 감지하는 일차 지시계는 다음과 같다.

가. 원자로건물 대기 방사능 지시계 및 경보

원자로건물 대기에 비정상적으로 높은 공기 미립자와 기체 방사능 준위에 의해서 경보가 발생됨.

나. 원자로건물 정상배수조 및 원자로공동 배수조

배수조로 유입되는 누설량이 한 시간 이내에 3.78 L/min (1 gpm) 이상일 때 경보가 발생됨.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.5.2.4.2 원자로냉각재 누설을 지시하는 기타 지시계

주제어실에 설치된 원자로냉각재 누설을 지시하는 기타 계측기들은 다음과 같다.

- 가. 가압기 수위지시계
- 나. 원자로건물 압력지시계
- 다. 원자로건물 온도지시계
- 라. 원자로건물 습도지시계
- 마. 원자로배수탱크 수위지시계
- 바. 원자로배수탱크 압력지시계
- 사. 안전주입탱크 수위지시계
- 아. 안전주입탱크 압력지시계
- 자. 안전주입관 압력지시계
- 차. 가압기안전밸브 위치지시계
- 카. 원자로냉각재배기계통 압력지시계
- 타. 원자로건물 정상배수조 및 원자로공동배수조 펌프 작동시간 계측기
- 파. 복수기진공계통 방사능감시기
- 하. 증기발생기취출계통 방사능감시기
- 거. 주증기관 N-16 감시기
- 너. 안전감압계통 온도지시계 및 압력지시계

5.2.5.3 원자로냉각재 미확인누설량

원자로냉각재의 미확인누설량을 감시하고 누설제한치 초과여부를 평가하는 방법은 아래와 같다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.5.3.1 원자로건물 방사능 기체 및 공기 미립자 감시

고 방사능 경보가 울리면 운전원은 미확인 누설을 격리시키기 위해서 적절한 조치를 취해야 한다.

원자로냉각재 누설을 감시를 위한 동 감시채널의 방사능 농도 지시치는 정상운전중 운전 조건에 따라 크게 영향을 받으며 특히, 원자로 기동 직후 및 낮은 핵연료 손상률로 운전 될 경우 정량적인 누설 감지가 적절하지 않을 수 있다.

5.2.5.3.2 배수조수위측정계통

이 계통은 배수조 수위를 측정하고 펌프 운전시간을 감시하여 원자로건물 배수조로 유입 되는 원자로냉각재 미확인누설량을 결정하는 프로그램 가능한 컨트롤러를 채택한다. 이 프로그램 가능한 컨트롤러는 3.78 L/min (1 gpm) 이상의 유량이 흐르면 경보한다. 부가 적으로, 수조유량은 현 근무시간과 전 근무시간에 읽은 차이값을 그 경과시간으로 나눔으로써 결정되고 기록된다. 또한 운전원은 비정상 운전을 점검하기 위하여 배수조 펌프의 운전빈도 및 원자로건물 배수조의 수위변화를 감시한다.

5.2.5.4 안전성 평가

5.2.5.4.1 원자로냉각재 누설에 대한 제한

총 누설량 및 미확인누설량에 대한 제한치는 운영기술지침서에 기술되어 있다.

5.2.5.4.2 최대허용 총 누설량

최대허용 총 확인 누설량은 운영기술지침서에 기술되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.5.5 확인누설 및 미확인누설의 구분

원자로냉각재계통으로부터의 확인된 누설은 증기발생기 2차측, 안전주입계통, 1차측기기냉각수계통 그리고 화학 및 체적제어계통 등과 같은 계통으로 유입될 것이다. 이들 계통내로 유입되는 누설은 (1) 이들 계통으로 흘러 들어오는 유체의 방사능 감시, (2) 이들 계통의 완충 또는 보상탱크의 수위지시계, 또는 (3) 화학 및 체적제어계통의 원자로냉각재계통 보충계통의 보충수 유량지시계나 보충수 집적량지시계(5.2.5.2절 및 9.3.4절에서 서술된 것처럼)에 의해서 감시 및 감지될 것이다. 이런 방법으로는 누설이 발생한 정확한 위치를 확인할 수는 없지만 (1) 이들 계통의 온도지시계들은 누설이 발생할 경우 비정상적으로 높은 값을 나타내므로 누설의 근원지를 찾을 수 있고, 또는 (2) 국부 시료채취 방법도 어느 특정한 위치에서의 누설을 감지할 수 있는데, 이는 어느 특정한 위치에 누설이 존재할 경우 계통의 다른 부분보다 상당히 높은 방사능 농도가 존재하기 때문이다.

미확인누설은 5.2.5.2.1절에 기술되었다.

5.2.5.6 시험과 검사

계통간 원자로냉각재상실사고시 격리 기능을 수행하는 밸브로 분류된 역류방지밸브의 주기적인 누설시험은 각각의 밸브에 대해 수행되며, 누설이 운영기술지침서에서 명시한 제한치 내에 부합되는지 확인한다. 누설의 측정은 수용탱크로 연결된 시험관에 설치된 유량지시계를 이용하거나 간단한 휴대용 유량계측기 또는 다른 허용된 시험측정 수단으로 수행한다.

5.2.5.7 계측설비

가. 원자로냉각재계통 보충수제어계통(9.3.4절 참조)

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

나. 가압기 압력 및 수위 계측기(7.2절 참조)

다. 원자로건물 대기중 방사능 감시기(11.5절 참조)

라. 원자로건물 정상배수조 수위 감시 계측기(5.2.5.2절 참조)

마. 원자로건물 대기 온도 및 압력 감시 계측기(5.2.5.2절, 6.2.1.1절 및 7.5절 참조)

바. 음향누설 감시 계측기(5.2.5.2절 참조)

사. 원자로건물 대기습도는 주제어실에 연속적으로 지시, 정보된다.

5.2.6 참고문헌

1. 두산중공업(주), “Austenite 계 스테인레스강의 용접성에 미치는 입열량의 영향”, 2006년 11월

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-1

원자로냉각재압력경계 코드 요건¹⁾

기	기	코	드	및	등	급
원자로용기, 증기발생기, 가압기		KEPIC	MNB			
원자로냉각재펌프		ASME	Sec. III, Class 1			
가압기 살수 및 안전밸브		ASME	Sec. III, Class 1			
배관 및 밸브		KEPIC MNB(해외 구매품목은 적용)	ASME Sec. III, Class 1			
제어봉구동장치		ASME Sec. III, Class 1(1호기) ²⁾ KEPIC MNB(2호기)				

- 1) KEPIC의 경우는 2000년판이 적용되며, 가동중검사 및 시험규정을 적용하는 경우는 KEPIC MI 및 MO가 적용된다. 해외 구매품목의 참조기술기준인 ASME 코드의 경우, 1998년판과 1998년, 1999년, 2000년 Addenda를 따르며, 또한 위의 모든 기기들은 ASME OM 코드 및 ASME Sec. XI, 가동중검사 규정의 시험 및 검사요건을 만족하도록 설계되고 건설된다. 상세한 등급분류는 표 3.2-1에 기술된다.
- 2) ASME 코드 1995년판 및 1995년, 1996년, 1997년 addenda를 따른다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-2

원자로냉각재압력경계의 설계와 제작에 대한 적용대상 코드케이스

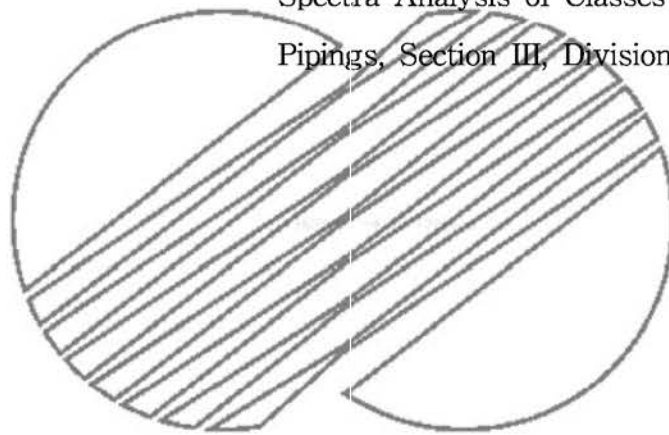
규제지침서 1.84

케이스 번호

제 목

N-411-1

Alternative Damping Values for Response
Spectra Analysis of Classes 1, 2, and 3
Pipings, Section III, Division 1.



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-3 (2 중 1)

원자로냉각재압력경계의 재질에 대한 적용대상 코드케이스

규제지침서 1.85

<u>케이스 번호</u>	<u>제 목</u>	<u>주</u>	
N-71-16	Additional Materials for Subsection	1, 6, 7	49 1
N-71-18	NF, Classes, 1, 2, 3 & MC Component Supports Fabricated by Welding, Section III, Division 1.		
N-60-5	Materials for Core Support Structures, Section III, Division 1.	2	
N-4-11	Special Type 403 Modified Forgings or Bars, Section III, Division 1, Class 1 and CS	3, 4	1
N-474-2	Design Stress Intensities and Yield Strength Values for UNS N06690 with a Minimum Specific Yield Strength of 35 ksi, Class 1 Components Section III, Division 1.	5	1

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-3 (2 중 2)

주 :

1. KOPEC(N), Reactor Coolant Pump Design Specification 1J033-FS-DS480
2. KOPEC(N), Reactor Vessel Core Support & Internal Structure Design Specification 1J033-ME-DS240
3. KOPEC(N), CEDM's Design Specification 1J033-ME-DS250-00
4. KOPEC(N), HJTC Instrument Flange Assembly Design Specification 1J033-ME-DS290-01
5. KOPEC(N), Steam Generator Design Specification 1J033-ME-DS265-00; Pressurizer Design Specification 1J033-ME-DS270-00 ; RCS Piping Design Specification 1J033-ME-DS275-00
6. KEPCO E&C, Design Specification - Reactor Vessel Supports 9-310-C464-011
7. KEPCO E&C, Design Specification - Steam Generator Supports 9-310-C464-012

1

49

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 1)

원자로냉각재계통 재료 및 압력경계 기기용 용접재료

원자로냉각재계통 재료

기기명

재료 규격

원자로용기

단조재

SA-508 Gr.3 Cl.1

피복재*

5FN~18FN의 델타 페라이트를 갖는 육성상태의 오스테나이트 스테인레스강 혹은 Ni-Cr-Fe 합금(UNS N06690과 동등한 재료). 단, 출구노즐 돌출부 피복재는 UNS N06600용접재료 적용

원자로용기상부헤드*
제어봉구동계통 노즐

SB-166(UNS N06690)

원자로내부구조물*

오스테나이트 스테인레스강 및 Ni-Cr-Fe 합금

연료피복재*

Zirlo

계측기노즐*

SB-166(UNS N06690)

상부헤드 배기 노즐*

SB-167(UNS N06690)

상부헤드 스택드

SA-540 Gr. B24

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 2)

기기명

재료 규격

제어봉구동계통 하우징

모터하우징*

SB-166(UNS N06690) 및 SA-182, F347형 스테인레스강 재질의 엔드피팅(end fitting)을 갖는 코드케이스 N-4-11을 만족하는 403형 스테인레스강 재질

상부압력하우징*

SA-479, 316형 재질의 엔드피팅 및 SA-479, 316형 재질의 배기밸브밀봉(vent valve seal), ASTM A276, 440 C형 재질의 배기밸브밀봉구(vent valve seal ball)를 갖는 SA-479 및 SA-213, 316형 스테인레스강 재질

가압기

셸 및 헤드

SA-508 Gr.3 Cl.1

피복재*

5FN~18FN의 델타 페라이트를 갖는 육성상태의 오스테나이트 스테인레스강 혹은 Ni-Cr-Fe 합금

단조 노즐

SA-541 Gr.3 Cl.1

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 3)

<u>기기명</u>	<u>재료 규격</u>
계측기노즐*	SB-166(UNS N06690)
안전밸브*	SA-182 F316
밀림관 노즐 안전단*	SA-182 F347
노즐 안전단*	SA-182 F316
정비용 출입구 스테드 및 너트	SB-637 N07718
열 소매*	SB-168(UNS N06690)
<u>증기발생기</u>	
1차측 헤드(primary head)	SA-508 Gr.3 Cl.1
1차측 노즐	SA-508 Gr.3 Cl.1
1차측 헤드 피복재*	5FN~18FN의 델타페라이트를 갖는 육성상태의 오스테나이트 스테인레스강, 혹은 니켈합금
튜브시트	SA-508 Gr.3 Cl.1

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 4)

<u>기기명</u>	<u>재료 규격</u>
튜브시트 스테이	SA-508 Gr.3 Cl.1
튜브시트 피복재*	육성상태의 Ni-Cr-Fe 합금(UNS N06690과 동등한 재료)
전열관*	SB-163(UNS N06690)
2차측 헤드	SA-508 Gr.1A
2차측 셸	SA-508 Gr.3 Cl.1
2차측 노즐	SA-508 Gr. 1A 혹은 SA-508 Gr.3 Cl.1 혹은 SA-106 Gr.B
1차측 계측기노즐*	SB-166(UNS N06690)
2차측 노즐 안전단	SA-508 Gr.1A
2차측 계측기 노즐	SA-106 Gr.B
1차측 스테드 및 너트	SB-637(N07718)
2차측 스테드 및 너트	SA-540 Gr.B24

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 5)

기기명

재료 규격

원자로냉각재펌프

케이싱

SA-508 Gr.3 Cl.1 혹은 스테인레스강

케이싱 안전단

SA-508 Gr.1A

피복재*

5FN~18FN의 델타 페라이트를 갖는 육성상태의 오스테나이트 스테인레스강, 혹은 니켈합금

내부구조물*

SA-487 CA6NM, 오스테나이트계 스테인레스강

계측기 노즐*

SB-166(UNS N06690)

원자로냉각재 배관

주배관(76.2 cm (30 in) 및 101.6 cm (42 in))

- 직관부

SA-508 Gr.1A

- 곡관부

SA-516 Gr.70

피복재*

5FN~18FN의 델타 페라이트를 갖는 육성상태의 오스테나이트 스테인레스강 혹은 니켈합금

단조노즐

SA-508 Gr. 1A 혹은 SA-182 Gr. F1 혹은 SB-166 (UNS N06690)

노즐 안전단(밀림관 노즐 제외)*

SA-182 F316

밸브*

SA-351 CF8M 혹은 SA-182 오스테나이트 스테인레스강

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 6)

기기명

재료 규격

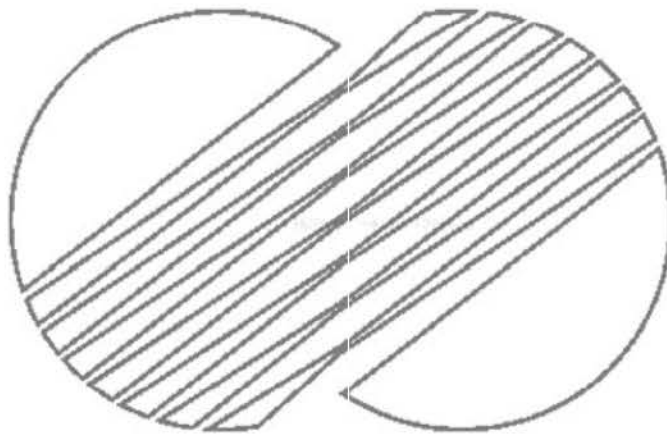
밀림관*

- 직관부
- 곡관부
- 안전단

SA-312 TP347

SA-403 WP347S








SA-182 F347



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서









표 5.2-4 (10 중 7)

압력경계 기기용 용접재료

<u>모재재료 사양</u>	<u>모재</u>	<u>용접재료</u>
1. SA-508 Gr.1A (=SA-508 Cl.1a)	SA-508 Gr.3 Cl.1 (=SA-508 Cl.3)	
2. SA-516 Gr.70	SA-516 Gr.70	
3. SA-182 Gr.F1 (=SA-182 F1)	SA-508 Gr. 1A (=SA-508 Cl.1a)	
4. SA-182 Gr.F1 (=SA-182 F1)	SA-516 Gr.70	
5. SA-182 Gr.F1 (=SA-182 F1)	SA-106 Gr. C	
6. SA-106 Gr.C	SA-106 Gr. C	
7. SA-106 Gr.C	SA-516 Gr.70	









신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 8)

<u>모재재료 사양</u>	<u>모재</u>	<u>용접재료</u>
8. SA-106 Gr.B	SB-166(UNS N06690)	
9. SB-166(UNS N06690) SA-182 F316/F347		
10. SB-167(UNS N06690) SA-182 F316/F347		
11. SA-182 F 316	SB-167(UNS N06690)	
12. SB-166(UNS N06690) SA-213 F316		
13. SA-508 Gr.1A (=SA-508 Cl.1a)	SA-508 Gr.1A (=SA-508 Cl.1a)	
14. SA-516 Gr.70	SA508 Gr.1A (=SA-508 Cl.1a)	
15. 오스테나이트 스테인레스강 피복재		





신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 9)

<u>모재재료 사양</u>	<u>모재</u>	<u>용접재료</u>
16. Nickel alloy Cladding/Buttering		
17. SA-508 Gr.3 Cl.1 (=SA-508 Cl.3)	SA-508 Gr.3 Cl.1 (=SA-508 Cl.3)	
18. SA-508 Gr.3 Cl.1 (=SA-508 Cl.3)	SA-541 Gr.3 Cl.1	
19. SA-508 Gr.3 Cl.1 (=SA-508 Cl.3)	SA-516 Gr.70	
20. SA-312 TP347	SA-403 WP347	
21. SA-182 F316	SA-182 F347	
22. SA-312 TP347	SA-182 F347	
23. 오스테나이트 스테인레스강 피복재	SA-508 Gr.3 Cl.1 (=SA-508 Cl.3)	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-4 (10 중 10)

<u>모재재료 사양</u>	<u>모재</u>	<u>용접재료</u>
24. SB-166 (UNS N06690)	SB-166 (UNS N06690)	
25. Type 403 Modified (Code Case N-4-11)	SB-166 (UNS N06690)	
26. Type 403 Modified (Code Case N-4-11)	SA-182 F347	
27. SA-182 F347	SA-479 TP316	

* 냉각재에 노출되는 재료

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-5 (4 중 1)

파괴인성 자료(원자로)

(국제 단위)

1 호기

번호	부품명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	R _{TNDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	CLOSURE HEAD FLANGE						
2	CLOSURE HEAD DOME						
3	VESSEL FLANGE						
4	UPPER SHELL						
5	INTERMEDIATE SHELL						
6	LOWER SHELL						
7	BOTTOM HEAD						
8	OUTLET NOZZLE	0°					
		180°					
9	INLET NOZZLE	60°					
		120°					
		240°					
		300°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-5 (4 중 2)

(국제 단위)

2 호기

번호	부품명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	CLOSURE HEAD FLANGE						
2	CLOSURE HEAD DOME						
3	VESSEL FLANGE						
4	UPPER SHELL						
5	INTERMEDIATE SHELL						
6	LOWER SHELL						
7	BOTTOM HEAD						
8	OUTLET NOZZLE	0°					
		180°					
9	INLET NOZZLE	60°					
		120°					
		240°					
		300°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-5 (4 중 3)

파괴인성 자료(원자로)

(영미 단위)

1 호기

번호	부품명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	R _{TNDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	CLOSURE HEAD FLANGE						
2	CLOSURE HEAD DOME						
3	VESSEL FLANGE						
4	UPPER SHELL						
5	INTERMEDIATE SHELL						
6	LOWER SHELL						
7	BOTTOM HEAD						
8	OUTLET NOZZLE	0°					
		180°					
9	INLET NOZZLE	60°					
		120°					
		240°					
		300°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-5 (4 중 4)

(영미 단위)

2 호기

번호	부품명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	R _{TNDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	CLOSURE HEAD FLANGE						
2	CLOSURE HEAD DOME						
3	VESSEL FLANGE						
4	UPPER SHELL						
5	INTERMEDIATE SHELL						
6	LOWER SHELL						
7	BOTTOM HEAD						
8	OUTLET NOZZLE	0°					
		180°					
9	INLET NOZZLE	60°					
		120°					
		240°					
		300°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-6

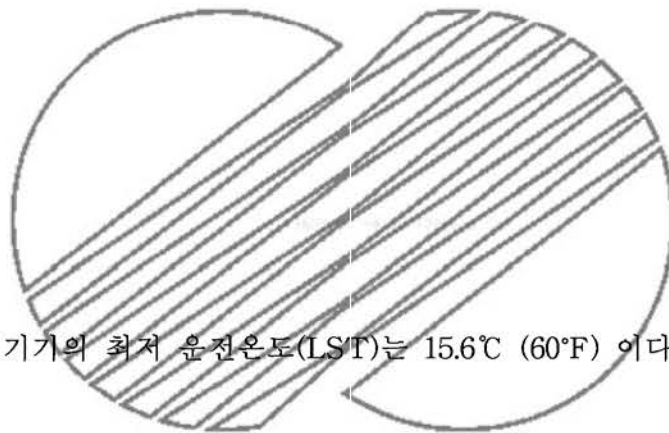
파괴인성 자료(제어봉구동장치 모터하우징)

1호기

본 기기의 최저 운전온도(LST)는 15.6℃ (60°F) 이다.

2호기

본 기기의 최저 운전온도(LST)는 15.6℃ (60°F) 이다.



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-7

원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별(원자로용기)

1,2 호기

SEAM NO.	WELD SEAM NOMENCLATURE
401-71	
101-01	
101-24	
103-21 A ~ D	
105-21 A ~ B	
201-21	
201-41	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 1)

용접재료 인증시험 기기 : 원자로용기

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
101-01	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-24	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21A	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21B	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21C	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21D	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 2)

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
105-21A	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	████	████
	██████████ ██████	██████	██████	████	████
105-21B	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	████	████
	██████████ ██████	██████	██████	████	████
201-21	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████ ██████████	████	████
201-41	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	████	████
401-71	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	████	████

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 3)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°C)	RT _{NDT} (°C)
101-01	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-24	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21A	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21B	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21C	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21D	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 4)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
105-21A					
105-21B					
201-21					
201-41					
401-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 5)

용접재료 인증시험 기기 : 원자로용기

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-01	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-24	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21A	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21B	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21C	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21D	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 6)

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
105-21A	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	██	██
	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	█	█
105-21B	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	██	██
	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	█	█
201-21	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████ ██████████	██	██
201-41	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	██	██
401-71	██████████ ██████████	██████ ██████	██████████ ██████████	██	██

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 7)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-01	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-24	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21A	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21B	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21C	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-21D	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-8 (8 중 8)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
105-21A					
105-21B					
201-21					
201-41					
401-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-9 (2 중 1)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료(원자로용기)

(국제 단위)

1,2 호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
101-01 103-21 A-D 105-21 A-B 201-21 101-24 102-51 A-D								
103-01 A-L								
201-26								
104-01 A-L								
101-23 A-D								
401-71 201-41								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-9 (2 중 2)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료(원자로용기)

(영미 단위)

1,2 호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-01								
103-21 A-D								
105-21 A-B								
201-21								
101-24								
102-51 A-D								
103-01 A-L								
201-26								
104-01 A-L								
101-23 A-D								
401-71								
201-41								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 1)

파괴인성 자료(원자로냉각재 배관)

(국제 단위)

1호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
STRAIGHT PIPE	P-1						
	P-2						
	P-3 L						
	P-3 S						
	P-5						
	P-6						
	P-7 L						
	P-7 S						
	P-9						
	P-10						
	P-11						
	P-12 L						
	P-12 S						
	P-14						
	P-15						
	P-16L						
	P-16S						
	P-18						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 2)

(국제 단위)

1호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
NOZZLE	P-10 SURGE						
	P-5 SAFETY INJECTION						
	P-9 SAFETY INJECTION						
	P-14 SAFETY INJECTION						
	P-18 SAFETY INJECTION						
	P-1 SDC OUTLET						
	P-10 SDC OUTLET						
	P-5 CHARGING INLET						
	P-3 LETDOWN & DRAIN						
	P-7 LETDOWN & DRAIN						
	P-12 LETDOWN & DRAIN						
	P-16 LETDOWN & DRAIN						
	P-14 SPRAY						
	P-18 SPRAY						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 3)

(국제 단위)

1호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
ELBOW	P-1 35°						
	P-2 45°						
	P-3 90°						
	P-4 90°						
	P-5 44°10'						
	P-6 45°						
	P-7 90°						
	P-8 90°						
	P-9 44°10'						
	P-10 35°						
	P-11 45°						
	P-12 90°						
	P-13 90°						
	P-14 44°10'						
	P-15 45°						
	P-16 90°						
	P-17 90°						
	P-18 44°10'						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 4)

(국제 단위)

2호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
STRAIGHT PIPE	P-1						
	P-2						
	P-3 L						
	P-3 S						
	P-5						
	P-6						
	P-7 L						
	P-7 S						
	P-9						
	P-10						
	P-11						
	P-12 L						
	P-12 S						
	P-14						
	P-15						
	P-16L						
	P-16S						
	P-18						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 5)

(국제 단위)

2호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
NOZZLE	P-10 SURGE						
	P-5 SAFETY INJECTION						
	P-9 SAFETY INJECTION						
	P-14 SAFETY INJECTION						
	P-18 SAFETY INJECTION						
	P-1 SDC OUTLET						
	P-10 SDC OUTLET						
	P-5 CHARGING INLET						
	P-3 LETDOWN & DRAIN						
	P-7 LETDOWN & DRAIN						
	P-12 LETDOWN & DRAIN						
	P-16 LETDOWN & DRAIN						
	P-14 SPRAY						
	P-18 SPRAY						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 6)

(국제 단위)

2호기

파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
ELBOW	P-1 35°					
	P-2 45°					
	P-3 90°					
	P-4 90°					
	P-5 44°10'					
	P-6 45°					
	P-7 90°					
	P-8 90°					
	P-9 44°10'					
	P-10 35°					
	P-11 45°					
	P-12 90°					
	P-13 90°					
	P-14 44°10'					
	P-15 45°					
	P-16 90°					
	P-17 90°					
	P-18 44°10'					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 7)

파괴인성 자료(원자로냉각재 배관)

(영미 단위)

1호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
STRAIGHT PIPE	P-1						
	P-2						
	P-3 L						
	P-3 S						
	P-5						
	P-6						
	P-7 L						
	P-7 S						
	P-9						
	P-10						
	P-11						
	P-12 L						
	P-12 S						
	P-14						
	P-15						
	P-16L						
	P-16S						
	P-18						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 8)

(영미 단위)

1호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
NOZZLE	P-10 SURGE						
	P-5 SAFETY INJECTION						
	P-9 SAFETY INJECTION						
	P-14 SAFETY INJECTION						
	P-18 SAFETY INJECTION						
	P-1 SDC OUTLET						
	P-10 SDC OUTLET						
	P-5 CHARGING INLET						
	P-3 LETDOWN & DRAIN						
	P-7 LETDOWN & DRAIN						
	P-12 LETDOWN & DRAIN						
	P-16 LETDOWN & DRAIN						
	P-14 SPRAY						
	P-18 SPRAY						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 9)

(영미 단위)

1호기

파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
ELBOW	P-1 35°					
	P-2 45°					
	P-3 90°					
	P-4 90°					
	P-5 44°10'					
	P-6 45°					
	P-7 90°					
	P-8 90°					
	P-9 44°10'					
	P-10 35°					
	P-11 45°					
	P-12 90°					
	P-13 90°					
	P-14 44°10'					
	P-15 45°					
	P-16 90°					
	P-17 90°					
	P-18 44°10'					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 10)

(영미 단위)

2호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
STRAIGHT PIPE	P-1						
	P-2						
	P-3 L						
	P-3 S						
	P-5						
	P-6						
	P-7 L						
	P-7 S						
	P-9						
	P-10						
	P-11						
	P-12 L						
	P-12 S						
	P-14						
	P-15						
	P-16L						
	P-16S						
	P-18						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 11)

(영미 단위)

2호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
NOZZLE	P-10 SURGE						
	P-5 SAFETY INJECTION						
	P-9 SAFETY INJECTION						
	P-14 SAFETY INJECTION						
	P-18 SAFETY INJECTION						
	P-1 SDC OUTLET						
	P-10 SDC OUTLET						
	P-5 CHARGING INLET						
	P-3 LETDOWN & DRAIN						
	P-7 LETDOWN & DRAIN						
	P-12 LETDOWN & DRAIN						
	P-16 LETDOWN & DRAIN						
	P-14 SPRAY						
	P-18 SPRAY						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-10 (12 중 12)

(영미 단위)

2호기

파트명		파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
ELBOW	P-1 35°						
	P-2 45°						
	P-3 90°						
	P-4 90°						
	P-5 44°10'						
	P-6 45°						
	P-7 90°						
	P-8 90°						
	P-9 44°10'						
	P-10 35°						
	P-11 45°						
	P-12 90°						
	P-13 90°						
	P-14 44°10'						
	P-15 45°						
	P-16 90°						
	P-17 90°						
	P-18 44°10'						

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-11 (2 중 1)

원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별(1차측 배관)

1,2 호기

SEAM NO.	WELD SEAM NOMENCLATURE	
101-11		
103-11		
105-11		
107-11		
101-71		
103-71		
301-71		
307-71		
101-41		
103-41		
105-41		
301-41		
303-41		
701-41		
703-41		

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-11 (2 중 2)

1,2 호기

SEAM NO.	WELD SEAM NOMENCLATURE
705-41	
201-42	
401-42	
601-42	
603-42	
505-41	
303-71	
501-41	
503-41	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 1)

용접재료 인증시험 기기 : 배관

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
101-11					
103-11					
105-11					
107-11					
101-41					
103-41					
105-41					
301-41					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 2)

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
303-41					
501-41					
503-41					
505-41					
701-41					
703-41					
705-41					
201-42					
401-42					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 3)

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
601-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
603-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
301-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
303-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
307-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 4)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
101-11					
103-11					
105-11					
107-11					
101-41					
103-41					
105-41					
301-41					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 5)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
303-41					
501-41					
503-41					
505-41					
701-41					
703-41					
705-41					
201-42					
401-42					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 6)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
601-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
603-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
301-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
303-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
307-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 7)

용접재료 인증시험 기기 : 배관

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
101-11					
103-11					
105-11					
107-11					
101-41					
103-41					
105-41					
301-41					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 8)

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
303-41					
501-41					
503-41					
505-41					
701-41					
703-41					
705-41					
201-42					
401-42					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 9)

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
601-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
603-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
301-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
303-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
307-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 10)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
101-11					
103-11					
105-11					
107-11					
101-41					
103-41					
105-41					
301-41					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 11)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
303-41					
501-41					
503-41					
505-41					
701-41					
703-41					
705-41					
201-42					
401-42					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-12 (12 중 12)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	WELDING MATERIALS		T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
		AWS CLASS	HEAT/LOT No.		
601-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
603-42	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
101-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
103-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
301-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
303-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
307-71	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-13 (2 중 1)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료(배관)
(국제 단위)

1,2호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
101-11 A-D								
103-11 A-D								
105-11 A-D								
101-41								
301-41								
501-41								
701-41								
505-41								
705-41								
201-42 A-B								
401-42 A-H								
601-42 A-H								
603-42 A-H								
101-71								
301-71								
307-71								
107-11 A-D								
805-41								
109-11 A-D								
110-11 A-D								
111-11 A-D								
710-41								
108-71								
309-71								
103-41								
105-41								
303-41								
503-41								
703-41								
103-41								
303-71								
107-41								
305-41								
507-41								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-13 (2 중 2)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료(배관)
(영미 단위)

1,2호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-11 A-D 103-11 A-D 105-11 A-D 101-41 301-41 501-41 701-41 505-41 705-41 201-42 A-B 401-42 A-H 601-42 A-H 603-42 A-H 101-71 301-71 307-71								
107-11 A-D								
805-41								
109-11 A-D 110-11 A-D 111-11 A-D 710-41 108-71 309-71								
103-41 105-41 303-41 503-41 703-41 103-71 303-71								
107-41 305-41 507-41								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-14 (4 중 1)

파괴인성 자료(가압기 : 후판)

(국제 단위)

1 호기

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	TOP HEAD						
2	UPPER SHELL						
3	LOWER SHELL						
4	BOTTOM HEAD						
5	SPRAY NOZZLE						
6	MANWAY						
7	SURGE NOZZLE						
8	SAFETY VALVE NOZZLE	220°					
		270°					
		320°					
9	SDS NOZZLE	0°					
		180°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-14 (4 중 2)

(국제 단위)

2 호기

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	TOP HEAD						
2	UPPER SHELL						
3	LOWER SHELL						
4	BOTTOM HEAD						
5	SPRAY NOZZLE						
6	MANWAY						
7	SURGE NOZZLE						
8	SAFETY VALVE NOZZLE	220°					
		270°					
		320°					
9	SDS NOZZLE	0°					
		180°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-14 (4 중 3)

파괴인성 자료(가압기 : 후판)

(영미 단위)

1 호기

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	TOP HEAD						
2	UPPER SHELL						
3	LOWER SHELL						
4	BOTTOM HEAD						
5	SPRAY NOZZLE						
6	MANWAY						
7	SURGE NOZZLE						
8	SAFETY VALVE NOZZLE	220°					
		270°					
		320°					
9	SDS NOZZLE	0°					
		180°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-14 (4 중 4)

(영미 단위)

2 호기

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	TOP HEAD						
2	UPPER SHELL						
3	LOWER SHELL						
4	BOTTOM HEAD						
5	SPRAY NOZZLE						
6	MANWAY						
7	SURGE NOZZLE						
8	SAFETY VALVE NOZZLE	220°					
		270°					
		320°					
9	SDS NOZZLE	0°					
		180°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-15 (2 중 1)

원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별 : 가압기

1,2 호기

SEAM NO.	WELD SEAM NOMENCLATURE
101-21	
301-71	
102-51	
205-41	
105-01	
503-08	
106-21	
110-01A	
110-01B	
602-08A	
602-08B	
103-01A	
103-01B	
103-01C	
508-08A	
508-08B	
508-08C	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-15 (2 중 2)

1,2 호기

SEAM NO.	WELD SEAM NOMENCLATURE
105-21A	
105-21B	
105-21C	
107-01	
103-51	
203-58	
308-71	
102-72A	
102-72B	
102-72C	
102-72D	
101-84A	
101-84B	
101-72	
101-41	
107-21A	
107-21B	
101-75A	
101-75B	
101-75C	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 1)

용접 인증시험 기기 : 가압기
(국제 단위)

1호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
103-01A					
103-01B					
103-01C					
105-01					
107-01					
110-01A					
110-01B					
503-08					
508-08A					
508-08B					
508-08C					
602-08A					
602-08B					
101-21					

| 1

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 2)

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
105-21A					
105-21B					
105-21C					
106-21					
107-21A					
107-21B					
101-41					
205-41					
102-51					
103-51					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 3)

(국제 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
203-58					
301-71					
308-71					
101-72					
102-72A					
102-72B					
102-72C					
102-72D					
101-75A					
101-75B					
101-75C					
101-84A					
101-84B					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 4)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
103-01A					
103-01B					
103-01C					
105-01					
107-01					
110-01A					
110-01B					
503-08					
508-08A					
508-08B					
508-08C					
602-08A					
602-08B					
101-21					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 5)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
105-21A					
105-21B					
105-21C					
106-21					
107-21A					
107-21B					
101-41					
205-41					
102-51					
103-51					
203-58					
301-71					
308-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 6)

(국제 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
101-72					
102-72A					
101-72B					
101-72C					
101-72D					
101-75A					
101-75B					
101-75C					
101-84A					
101-84B					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 7)

용접 인증시험 기기 : 가압기
(영미 단위)

1호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
103-01A					
103-01B					
103-01C					
105-01					
107-01					
110-01A					
110-01B					
503-08					
508-08A					
508-08B					
508-08C					
602-08A					
602-08B					
101-21					

| 1

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 8)

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
105-21A					
105-21B					
105-21C					
106-21					
107-21A					
107-21B					
101-41					
205-41					
102-51					
103-51					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 9)

(영미 단위)

1 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
203-58					
301-71					
308-71					
101-72					
102-72A					
102-72B					
102-72C					
102-72D					
101-75A					
101-75B					
101-75C					
101-84A					
101-84B					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 10)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
103-01A					
103-01B					
103-01C					
105-01					
107-01					
110-01A					
110-01B					
503-08					
508-08A					
508-08B					
508-08C					
602-08A					
602-08B					
101-21					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 11)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
105-21A					
105-21B					
105-21C					
106-21					
107-21A					
107-21B					
101-41					
205-41					
102-51					
103-51					
203-58					
301-71					
308-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-16 (12 중 12)

(영미 단위)

2 호기

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-72					
102-72A					
101-72B					
101-72C					
101-72D					
101-75A					
101-75B					
101-75C					
101-84A					
101-84B					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-17 (2 중 1)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료 : 가압기

(국제 단위)

1,2호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (°C)	RT _{NDT} (°C)	T _{NDT} (°C)	RT _{NDT} (°C)
101-21 101-41 101-51 102-51 103-51 105-01 107-01 301-71								
102-01 A-B 205-41								
101-73 106-73								
101-76 A-B								
101-22 102-22 104-41 A/H								
103-22								
102-73 A-I 103-73 A-I 104-73 A-I 105-73 A-I								
102-42								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-17 (2 중 2)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료 : 가압기

(영미 단위)

1,2호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
			모재 1	모재 2	용접부		열영향부	
					T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-21								
101-41								
101-51								
102-51								
103-51								
105-01								
107-01								
301-71								
102-01 A-B								
205-41								
101-73								
106-73								
101-76 A-B								
101-22								
102-22								
104-41 A/H								
103-22								
102-73 A-I								
103-73 A-I								
104-73 A-I								
105-73 A-I								
102-42								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-18 (4 중 1)

파괴인성자료(증기발생기 1호기)

(국제 단위)

1호기(1A)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOMES					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-18 (4 중 2)

(국제 단위)

1호기(1B)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOME					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-18 (4 중 3)

파괴인성자료(증기발생기 1호기)

(영미 단위)

1호기(1A)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOME					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-18 (4 중 4)

(영미 단위)

1호기(1B)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOME					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-19

원자로냉각재압력경계 용접 이음매 식별 : 증기발생기 1&2(1차측)

SEAM NO.	WELD SEAM NOMENCLATURE
1704-71	
201-48	
104-51	
103-51A	
103-51B	
102-51	
201-46	
1702-71	
101-51A	
101-51B	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-20 (4 중 1)

용접재료 인증시험 기기 : 증기발생기 1(1차측)

(국제 단위)

1 호기(1A)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT No.	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-20 (4 중 2)

(국제 단위)

1 호기(1B)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT No.	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-20 (4 중 3)

용접재료 인증시험 기기 : 증기발생기 1(1차측)

(영미 단위)

1 호기(1A)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT No.	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-20 (4 중 4)

(영미 단위)

1 호기(1B)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT No.	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-21 (2 중 1)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료(증기발생기 1&2)

(국제 단위)

1,2호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
101-51 A-B 102-51 103-51 A-B 104-51 105-51 1702-71								
101-56								
1704-71								
205-51 A-H 206-51 A-D								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-21 (2 중 2)

용접절차서 검증, 파괴인성 자료(증기발생기 1&2)

(영미 단위)

1,2호기

용접심 번호	WPS 번호	PQR 번호	모재사양		파괴인성			
					용접부		열영향부	
			모재 1	모재 2	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
101-51 A-B 102-51 103-51 A-B 104-51 105-51 1702-71								
101-56								
1704-71								
205-51 A-H 206-51 A-D								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-22 (4 중 1)

파괴인성 자료(증기발생기 2호기)
(국제 단위)

2호기(2A)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOMES					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-22 (4 중 2)

(국제 단위)

2호기(2B)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (℃)	T _{CVN} (℃)	RT _{NDT} (℃)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOME					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-22 (4 중 3)

파괴인성 자료(증기발생기 2호기)
(영미 단위)

2호기(2A)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOMES					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-22 (4 중 4)

(영미 단위)

2호기(2B)

NO	파트명	파트번호	히트번호	T _{NDT} (°F)	T _{CVN} (°F)	RT _{NDT} (°F)	비 고 (CMTR NO)
1	PRIMARY HEAD						
2	TUBE SHEET						
3	STAY						
4	PRIMARY INLET NOZZLE						
5	PRIMARY OUTLET NOZZLE	45°					
		315°					
6	PRIMARY MANWAY	0°					
		122.5°					
7	SECONDARY MANWAY	90°					
		270°					
8	SECONDARY HANDHOLE	90°					
		270°					
9	DOWNCOMER F.W. NOZZLE						
10	DOWNCOMER F.W. NOZZLE SAFE END						
11	F.W. NOZZLE	45°					
		315°					
12	F.W. NOZZLE SAFE END	45°					
		315°					
13	RECIRCULATION NOZZLE						
14	RECIRCULATION NOZZLE SAFE END						
15	SECONDARY SHELL	UPPER					
		LOWER					
		INTERMEDIATE					
		TRANSITION					
16	SECONDARY HEAD	DOME					
		TORUS					
17	STEAM OUTLET NOZZLE	90°					
		270°					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-23 (4 중 1)

용접재료 인증시험 기기 : 증기발생기 2(1차측)

(국제 단위)

2 호기(1A)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT NO.	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-23 (4 중 2)

(국제 단위)

2 호기(2B)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT NO.	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-23 (4 중 3)

용접재료 인증시험 기기 : 증기발생기 2(1차측)

(영미 단위)

2 호기(1A)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT NO.	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-23 (4 중 4)

(영미 단위)

2 호기(2B)

COMPONENT SEAM NUMBER	ELECTRODE CODE	FLUX TYPE	FLUX LOT NO.	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
201-46					
101-51A					
101-51B					
102-51					
103-51A					
103-51B					
104-51					
105-51					
1702-71					
1704-71					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-24 (4 중 1)

원자로냉각재펌프(모재의 파괴인성자료 1호기)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1124-1A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26132 S/N 1	-62.2*	-62.2*	-62.2**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N3	-40*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 10	-28.8*	-28.8*	-28.8**	-28.8**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 1	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 1	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

(펌프 번호 : 1124-1B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26134 S/N 1	-62.2*	-62.2*	-62.2**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N 2	-40*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 9	-28.8*	-28.8*	-28.8**	-28.8**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 2	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 2	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-24 (4 중 2)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1124-2A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26980 S/N 3	-56.6*	-62.2*	-56.6**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N 1	-40*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 2	-28.8*	-28.8*	-28.8**	-28.8**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 3	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 3	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

(펌프 번호 : 1124-2B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26980 S/N 4	-56.6*	-62.2*	-56.6**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N 6	-56.6*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 16	-23.3*	-23.3*	-23.3**	-23.3**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 4	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 4	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-24 (4 중 3)

원자로냉각재펌프(모재의 파괴인성자료 1호기)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1124-1A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26132 S/N 1	-80*	-80*	-80**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N3	-40*	N/A	-0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 10	-20*	-20*	-20**	-20**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 1	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 1	-50**	-50**	-50*	-50*

(펌프 번호 : 1124-1B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26134 S/N 1	-80*	-80*	-80**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N 2	-40*	N/A	-0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 9	-20*	-20*	-20**	-20**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 2	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 2	-50**	-50**	-50*	-50*

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-24 (4 중 4)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1124-2A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26980 S/N 3	-70*	-80*	-70**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N 1	-40*	N/A	-0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 2	-20*	-20*	-20**	-20**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 3	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 3	-50**	-50**	-50*	-50*

(펌프 번호 : 1124-2B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	26980 S/N 4	-70*	-80*	-70**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0086 S/N 6	-70*	N/A	-0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 16	-10*	-10*	-10**	-10**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 4	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 4	-50**	-50**	-50*	-50*

* Tangential

** Axial

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-25 (4 중 1)

원자로냉각재펌프(모재의 파괴인성자료 2호기)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1125-1A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	28301 S/N 5	-62.2*	-62.2*	-62.2**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0085 S/N 7	-56.6*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 12	-28.8*	-28.8*	-28.8**	-28.8**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 5	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 5	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

(펌프 번호 : 1125-1B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	28303 S/N 6	-62.2*	-62.2*	-62.2**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0085 S/N 10	-56.6*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N 13	-23.3*	-23.3*	-23.3**	-23.3**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 6	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 6	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-25 (4 중 2)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1125-2A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	29136 S/N 7	-56.6*	-56.6*	-56.6**	-56.6**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0085 S/N8	-56.6*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N14	-23.3*	-23.3*	-23.3**	-23.3**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 7	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 7	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

(펌프 번호 : 1125-2B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(℃)		RT _{NDT} (℃)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	29317 S/N 8	-56.6*	-62.2*	-56.6**	-62.2**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0085 S/N9	-56.6*	N/A	-17.7**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N15	-23.3*	-23.3*	-23.3**	-23.3**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 8	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 8	-45.5**	-45.5**	-45.5*	-45.5*

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-25 (4 중 3)

원자로냉각재펌프(모재의 파괴인성자료 2호기)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1125-1A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 CL1	28301 S/N 5	-80*	-80*	-80**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 CL1	05-0085 S/N 7	-70*	N/A	0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 CL1	28006 S/N 12	-20*	-20*	-20**	-20**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 CL1	26136 S/N 5	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 CL1	26139 S/N 5	-50**	-50**	-50*	-50*

(펌프 번호 : 1125-1B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 CL1	28303 S/N 6	-80*	-80*	-80**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 CL1	05-0085 S/N 10	-70*	N/A	0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 CL1	28006 S/N 13	-10*	-10*	-10**	-10**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 CL1	26136 S/N 6	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 CL1	26139 S/N 6	-50**	-50**	-50*	-50*

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-25 (4 중 4)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1125-2A)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-202-001	SA508 Gr.3 Cl.1	29136 S/N 7	-70*	-70*	-70**	-70**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0085 S/N8	-70*	N/A	0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N14	-10*	-10*	-10**	-10**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 7	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 7	-50**	-50**	-50*	-50*

(펌프 번호 : 1125-2B)

파트명	파트번호	재료사양	재료코드 번호	DROP WEIGHT NDT(°F)		RT _{NDT} (°F)	
				Coupon A	Coupon B	Coupon A	Coupon B
Casing	8118-203-001	SA508 Gr.3 Cl.1	29317 S/N 8	-70*	-80*	-70**	-80**
Bottom Flange	8000-500-001	SA508 Gr.3 Cl.1	05-0085 S/N9	-70*	N/A	0**	N/A
Clamping Ring	8120-100-012	SA508 Gr.3 Cl.1	28006 S/N15	-10*	-10*	-10**	-10**
Safe End - Suction	8118-202-004	SA508 Gr.3 Cl.1	26136 S/N 8	-50**	-50**	-50*	-50*
Safe End - Discharge	8118-202-005	SA508 Gr.3 Cl.1	26139 S/N 8	-50**	-50**	-50*	-50*

* Tangential

** Axial

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-26 (4 중 1)

원자로냉각재펌프(용접재의 파괴인성자료 1호기)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1124-1A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1124-1B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-26 (4 중 2)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1124-2A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1124-2B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-26 (4 중 3)

원자로냉각재펌프(용접재의 파괴인성자료 1호기)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1124-1A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1124-1B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-26 (4 중 4)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1124-2A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플럭스 사양	플럭스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1124-2B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플럭스 사양	플럭스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-27 (4 중 1)

원자로냉각재펌프(용접재의 파괴인성자료 1호기)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1125-1A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1125-1B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-27 (4 중 2)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1125-2A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1125-2B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (℃)	RT _{NDT} (℃)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-27 (4 중 3)

원자로냉각재펌프(용접제의 파괴인성자료 1호기)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1125-1A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1125-1B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-27 (4 중 4)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1125-2A)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

(펌프 번호 : 1125-2B)

용접심 번호	용접사양	용접재료 코드번호	플렉스 사양	플렉스 코드번호	WFC 시험 번호	T _{NDT} (°F)	RT _{NDT} (°F)
SUCTION NOZZLE - JOINT #3							
DISCHARGE NOZZLE - JOINT #4							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-28 (2 중 1)

원자로냉각재펌프(용접절차서 인증관련 파괴인성자료 1,2호기)

(국제 단위)

(펌프 번호 : 1124-1A부터 1125-2B까지)

SEAM NUMBER	WELD PROCEDURE QUALIFICATION NUMBER	MATERIAL		HAZ 1 T _{NDT} (℃)	HAZ 1 RT _{NDT} (℃)	WELD T _{NDT} (℃)	WELD RT _{NDT} (℃)	HAZ 2 T _{NDT} (℃)	HAZ 2 RT _{NDT} (℃)
		#1	#2						
3									
4									

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.2-28 (2 중 2)

원자로냉각재펌프(용접절차서 인증관련 파괴인성자료 1,2호기)

(영미 단위)

(펌프 번호 : 1124-1A부터 1125-2B까지)

SEAM NUMBER	WELD PROCEDURE QUALIFICATION NUMBER	MATERIAL		HAZ 1 T _{NDT} (°F)	HAZ 1 RT _{NDT} (°F)	WELD T _{NDT} (°F)	WELD RT _{NDT} (°F)	HAZ 2 T _{NDT} (°F)	HAZ 2 RT _{NDT} (°F)
		#1	#2						
3									
4									

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.3 원자로용기

5.3.1 원자로용기 재료

5.3.1.1 재료규격

원자로용기에 사용하는 주요 페라이트계 재료에 대해서는 5.2.3절에 기술되어 있다. 이들 재료는 KEPIC MN을 만족하고 있는 재료이다.

5.3.1.2 제작에 사용된 특수공정

원자로용기는 KEPIC MN에 따라 제작되는 것으로 용기의 건전성을 해치는 어떠한 특수 제작방법도 사용되지 않는다.

원자로용기는 용기에 용접된 반구형의 하부헤드와 분리가 가능한 반구형 상부헤드(closure head)로 구성되어 있는 수직형 원통용기이다. 원자로용기는 기본적으로 단조한 링과 반구형 헤드로 제작되어 이루어진다. 상부헤드, 용기플랜지 및 노즐은 단조품들이다. 냉각재와 접촉하는 내부표면은 오스테나이트 스테인레스강 혹은 인코넬합금으로 피복된다.

원자로용기는 기본적으로 용기플랜지, 세부분의 몸체(상부, 중간, 하부) 및 하부헤드로 구성된다. 용기플랜지는 노심지지배럴(core support barrel)을 지탱하기 위해 내면에 기계가공된 턱(ledge)을 가진 단조 링을 말한다. 이 노심지지배럴은 다시 원자로내부구조물 및 노심을 지지하게 된다. 플랜지에 구멍을 뚫고 탭을 내어 스터드를 끼울 수 있게 하고 기계 가공하여 원자로용기상부헤드 밀봉체(closure seal)를 위한 대면(mating surface)을 만든다. 세 몸체부위는 단조된 링이다. 하부헤드는 반구형 단조품이다. 이들 부위는 네 개의 입구노즐과 두 개의 출구노즐과 함께 용접으로 서로 접합하여 완전한 용기집합체를

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

형성하게 된다. 상부헤드는 원자로용기와 스테르드로 연결되므로 별도 제작한다. 상부헤드는 헤드플랜지와 돔으로 이루어져 있다. 헤드플랜지는 단조된 링이다. 헤드플랜지에는 용기플랜지 스테르드 구멍의 위치에 맞게 구멍을 뚫고, 플랜지의 하부면은 용기 상부헤드 밀봉체를 위한 대면을 만들기 위해 기계 가공한다. 돔은 반구형 단조재이다. 돔과 플랜지를 용접하여 상부헤드를 만들고 제어봉구동장치 노즐을 상부헤드에 용접하여 완전한 집합체를 만든다.

5.3.1.3 비파괴검사에 사용하는 특수공정

원자로용기 제작전, 후 및 중간에 KEPIC MN에 기초한 비파괴시험을 모든 용접부위와 단조재에 대해 수행한다. 보정방법, 계측장비, 민감도, 자료의 재현성, 허용기준을 포함하는 비파괴검사 요건은 KEPIC MN의 요건과 같다(표 5.2-1 참조). 시험장비의 보정과 같은 중요사항에는 엄격한 품질관리를 시행해야 한다.

압력유지부의 모든 완전용입(full penetration) 용접부위는 KEPIC MN의 기준에 따라 100% 방사선 검사를 실시한다. 용접준비 부위(weld preparation area), 백칩(back-chip) 부위 및 최종 용접표면은 자분 혹은 염료 침투탐상으로 검사한다. 원자로용기 및 상부헤드에 비철계 니켈-크롬-철 재료로 제작한 제어봉구동장치 하우징, 배기장치, 계측장비 하우징을 부착하는 부분용입(partial penetration) 용접과 같은 기타 압력유지 용접부는 액체 침투탐상법에 의한 검사를 시행한다. 이 검사는 육성물의 1.27 cm (1/2 in) 두께나 또는 두께 절반크기중 작은 경우의 루트패스 두께 간격에 대해, 그리고 최종표면에 대해 수행한다. 또한 모재의 용접준비부위는 니켈-크롬-철 용접 금속으로 오버레이 하기 전에 자분 탐상검사를 수행한다.

모든 단조재는 종파빔 기술을 이용하는 초음파시험으로 검사한다. 아울러, 링형 단조재(ring forgings)는 횡파기술을 이용하여 시험한다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

모든 중공재료(hollow material)에는 사각빔(angle beam), 반경방향주사법의 2차 초음파검사를 수행한다. 수직빔과 사각빔의 초음파시험은 ASME SA 388에 따라 수행한다. 이러한 시험기술을 통해 재료에 허용 불가한 결함이나 관측 가능한 균열 혹은 날카로운 선형 결함이 없음을 확인한다.

모든 압력유지 페라이트계 용접은 응력이완 작업후 자분탐상법에 의해 검사한다.

원자로용기의 모든 볼트재료는 제작공정중 초음파 및 자분탐상검사를 받는다. 볼트재료는 수직빔 반경방향주사법의 초음파검사를 받는다.

스터드는 나사 기계가공(threading) 전과 후에 자분탐상검사를 수행한다.

모든 용접후 열처리가 종료되면 원자로용기를 수압시험한다. 그리고 재료보수시의 용접면을 포함하여 접근 가능한 모든 페라이트계 용접면에 대해 KEPIC MN에 따라 자분탐상검사를 수행하고 KEPIC MI에 따라 초음파검사를 수행한다.

5.3.1.4 페라이트계 및 오스테나이트계 스테인레스강에 대한 특수관리

페라이트계 및 오스테나이트계 스테인레스강에 대한 특별관리는 다음과 같다.

가. 규제지침서 1.31 - “스테인레스강 용접 관리”는 5.2.3.4절에 기술되어 있다.

나. 규제지침서 1.34 - “일렉트로슬래그 용접에 대한 관리”는 5.2.3.3절에 기술되어 있다.

다. 규제지침서 1.43 - “저합금강 기기의 스테인레스강 용접 피복재 관리”는

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.2.3.3절에 기술되어 있다.

라. 규제지침서 1.44 - “예민화된 스테인레스강의 사용관리”는 5.2.3.4절에 기술되어 있다.

마. 규제지침서 1.50 - “저합금강 용접의 예열온도 관리”는 5.2.3.3절에 기술되어 있다.

바. 규제지침서 1.71 - “접근 제한 영역에서 용접사 자격”은 5.2.3.3절에 기술되어 있다.

사. 규제지침서 1.99 - “원자로용기 재료의 조사 취화”는 5.3.1.6.7절에 기술되어 있다.

5.3.1.5 파괴인성



원자로냉각재압력경계 기기에 대한 파괴인성 요건은 KEPIC MNZ 부록 G 무연성파괴의 방지에 따라 수립한다. 모재, 용접재료 및 열영향부위에 대한 파괴인성 시험은 상기 부록에 따라 수행한다. 이들 시험의 결과는 5.2절에 기술되어 있다.

노심대 단조재 및 용접금속에 대한 화학분석 결과는 신고리 1호기에 대하여 표 5.3-1 및 표 5.3-2에, 신고리 2호기는 표 5.3-3 및 표 5.3-4에 주어져 있다.

원자로용기의 운전수명 동안 적절한 파괴인성을 보장할 수 있도록 재료의 인성(원자로용기의 노심대 구역)에 대한 조사효과를 고려한다. 조사효과 예측 및 재료 감시시험계획은 5.3.1.6절에 기술되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

추가로 신고리 1,2호기 원자로용기 설계는 규제지침서 1.2 “압력용기에 대한 열충격”에 부합한다.

10 CFR 50 부록 G, IV.A항에 따라 원자로용기 노심대 재료는 KEPIC MNB 2320에 따른 비조사상태에서의 샤르피 V-노치 시험결과, 최대흡수에너지는 102 J (75 ft-lb) 이상이어야 한다.

5.3.1.6 원자로용기 재료 감시시험계획

신고리 1,2호기 원자로용기에 대한 감시시험계획은 중성자 조사(neutron irradiation)로 인한 기준무연성천이온도(RT_{NDT})의 변화와 원자로용기 재료의 기계적 성질의 변화를 평가하기 위하여 수행된다. 재료의 충격 및 기계적 성질의 변화를 중성자 조사 전과 조사 후 시험결과를 비교하여 평가하게 된다. 중성자 조사로 인한 원자로용기 재료의 특성변화를 알아내는 데 쓰이는 감시시편들을 담고 있는 감시시편함은 원자로용기의 중성자조사 조건과 될 수 있는 한 가장 가까운 조건에서 중성자 조사를 받도록 한다.

원자로용기 중성자 조사량 감시 및 평가를 위하여 감시시편함 이외의 추가적인 중성자 선량감시 프로그램을 운영하며, 세부 시험계획은 원자로용기 중성자 선량측정 및 주기적 감시계획에 따른다.

102

감시시험계획을 통한 원자로용기 노심대 재료의 인성변화를 감시하는 기준은 원자력안전위원회고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)의 규정을 따른다. 이 규정에 명시되지 않은 사항은 ASTM E 185-82 및 10 CFR 50, 부록 H를 준용한다. 원자력안전위원회고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)와 ASTM E185 중에서 불일치 사항이 발생할 경우 원자력안전위원회고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)가 우선한다.

48

48

5.3.1.6.1 시험재료의 선택

감시시험 재료는 원자로용기 노심대를 제작할 때 사용된 실제의 재료로부터 만든다. 시험재료는 완성된 원자로용기 재료를 대표할 수 있도록 동일한 제작과정을 따른다. 시편들은 세 가지의 금속학적으로 서로 다른 재료 즉, 모재, 용착금속, 그리고 용접열영향부

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

(HAZ) 재료로 만든다.

또한, ASTM A 533 Type B, Class 1의 규격에 따라서 제작된 망간-몰리브덴-니켈강이 표준참고재료(SRM : standard reference material)로서 시편 재료에 포함된다. 이 표준참고재료는 가동 중인 상업용 원자로와 실험용 원자로로부터 얻어진 중성자 조사자료들과의 비교자료로 활용할 수 있다. 이러한 비교용 시험 자료들을 분석하는 일은 필요시 수행한다.

102

모재의 시험재료는 원자로용기 노심대의 원통구조물 제작에 쓰이는 단조재(shell course forging)의 한 부분으로부터 얻는다. 단조물이 모재 시험재료로 선택될 때에는 초기인성치(기준무연성전이온도와 같은 기준온도(index temperature)로 나타나는 값)와 원자로 가동에 따른 인성치에 미치는 화학성분과 중성자 조사량의 예상효과가 고려된다. 일반적으로 수명말기의 조정된 지표온도(초기의 지표온도 + 중성자조사에 따른 지표온도의 증가)가 가장 높은 단조물을 모재의 시험재료로 선택한다.

용접부위의 시험재료는 원자로용기 노심대 부위에서 채취한 단조재들을 용접하여 만든다. 열영향부 시험재료는 모재 시험재료로 사용한 것과 동일한 단조재에서 채취하여 만든다. 용접금속의 시험재료는 원자로용기 노심대에 사용한 것과 동일한 히트의 용접심선(welding wire) 또는 용접봉 그리고 동일한 용재와 동일한 용접 조건하에서 제작된다.

각각의 재료, 즉, 모재 및 용접부에 대하여 추가로 2세트(set)의 시편을 만들 수 있는 대표소재(archive material)를 준비하고 고유의 분류번호를 부여하며 이에 대한 기록을 완벽하게 유지하였다.

5.3.1.6.2 시편

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.3.1.6.2.1 종류와 수량

낙중시험, 샤르피충격시험, 인장시험 및 파괴인성시험이 조사전 시험에 사용된다. 낙중시험은 ASTM E 208에 따라서 수행되고, 샤르피 충격시험은 한국산업규격 KS B 0809와 KS B 0810에 따라서 수행되며, 인장시험은 한국산업규격 KS B 0802와 KS D 0026에 따라서 수행된다. 기준무연성천이온도를 결정하기 위한 낙중시험과 샤르피 충격시험과의 상호연관은 KEPIC MNB 2300을 따른다. 중성자 조사후 시험에는 샤르피 충격시험, 인장시험 및 파괴인성시험을 사용한다.

이 감시시험계획에서 전체적인 요구사항을 만족시키기 위해 공급되는 시험의 수량은 표 5.3-5와 같다.

2개의 모재 단조물을 포함하는 감시시험 계획서에서 표 5.3-5에 나와 있는 시험의 총 수량은 2개의 단조물중에서 채취하여, 각 단조물에서 원자력안전위원회고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)의 요건을 만족하는 충분한 수량의 시험을 얻는다.

5.3.1.6.2.2 중성자 조사전 시험

표 5.3-6에는 중성자 조사전 원자로용기 재료의 특성을 결정하는데 필요한 시험의 종류와 갯수가 주어져 있다. 표 5.3-6에 제시된 시험의 종류와 갯수는 ASTM E 185에서 제시한 최소 시험갯수를 만족하며 중성자 조사전 재료의 정확한 물성치를 산출하는데 충분하다. 이 중성자 조사전 재료의 물성치는 원자로용기 재료의 중성자 조사로 인한 재료특성의 변화를 결정하기 위한 기초자료로 쓰인다.

5.3.1.6.2.3 중성자 조사후 시험

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

중성자 조사에 따른 재료의 정적 그리고 동적특성의 변화를 알아보는데 중성자 조사후 시편들이 사용된다. 표 5.3-7에는 원자로용기의 수명기간에 걸쳐 중성자가 조사된 원자로용기 재료의 특성을 알아내는 데 필요한 시편의 종류와 수량이 나와 있는데, 이는 교육과학기술부 고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)에서 명시한 최소 시편 수량을 만족한다. 원자로용기 내벽에 감시시편함을 부착하는 것은 참고문헌 1에 기술되어 있다.

5.3.1.6.3 감시시편함집합체(Surveillance Capsule Assembly)

감시시편들은 중성자가 조사되는 동안 일차냉각재로부터 보호받기 위해서 부식을 방지할 수 있는 용기인 감시시편함에 담겨 둔다. 이 시편함들은 원자로용기 내에서 시편들이 정해진 곳에 위치하도록 해주는 역할을 하며 시편들이 규정된 중성자 조사에 노출되었을 때 원하는 갯수 만큼의 시편을 용이하게 인출하도록 한다. 원자로용기 내벽에는 인출용 및 예비용을 포함하여 원자로 당 모두 6개의 감시시편함을 부착한다. 표 5.3-8에는 신고리 1,2호기의 각 감시시편함에 들어갈 시편의 종류와 갯수를 보였다.

그림 5.3-1에서 보여주고 있는 전형적인 감시시편함은 하나의 잠금장치(lock assembly)와 켜기형 이음쇠장치(wedge coupling assembly)에 의하여 일렬로 연결된 3개의 시편보관통(compartment assembly)으로 구성되어 있다. 각각의 시편보관통에는 감시시편들이 들어있고 최종 제작중에 $219.7 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ (3,125 psia)의 압력으로 외압시험을 수행한다. 켜기형 이음쇠장치는 시편보관통에 대한 양단 마감 역할을 함과 동시에 원자로압력용기 내벽에 부착된 시편함 고정대(surveillance capsule holder) 안에서 시편보관통이 제 위치를 잡도록 해준다. 잠금장치는 켜기형 이음쇠장치에 축방향의 힘을 가하여 시편함 고정대 안에서 시편함이 흔들리지 않도록 해준다. 즉, 고정대 측면에 대하여 켜기(wedge)에 작용하는 수평방향의 힘이 켜기들의 상대운동을 막아주는 역할을 한다. 또한, 잠금장치는 원자로용기에서 시편함을 꺼낼 때 사용되는 인출공구가 결합되는 곳이다.

또한 6개의 감시시편함들은 각각 9개의 중성자속 감시자(neutron flux monitor) 1세트, 5

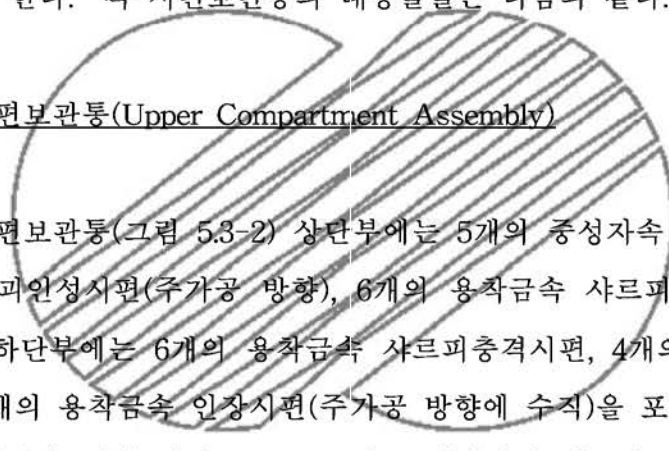
신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

개의 중성자속 감시자 3세트와 4개의 온도감시자(temperature monitor) 1세트씩을 내장하고 있다.

5.3.1.6.3.1 시편함집합체(Capsule Assembly)

각각의 감시시편함은 상부시편 보관통, 중간시편 보관통, 하부시편보관통으로 구성되며, 각 보관통들은 시편의 부식을 방지하기 위하여 헬륨기체로 밀봉한다. 시편들과 보관통사이에는 간격체(spacer)를 넣어 시편들과 원자로냉각재사이의 온도차이를 최소화 한다. 시편의 온도는 원자로용기 피복재(cladding)와 모재의 경계면에서의 온도와 $\pm 14^{\circ}\text{C}$ ($\pm 25^{\circ}\text{F}$) 내에서 유지되도록 한다. 각 시편보관통의 내용물들은 다음과 같다.

가. 상부 시편보관통(Upper Compartment Assembly)



상부 시편보관통(그림 5.3-2) 상단부에는 5개의 중성자속 감시자 1세트, 4개의 모재 파괴인성시편(주가공 방향), 6개의 용착금속 샤르피충격시편을 포함하고 있다. 하단부에는 6개의 용착금속 샤르피충격시편, 4개의 용착금속 파괴인성시편, 3개의 용착금속 인장시편(주가공 방향에 수직)을 포함하고 있다. 샤르피충격시편들은 길이 방향으로 1×3 열로 배치되어 있으며 노치는 노심을 향하도록 한다.

나. 중간 시편보관통(Center Compartment Assembly)

중간 시편보관통(그림 5.3-3) 상단부에는 12개의 모재 샤르피충격시편(주가공 방향에 수직), 9개의 중성자속 감시자 1세트, 4개의 온도 감시자 1세트를 포함하고 있다. 중간 시편보관통 하단부에는 3개의 모재 인장시편(주가공 방향에 수직), 4개의 모재 파괴인성시편(주가공 방향에 수직), 6개의 모재 샤르피충격시편(주가공 방향) 등이 들어 있다. 인장시편들은 보관통에 맞도록 기계가공

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

된 하우징(housing) 내에 위치한다. 시편의 표점거리 부분과 냉각수 사이의 온도차를 최소화시키기 위해서 시편의 표점거리 부분 둘레에 분리형 간격체를 넣었다.

다. 하부 시편보관통(Lower Compartment Assembly)

하부 시편보관통(그림 5.3-4) 상단부에는 3개의 모재인장시편(주가공 방향), 6개의 모재 샤르피충격시편(주가공 방향), 5개의 중성자속 감시자 1세트, 6개의 열영향부 샤르피충격시편을 포함한다. 하단부에는 6개의 열영향부 샤르피충격시편, 9개의 표준참고재료 샤르피충격시편, 5개의 중성자속 감시자 1세트가 포함된다.

5.3.1.6.4 중성자 조사와 조사온도

원자로용기 재료의 기준무연성천이온도의 변화는 여러가지의 서로 다른 중성자 에너지 스펙트럼과 중성자 조사량으로 조사된 시편들로부터 얻는다. 원자로용기의 기준무연성천이온도를 정확하게 예측하기 위해서는 시편함에 담긴 시편들의 중성자속, 중성자에너지 스펙트럼과 조사온도에 대한 완전한 정보가 있어야 한다.

5.3.1.6.4.1 중성자속의 측정

고속 중성자속은 6개의 감시시편함에 들어 있는 문턱감지기(threshold detector)로 측정된다. 이 감지기들의 유효 문턱에너지가 고려하는 범위(0.5 MeV에서 15 MeV 사이) 안에 있으므로 의도하고 있는 용도에 매우 적절하다.

표 5.3-9에 주어진 고속 중성자속 문턱감지기들과 열중성자 감지기들은 시편에 조사되는 열중성자와 고속 중성자 스펙트럼들을 감시하는데 사용한다. 이 감지기는 적절히 긴 반감기와 요구되는 중성자 에너지 범위를 포함하는 방사화 단면적(activation cross section)

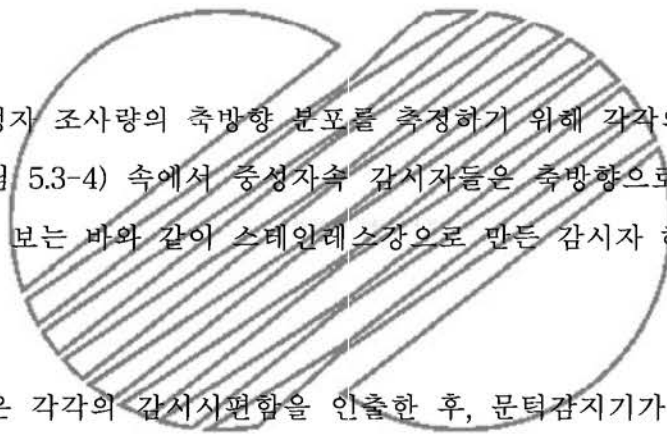
신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

을 갖고 있다.

각각의 시편함에는 중성자속 감시자들이 4세트씩 들어 있다. 각각의 감지기는 감지기로 사용된 물질을 구분하여 확인하고 다루기가 용이하도록 튜브 속에 들어 있다. 중성자를 흡수하는 성질이 강한 물질들 즉, 우라늄, 니켈, 구리 및 코발트 등은 카드뮴으로 차폐된다.

카드뮴 차폐체는 양단마개가 있는 작은 튜브로 제작되는데, 카드뮴 차폐가 요구되는 감지기를 용접이 높은 바나듐 튜브에 먼저 삽입하고 밀봉한 다음 바나듐 튜브를 다시 카드뮴 차폐체 내에 위치하도록 하여 카드뮴 차폐체와 감지기간 용착을 원천적으로 방지할 수 있도록 하였다.

시편들이 받는 중성자 조사량의 축방향 분포를 측정하기 위해 각각의 시편함(그림 5.3-2, 그림 5.3-3 및 그림 5.3-4) 속에서 중성자속 감시자들은 축방향으로 4곳에 위치하게 되며, 그림 5.3-3에서 보는 바와 같이 스테인레스강으로 만든 감시자 하우징의 구멍에 들어 있다.



중성자 조사를 받은 각각의 감시시편함을 인출한 후, 문턱감지기가 들어 있는 중성자속 감시자를 분해한 다음, 문턱감지기의 방사능을 측정한다. 그리고, 중성자 조사량과 스펙트럼을 알아보기 위해서 측정된 값을 분석한다. 시험과 계산방법의 일관성을 유지하고, 방사능의 측정 및 문턱감지기 해석결과의 정확도를 보장하기 위해 ASTM E 1005, “원자로용기 감시를 위한 방사선 모니터의 적용과 해석에 대한 표준 방법(Standard Method for Application and Analysis of Radiometric Monitors for Reactor Vessel Surveillance)”을 적용한다.

ASTM E 1005에는 다음과 같은 내용이 정의되고 기술되어 있다.

1. 측정 및 해석기법

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

2. 문턱감지기 방사능의 측정에 사용되는 시험장비
3. 시험장치의 준비
4. 시험장치의 교정과 표준화
5. 계수절차
6. 계산기법

중성자 조사량과 중성자속 스펙트럼의 방사선량 측정치 해석에는 승인된 표준화 방법을 사용한다.

이러한 감지기 외에도 이 시험계획에서는 원자로용기 재료로 만든 시편과 함께 조사되는 비교용 표준시편들(ASTM A 533 Type B, Class 1, 망간-몰리브덴-니켈강의 기준열처리 재료로 만든 샤르피충격시편들)을 포함하고 있다. 표준참고재료의 충격특성 변화를 통해서 주어진 감시시험계획에서의 조사량 측정에 대해 상호 확인한다. 또한, 충격특성 변화량을 통해서 본 감시시험계획에서 얻은 결과와 동일한 표준참고재료 시편들을 사용한 다른 원자로 감시시험계획 또는 중성자 조사실험으로부터 얻은 결과와의 상관관계에 대한 자료를 얻게 된다.

5.3.1.6.4.2 온도의 평가

중성자에 조사된 시편의 기계적인 성질과 충격 특성이 조사온도에 따라서 변하기 때문에 압력용기는 물론 시편의 온도를 알 필요가 있다. 감시시편함에 저온용융 합금 또는 순수 금속으로 만든 작은 금속편을 넣음으로써 조사된 시편의 최고온도를 비교적 정확하게 평가할 수 있다. 원자로의 운전온도 범위에 적합한 이들 금속들의 조성성분 및 용융점을 표 5.3-10에 보였다. 온도 감시자들은 원자로용기의 운전온도를 추정할 수 있도록 선택된다.

온도 감시자는 밀봉된 수정 튜브 안에 들어있는 나선형 저온용융 합금선으로 되어 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

온도가 이 합금의 용융점에 도달하면 스테인레스강으로 만들어진 추의 무게로 합금선이 파손된다. 온도 추정을 위하여 여러 개의 서로 다른 용융점을 갖는 감시자 1세트가 사용되며, 각 온도 감시자의 합금 성분과 용융온도는 합금선이 들어있는 수정 튜브의 길이를 다르게 함으로써 구별된다.

각각의 감시시편함에는 온도 감시자가 1세트씩 들어가게 된다. 그림 5.3-3에서 보는 바와 같이 스테인레스강으로 제작된 온도 감시자 하우징의 드릴 구멍 속에 온도 감시자들이 들어 있다.

5.3.1.6.5 감시시편함의 위치 선정

감시시편들은 6개의 감시시편함에 들어가며, 감시시편함들의 원주방향 및 축방향 위치는 그림 5.3-5와 그림 5.3-6에 보여주고 있다. 신고리 1,2호기 각 감시시편함에 들어가는 시편들이 표 5.3-8에 요약되어 있다.

감시시편함에 들어 있는 시편들은 원자로용기 재료의 중성자 조사에 의한 특성변화를 감시하는데 사용한다. 그러므로 시편의 조사환경이 가능한 한 원자로용기의 중성자 조사환경(중성자 조사량, 중성자속 스펙트럼, 온도)과 동일해야 하기 때문에 원자로용기 내벽 가까이 위치한다. 시편이 받는 중성자 조사량은 시편에 인접한 원자로용기벽이 받는 최대중성자조사량 보다 약 1.5배 정도가 많을 것으로 예상된다. 따라서, 감시재료의 특성변화를 측정해보면 원자로용기 노심대의 재료가 실제로는 어느 정도 변할지 예상할 수 있다.

시편함 고정대는 노심을 중심으로 하는 원주상에서 중성자속이 가장 큰 곳에 위치한다. 그림 5.3-5에는 감시시편함들의 전형적인 위치를 보이고 있다.

최종 원자로 조립기간 중에 모든 감시시편함들은 각각 정해진 시편함 고정대 안으로 삽

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

입된다.

5.3.1.6.6 인출시기

시편함 고정대 안에 들어 있는 감시시편함은 미리 정해진 시기까지 중성자 조사 후 인출하여 감시재료를 평가한다. 시편함의 인출시기는 원자력안전위원회고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)의 규정을 따르며, 조사된 시편으로부터 유용한 정보를 얻을 수 있는 시점에 인출한다. 시편함을 인출하는 시기에 대한 계획이 표 5.3-11에 나와 있다.

이 인출시기는 인출계획에 가장 가까운 시기의 재장전 보수정지나 가동정지 시기에 맞도록 조정할 수 있다. 또한, 예비용으로 설치되는 3개의 감시시편함들은 원자로용기의 풀림처리(annealing)나 주요 노심변경의 영향 등을 감시할 필요가 있을 경우, 혹은 노심대에서의 결함을 평가하기 위한 추가 자료를 얻는데 사용할 수 있다.

5.3.1.6.7 중성자 조사 영향 예측의 근거

중성자 조사로 인한 기준무연성천이온도의 변화와 최대흡수에너지(upper shelf energy)의 감소는 규제지침서 1.99, 개정 2, "원자로용기의 중성자 조사 취화"에 따라서 예측한다. 예측된 기준무연성천이온도와 최대흡수에너지의 변화량은 감시재료를 선택할 때 이용되고(5.3.1.6.1절 참조), 또한 발전소의 초기 운전한계곡선을 만드는데 쓰인다. 원자로용기 재료감시시험에 따라 중성자 조사후 측정된 실제 데이터는 발전소 운전한계곡선을 조정하는데 사용된다.

5.3.1.7 원자로용기 체결장치

원자로용기상부헤드의 스테드재료는 SA 540 B24, Class 3 재료로 제작한다. 이 재료들은 10 CFR 50, 부록 G 및 규제지침서 1.65, "원자로용기상부헤드 스테드의 재질 및 검사

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

"의 요건을 만족한다.

스터드의 나사산, 너트 및 와샤에 망간-인산염 코팅을 함으로써 굽힘저항성(antigalling) 및 부식저항성을 개선한다. 아울러, 기기 설치시 승인된 고순도 윤활제를 나사산 및 베어링 표면에 도포하여 굽힘저항성을 한층 더 높인다. 현재까지의 실험실 시험 및 현장시험에서 인산염 코팅 혹은 윤활제로 인한 유해한 파손의 증거는 관측되지 않았다.

원자로용기 헤드 볼트의 파괴인성 및 인장시험 결과는 신고리 1호기 경우 표 5.3-12, 신고리 2호기는 표 5.3-13에 기술되었다. 원자로냉각재 압력경계에 사용되는 체결장치의 파괴인성 및 인장시험 결과는 신고리 1호기 경우 표 5.3-14, 2호기는 표 5.3-15에 기술되었다.

5.3.2 압력-온도 한계

원자로냉각재계통의 모든 기기들은 계통의 온도와 압력변화에 의한 반복하중의 영향을 견딜 수 있도록 설계한다. 이러한 반복하중들은 정상하중 과도조건, 원자로 정지, 기동과 정지운전에 의해 발생한다.

기동과 정지시 온도와 압력 변화율은 제한되어 있다. 가열과 냉각시의 설계 사이클 수는 55.6°C/hr (100°F/hr)의 온도변화율에 기초를 두고 있다.

임의의 온도에서 원자로냉각재계통의 최대 허용압력은 무연성파괴를 고려한 응력한계에 기초를 둔다. 이러한 한계는 KEPIC MNZ, 부록 G와 10 CFR 50, 부록 G에 따라서 결정된다. 10 CFR 50, 부록 H 기준과의 적합성은 5.3.1.6절에서 기술한다.

5.3.2.1 한계곡선

가압한계는 KEPIC MN에서 요구하는 바와 같이 원자로냉각재 압력경계재료에 대한 재

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표시시험 데이터를 사용하여 결정한다. 원자로용기 노심대 재료에 대한 초기 기준무연성천이온도(RT_{NDT})로는 -17.8°C (0°F)를 사용하며 그 외의 원자로냉각재계통 기기재료에 대한 최대 기준무연성천이온도로는 4.4°C (40°F)를 사용한다.

고속중성자조사의 영향으로 원자로용기 원통부 영역의 기준무연성천이온도는 운전년수에 따라 상승하게 된다. 원자로용기의 고속($E \geq 1 \text{ MeV}$) 중성자속을 실험적, 해석적으로 예측하는 기술은 5.3.1.4절과 5.3.1.6절에 기술되어 있다.

감시시편에 의해 측정된 기준무연성천이온도의 변화는 발전소 사용수명중 원자로용기 재료의 변화량 계산에 사용된다.

원자로용기의 최대 고속중성자조사량은 측정된 감시시편의 조사량에 계산된 중성자속 분포를 적용하여 구할 수 있다. 실제의 기준무연성천이온도 변화량은 5.3.1.6절과 그림 5.3-5 및 그림 5.3-6에서 보인 바와 같이 원자로용기 내벽근처에서 누적 조사되는 재료감시시편을 발전소 운전기간동안에 주기적으로 시험하여 결정한다. 중성자조사에 의한 기준무연성천이온도의 상승을 고려하여 압력-온도 한계곡선이 가열 및 냉각 동안 응력한계 내에 있도록 주기적으로 재설정한다.

원자로냉각재계통의 정상 가열 및 냉각운전에 대해서 10 CFR 50, 부록 G에 따라 결정된 예상 압력-온도한계곡선이 운영기술지침서에 나와 있다.

한계곡선은 다음과 같은 근거에 따라 작성한다.

가. 가열 및 냉각곡선(KEPIC MNZ, 부록 G-2215)

K_{MR} : 기준무연성천이온도에 대한 상대온도에서 허용 응력확대계수

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

(KEPIC MNZ, 그림 G-2210)

K_{lm} : 막응력(압력)에 따른 응력확대계수이며 2는 압력에 대한 안전계수

K_{It} : 반경방향의 열구배에 따른 응력확대계수

상기 식은 원자로용기 노심대에 적용된다.

발전소 가열의 경우에 원자로용기 노심대 내벽에서의 열응력은 압력에 의한 응력과 부호가 반대이므로 서로 상쇄되는 경향이 있다. 그러나, 노심대 외벽에서는 이러한 응력들의 부호가 동일하여 서로 더해지게 된다. 이러한 용기 벽 두께에 따른 응력변화와 원자로용기 내벽에서의 높은 중성자조사량(즉, 기준무연성천이온도 변화)을 고려할 때 원자로용기 외벽과 내벽 표면 양쪽의 균열에 대한 해석을 필요로 한다.

따라서 보수성을 위해 다음과 같은 부위에 대해 해석한다.

- 1) $t/4$ 크기의 균열을 가진 노심대 내벽에서의 등온가열($K_{It}=0$) 과도조건
- 2) $t/4$ 크기의 균열을 가진 노심대 외벽에서의 정상가열 과도조건

발전소 냉각의 경우에 열응력과 압력에 의한 응력은 더해진다. 설계냉각률은 55.6°C/hr (100°F/hr)가 사용된다.



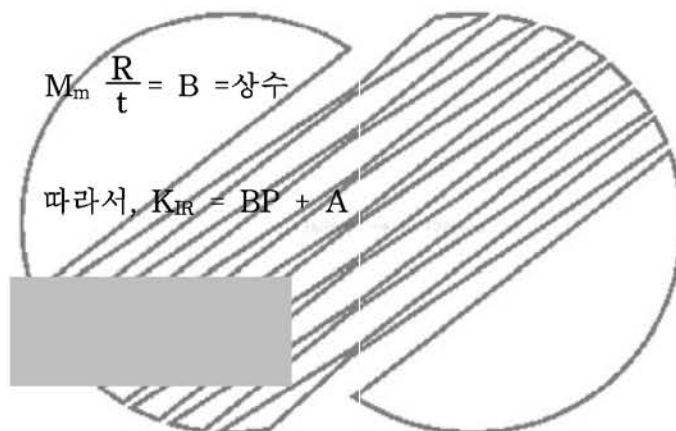
K_{lm} : 막응력(압력)에 의한 응력확대계수

M_m : KEPIC MNZ, 그림 G-2214-1

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

- P : 압력, psig
 R : 압력용기 반경, in
 t : 원자로용기벽 두께, in
 $K_{It} = M_t \times T_w$
 M_t : KEPIC MNZ, 그림 G-2214-2
 T_w : 냉각말기에 발생하는 두께에 따른 최대 온도차이

K_{It} 는 최대 열구배에서 계산되며, 노심대 내벽에서 냉각시 $K_{It}=A$ =상수, 가열시 $K_{It}=A=0$ 을 고려한다.



K_{IR} 은 KEPIC MNZ, 그림 G-2210과 같이 온도의 함수로 변하는 값이며 상수 A, B가 정해지면, 허용압력이 계산된다. 압력-온도곡선을 작성시 계측오차가 고려된다. 노심이 임계일 경우에 10 CFR 50, 부록 G의 규정에 따라 곡선에 22.2℃ (40°F)가 추가된다.

신고리 1,2호기의 경우 SA 508 Grade 3 Class 1 재질로 제작되는 원자로용기는 운전수명동안 계통의 건전성을 유지하도록 설계된다. 원자로용기 노심대 재질의 파괴인성치 및 잔류 화학성분들은 정상운전 혹은 가상사고 상태에서 무연성파괴에 대해 충분한 여유를 확보하도록 설정된다. 원자로용기의 압력-온도 운전한계는 원자로용기 노심대 재질의 인성치에 대한 중성자조사

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

의 영향에 따라 조정된다.

신고리 1,2호기의 원자로용기 노심대 재질의 기준온도를 예측하는 방법은 규제지침서 1.99, 개정 2를 따른다. 신고리 1,2호기의 감시시험은 발전소 운전 변수의 조정이나 검정을 위해 신뢰성있는 감시데이터를 얻을 수 있도록 계획된다. 또한 원자로용기 노심대 재질은 수명말기 원자로용기 내벽에서 1/4두께 위치에서의 조사 후 기준무연성천이온도를 93.3°C (200°F)로 제한하도록 설계된다.

나. 계통수압시험

수압시험 곡선은 위와 동일한 방법으로 작성하나 안전계수로 2 대신 KEPIC MN이 허용하는 1.5를 사용한다.

다. 최저운전온도

원자로용기 노심대를 제외한 모든 재질에 대한 최대 기준무연성천이온도는 4.4°C (40°F) 이다. KEPIC MNB 2332(2)에서는 배관이나, 펌프, 밸브에 대한 최저 운전온도로 기준무연성천이온도 + 55.6°C (100°F)를 요구하고 있다. 이 온도 이하에서는 수압시험 압력의 20%를 초과할 수 없다.

라. 정지냉각에 대한 최대압력

이 압력은 정지냉각계통의 설계압력, 저압안전주입펌프의 차단수두, 가압기로부터 저압안전주입펌프까지의 위치수두, 계기오차와 연동오차, 그리고 정지냉각계통의 설계온도를 고려하여 설정된다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

40년 수명에 대한 압력-온도한계곡선을 예측하여 작성한다. 발전소 수명 동안 감시시편함(5.3.3.7절 참조)은 시험을 위해 원자로용기로부터 인출한다. 실험 자료는 운영기술지침서의 예측한계곡선 작성을 위해 사용된 자료와 비교된다. 만약 이 결과가 예측과 다르면 곡선은 실제자료를 반영하여 재작성 한다.

5.3.2.2 운전절차

압력-온도한계와 상세한 정보는 운영기술지침서에 기술되어 있다. 압력-온도한계곡선은 KEPIC MNZ, 부록 G에 따라 작성되었다.

제시된 한계이내로 원자로냉각재계통의 압력과 온도를 유지한다는 것은 원자로냉각재 압력경계의 건전성이 유지되고 있음을 보증한다.

5.3.3 원자로용기 건전성

원자로용기에는 균일한 성질과 일정한 거동을 나타내는 특성이 잘 규명된 강을 사용하므로 그 건전성이 보장된다. 이들 재료의 특성 규명은 제작전의 재료성질로부터 중성자 조사상태인 운전하에서의 재료성질까지 산업체 및 정부기관의 연구를 통하여 수행되었다. 또한, 가동중검사 및 재료 감시시험계획을 용기의 운전수명중에 수행하여 용기의 건전성 유지를 한층 더 확실하게 보장한다.

5.3.3.1 설계

표 5.2-1에 적용 설계코드를 기술하였다. 또한, 그림 5.3-7에는 원자로용기의 개략도를 나타내었다. 설계에 대한 기타 정보는 5.3.1.2절에 기술되어 있다.

설계는 모든 해당 검사를 수행할 수 있고, 가동중검사를 수행해야 하는 영역으로의 접근

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

이 방해받지 않도록 되어 있다.

5.3.3.2 구조재료

표 5.2-2에 원자로용기의 구조재료로 사용되는 재료를 기술하였으며 이들 재료는 KEPIC MN을 만족하고 있다.

5.3.3.3 제작방법

원자로용기의 제작은 5.3.1.2절에 기술되어 있다. 원자로용기의 제작공정은 KEPIC MN 및 MQ를 따르고 있다.

5.3.3.4 검사요건

KEPIC MN의 검사와 관련한 요건은 5.3.1.3절에 기술되어 있다.

5.3.3.5 운송 및 설치

원자로용기의 포장 및 운송은 규제지침서 1.38의 요건에 따른다. 제작단계에서의 규제지침서 1.37 및 1.39 만족여부는 부록 1A에 기술되어 있다.

원자로용기는 설치시에 사용할 운송스키드(shipping skid)에 놓인 채로 바지선으로 현장까지 옮겨질 수 있도록 준비한다. 용기의 모든 개구부를 덮개로 막아 보호한다(여기에는 용기 상부도 포함된다). 상부헤드는 별도의 스키드와 커버를 이용하여 운송한다. 용기 표면 및 커버에는 차후 제거 가능한 코팅을 분무하여 운송 및 설치시의 부식을 방지한다. 임시 보호코팅은 연결 파이프를 용접하거나 단열재를 설치하기 전에 벗겨서 제거한다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.3.3.6 운전조건

설계 과도조건 및 운전조건에 대한 정보는 각각 3.9절 및 4.4절에 기술되어 있다.

5.3.3.7 가동중 감시

원자로용기 감시시험계획은 5.3.1.6절에 상세히 기술되어 있다. 이 계획은 원자력안전위원회고시(원자로압력용기 감시시험 기준 고시)와 10 CFR 50, 부록 H의 규정을 기초로 하여 작성된다. 중성자 조사후 자료를 확인하는데 필요한 표준참고재와 인장시편, 샤르피충격시편, 그리고 조사 전 및 후 파괴인성치를 얻는데 필요한 파괴인성시편이 이 감시시험계획에 포함되어 있다. 원자로용기 노심대의 재료로 중성자 조사에 강한 재료를 사용하고, 동시에 이 감시시험계획을 수행함으로써 원자로용기의 강도와 파괴인성의 관점에서 그 건전성을 최대한으로 보장할 수 있다.

48

5.3.3.8 가압열충격

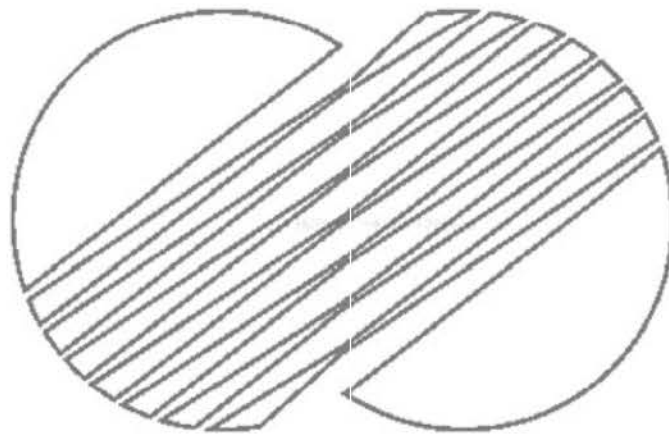
원자로용기는 10 CFR 50.61, "Fracture Toughness Requirements for Protection Against Pressurized Thermal Shock Events"을 만족한다. 원자로용기 수명말기에서의 RT_{PTS} 계산값은 노심대 재료의 경우 14.9°C (58.8°F)로서 10 CFR 50.61 (b)(2)의 선별기준 132.2°C (270°F)를 만족한다. RT_{PTS} 는 다음과 같이 계산된다.

가. 원자로 노심대 재료의 최대 초기 RT_{NDT} 값은 -17.8°C (0°F) 이다.

나. 노심대의 원자로용기 내벽에서의 수명말기 최대 누적 중성자조사량은 $7.26 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$ 이다. 한편, 노심대 재료의 구리조성은 0.03 wt %, 니켈조성은 0.75 wt% 이다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

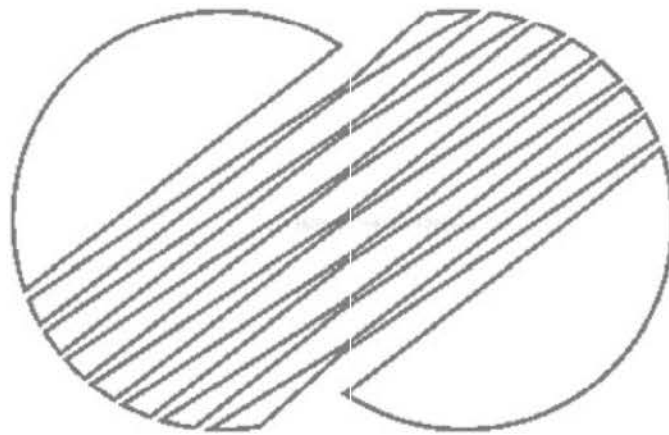
다. 위의 값으로부터 구한 무연성천이온도의 변화량(ΔRT_{PTS})는 14.4°C (29.4°F)가 되며, 따라서 RT_{PTS} 는 14.9°C (58.8°F)가 된다.



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

5.3.4 참고문헌

1. "C-E Procedure for Design, Fabrication, Installation and Inspection of Surveillance Specimen Holder Assemblies," Combustion Engineering Topical Report, CENPD-155-P-A, November 1985.





























































































신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-1

신고리 1호기 원자로용기 노심대 단조재 화학분석

1호기

SHELL ELEMENT	INTERMEDIATE SHELL (W%)			LOWER SHELL (W%)			REMARKS
	HEAT (w/o)		PRODUCT (w/o)	HEAT NO.(w/o)		PRODUCT (w/o)	
	2C11329	2B11330		2B22957	2C22958		
C							
Si							
Mn							
P							
S							
Ni							
Cr							
Mo							
V							
Al							
Cu							
Sb							
As							
Sn							
Nb							

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-2

신고리 1호기 원자로용기 노심대 용접분석(육성상태) 화학분석

1호기

WELDING MAT'L (HEAT NO.) ELEMENT	WELDING WIRE SFA-5.23 EA3N (HEAT NO. : EZ302769727)	FLUX SFA-5.23 F8P0-EA3N-A3N (LOT NO.: 3HGY610)	REMARKS
	AS - DEPOSITED (w/o)		
C			
Si			
Mn			
P			
S			
Cu			
Ni			
Cr			
Mo			
V			
Al			
Ti			
Zr			
Nb(Cb+Ti)			
Fe			
Pb			
Sn			
As			
W			
B			
N			

Note : SAME HEAT/LOT NUMBER OF WELDING MATERIAL WERE USED FOR SKN 1 AND 2 LOWER SHELL TO INTERMEDIATE SHELL GIRTH SEAM-WELD JOINTS.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-3

신고리 2호기 원자로용기 노심대 단조재 화학분석

2호기

SHELL ELEMENT	INTERMEDIATE SHELL (W%)			LOWER SHELL (W%)			REMARKS
	HEAT No. (w/o)		PRODUCT (w/o)	HEAT No. (w/o)		PRODUCT (w/o)	
	2C22923	2B22924		2B33695	2C33696		
C	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Si	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Mn	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
P	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
S	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Ni	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Cr	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Mo	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
V	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Al	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Cu	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Sb	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
As	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Sn	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
Nb	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-4

신고리 2호기 원자로용기 노심대 용접분석(육성상태) 화학분석

2호기

ELEMENT	WELDING MAT'L (HEAT NO.)	WELDING WIRE SFA-5.23 EA3N (HEAT NO. : EZ302769727)	FLUX SFA-5.23 F8P0-EA3N-A3N (LOT NO.: 3HGY610)	REMARKS
	AS - DEPOSITED (w/o)			
C				
Si				
Mn				
P				
S				
Cu				
Ni				
Cr				
Mo				
V				
Al				
Ti				
Zr				
Nb				
Fe				
Pb				
Sn				
As				
W				
B				
N				

Note : SAME HEAT/LOT NUMBER OF WELDING MATERIAL WERE USED FOR SKN 1 AND 2 LOWER SHELL TO INTERMEDIATE SHELL GIRTH SEAM-WELD JOINTS.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-5

중성자 조사전 및 조사후의 시편 총 수량 및 종류

시편의 종류	방향 ¹⁾	수량				
		모재	용착금속	열영향부	표준참고재료 ³⁾	합계
낙중시편	가로	12	12	12	-	36
샤르피충격	세로	96	-	-	69	165
시편	가로	96	96	96	-	288
예균열샤르피 시편 ²⁾	세로	12	-	-	-	12
	가로	12	12	-	-	24
파괴인성 시편	1T CT 세로	4	-	-	-	4
	1/2T CT 세로	28	-	-	-	28
	1T CT 가로	8	8	-	-	16
	1/2T CT 가로	28	28	-	-	56
인장시편	세로	30	-	-	-	30
	가로	30	30	-	-	60
합계		356	186	108	69	719

- 1) 가로 : 주축(major axis)이 주가공방향(principal working direction)에 수직
 세로 : 주축(major axis)이 주가공방향(principal working direction)에 평행
 2) 예균열샤르피시편 : Precracked Charpy Specimen
 3) 표준참고재료 : Standard Reference Material(SRM)

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-6

중성자 조사전 시험을 위한 시편의 종류와 수량

시편의 종류	방향	수량			
		모재	용착금속	열영향부	표준참고재료
낙중시편	가로	12	12	12	-
샤르피충격 시편	세로	24	-	-	15
	가로	24	24	24	-
예균열샤르피 시편	세로	12	-	-	-
	가로	12	12	-	-
파괴인성 시편	1T CT 세로	4	-	-	-
	1/2T CT 세로	4	-	-	-
	1T CT 가로	8	8	-	-
	1/2T CT 가로	4	4	-	-
인장시편	세로	12	-	-	-
	가로	12	12	-	-
합계		128	72	36	15

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-7

중성자 조사후 시험을 위한 시편의 종류와 수량

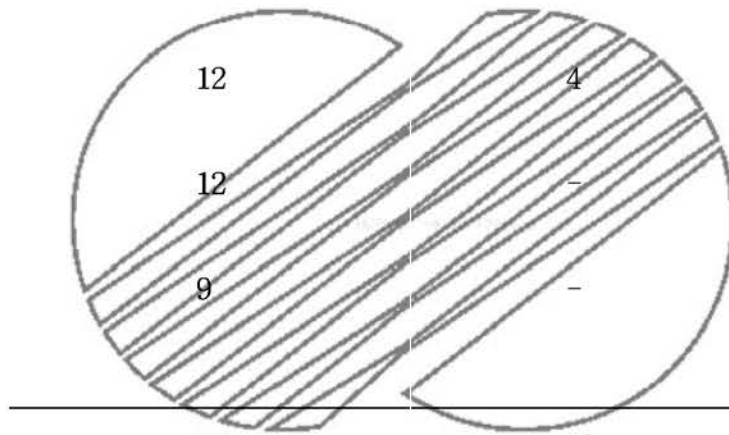
시편의 종류	방향	수량				
		모재	용착금속	열영향부	표준참고재료	합계
샤르피충격	세로	72	-	-	54	126
시편	가로	72	72	72	-	216
파괴인성	1/2T CT 세로	24	-	-	-	24
	1/2T CT 가로	24	24	-	-	48
인장시편	세로	18	-	-	-	18
	가로	18	18	-	-	36
합계		228	114	72	54	468

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-8

시험편 집합체당 시험편의 종류 및 수량

금속재료	샤르피충격시험편	1/2T CT 파괴인성시험편	인장시험편
모재(세로)	12	4	3
모재(가로)	12	4	3
용착금속	12	4	3
열영향부	12	-	-
표준 참고재료	9	-	-
합계	57	12	9



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-9

중성자 문턱 감지기에 사용되는 재료

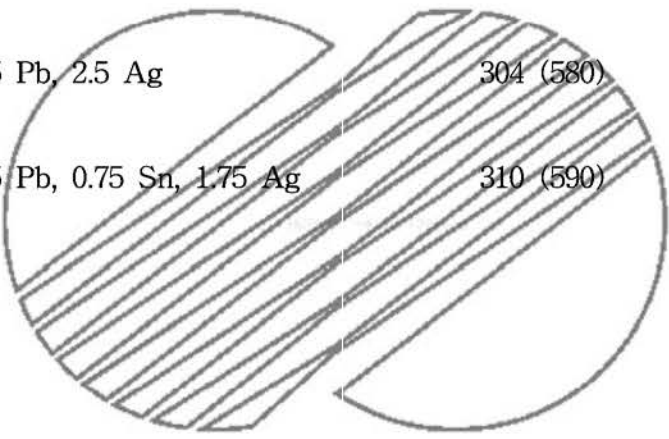
재료	반응식	문턱에너지(MeV)	반감기
니오븀	$\text{Nb}^{93}(\text{n}, \text{n}')\text{Nb}^{93\text{m}}$	0.03	16.4년
우라늄	$\text{U}^{238}(\text{n}, \text{f})\text{Cs}^{137}$	0.7	30.2년
철	$\text{Fe}^{54}(\text{n}, \text{p})\text{Mn}^{54}$	4.0	313일
니켈	$\text{Ni}^{58}(\text{n}, \text{p})\text{Co}^{58}$	5.0	71일
구리	$\text{Cu}^{63}(\text{n}, \alpha)\text{Co}^{60}$	7.0	5.3년
티타늄	$\text{Ti}^{46}(\text{n}, \text{p})\text{Sc}^{46}$	8.0	84일
코발트	$\text{Co}^{59}(\text{n}, \gamma)\text{Co}^{60}$	열에너지	5.3년

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-10

온도 감시자용 재료의 성분과 용융점

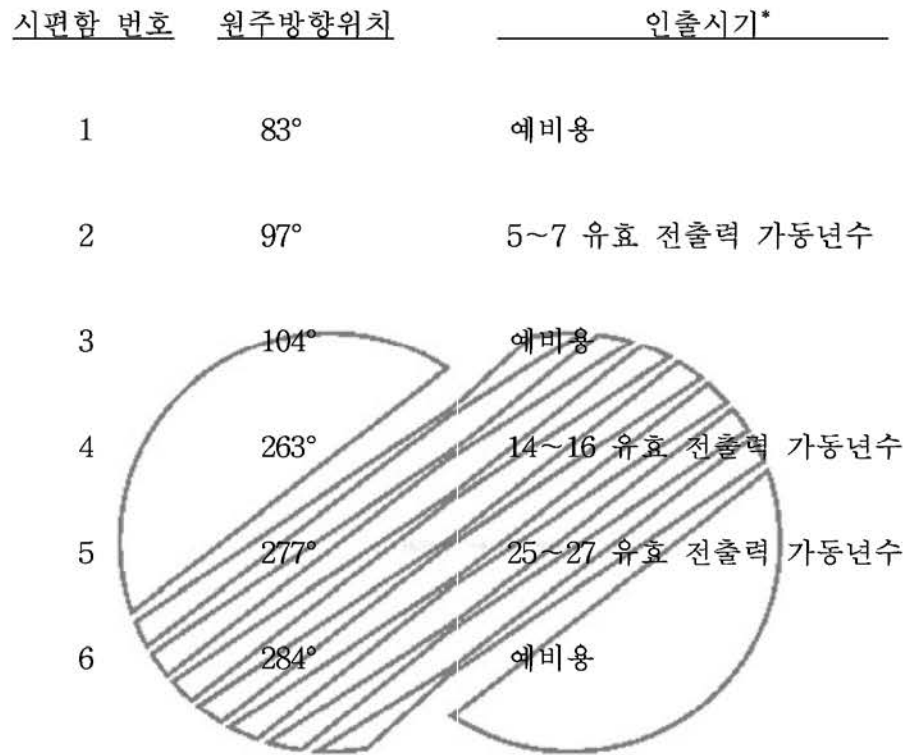
재료 성분 (wt %)	용융점 ℃ (°F)
80 Au, 20 Sn	280 (536)
90 Pb, 5 Sn, 5 Ag	292 (558)
97.5 Pb, 2.5 Ag	304 (580)
97.5 Pb, 0.75 Sn, 1.75 Ag	310 (590)



신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-11

감시시편함 인출계획



* 인출시기는 인출계획에 가장 가까운 시기의 재장전 보수정지나 발전소 가동정지 일정
에 맞도록 조정될 수 있다.

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 1)

신고리 1호기 원자로용기 체결장치(파괴인성)
(국제 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	형팽창 (mm)	비고
1	79-101-01					
2	79-101-02					
3	79-101-03					
4	79-101-04					
5	79-101-05					
6	79-101-06					
7	79-101-07					
8	79-101-08					
9	79-101-09					
10	79-101-10					
11	79-101-11					
12	79-101-12					
13	79-101-13					
14	79-101-14					
15	79-101-15					
16	79-101-16					
17	79-101-17					
18	79-101-18					
19	79-101-19					
20	79-101-20					
21	79-101-22					
22	79-101-22					
23	79-101-23					
24	79-101-24					
25	79-101-25					
26	79-101-26					
27	79-101-27					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 2)

(국제 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	형팽창 (mm)	비고
28	79-101-28					
29	79-101-29					
30	79-101-30					
31	79-101-31					
32	79-101-32					
33	79-101-33					
34	79-101-34					
35	79-101-35					
36	79-101-36					
37	79-101-37					
38	79-101-38					
39	79-101-39					
40	79-101-40					
41	79-101-41					
42	79-101-42					
43	79-101-43					
44	79-101-44					
45	79-101-45					
46	79-101-46					
47	79-101-47					
48	79-101-48					
49	79-101-49					
50	79-101-50					
51	79-101-51					
52	79-101-52					
53	79-101-53					
54	79-101-54					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 3)

(국제 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	형팽창 (mm)	비고
1	79-201-01					
2	79-201-02					
3	79-201-03					
4	79-201-04					
5	79-201-05					
6	79-201-06					
7	79-201-07					
8	79-201-08					
9	79-201-09					
10	79-201-10					
11	79-201-11					
12	79-201-12					
13	79-201-13					
14	79-201-14					
15	79-201-15					
16	79-201-16					
17	79-201-17					
18	79-201-18					
19	79-201-19					
20	79-201-20					
21	79-201-22					
22	79-201-22					
23	79-201-23					
24	79-201-24					
25	79-201-25					
26	79-201-26					
27	79-201-27					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 4)

(국제 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	횡팽창 (mm)	비고
28	79-201-28					
29	79-201-29					
30	79-201-30					
31	79-201-31					
32	79-201-32					
33	79-201-33					
34	79-201-34					
35	79-201-35					
36	79-201-36					
37	79-201-37					
38	79-201-38					
39	79-201-39					
40	79-201-40					
41	79-201-41					
42	79-201-42					
43	79-201-43					
44	79-201-44					
45	79-201-45					
46	79-201-46					
47	79-201-47					
48	79-201-48					
49	79-201-49					
50	79-201-50					
51	79-201-51					
52	79-201-52					
53	79-201-53					
54	79-201-54					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 5)

신고리 1호기 원자로용기 체결장치(파괴인성)
(영미 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	형평창 (mills)	비고
1	79-101-01	■	■	■	■	
2	79-101-02	■	■	■	■	
3	79-101-03	■	■	■	■	
4	79-101-04	■	■	■	■	
5	79-101-05	■	■	■	■	
6	79-101-06	■	■	■	■	
7	79-101-07	■	■	■	■	
8	79-101-08	■	■	■	■	
9	79-101-09	■	■	■	■	
10	79-101-10	■	■	■	■	
11	79-101-11	■	■	■	■	
12	79-101-12	■	■	■	■	
13	79-101-13	■	■	■	■	
14	79-101-14	■	■	■	■	
15	79-101-15	■	■	■	■	
16	79-101-16	■	■	■	■	
17	79-101-17	■	■	■	■	
18	79-101-18	■	■	■	■	
19	79-101-19	■	■	■	■	
20	79-101-20	■	■	■	■	
21	79-101-22	■	■	■	■	
22	79-101-22	■	■	■	■	
23	79-101-23	■	■	■	■	
24	79-101-24	■	■	■	■	
25	79-101-25	■	■	■	■	
26	79-101-26	■	■	■	■	
27	79-101-27	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 6)

(영미 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	형팽창 (mills)	비고
28	79-101-28	■	■	■	■	
29	79-101-29	■	■	■	■	
30	79-101-30	■	■	■	■	
31	79-101-31	■	■	■	■	
32	79-101-32	■	■	■	■	
33	79-101-33	■	■	■	■	
34	79-101-34	■	■	■	■	
35	79-101-35	■	■	■	■	
36	79-101-36	■	■	■	■	
37	79-101-37	■	■	■	■	
38	79-101-38	■	■	■	■	
39	79-101-39	■	■	■	■	
40	79-101-40	■	■	■	■	
41	79-101-41	■	■	■	■	
42	79-101-42	■	■	■	■	
43	79-101-43	■	■	■	■	
44	79-101-44	■	■	■	■	
45	79-101-45	■	■	■	■	
46	79-101-46	■	■	■	■	
47	79-101-47	■	■	■	■	
48	79-101-48	■	■	■	■	
49	79-101-49	■	■	■	■	
50	79-101-50	■	■	■	■	
51	79-101-51	■	■	■	■	
52	79-101-52	■	■	■	■	
53	79-101-53	■	■	■	■	
54	79-101-54	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 7)

(영미 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	형팽창 (mills)	비고
1	79-201-01	■	■	■	■	
2	79-201-02	■	■	■	■	
3	79-201-03	■	■	■	■	
4	79-201-04	■	■	■	■	
5	79-201-05	■	■	■	■	
6	79-201-06	■	■	■	■	
7	79-201-07	■	■	■	■	
8	79-201-08	■	■	■	■	
9	79-201-09	■	■	■	■	
10	79-201-10	■	■	■	■	
11	79-201-11	■	■	■	■	
12	79-201-12	■	■	■	■	
13	79-201-13	■	■	■	■	
14	79-201-14	■	■	■	■	
15	79-201-15	■	■	■	■	
16	79-201-16	■	■	■	■	
17	79-201-17	■	■	■	■	
18	79-201-18	■	■	■	■	
19	79-201-19	■	■	■	■	
20	79-201-20	■	■	■	■	
21	79-201-22	■	■	■	■	
22	79-201-22	■	■	■	■	
23	79-201-23	■	■	■	■	
24	79-201-24	■	■	■	■	
25	79-201-25	■	■	■	■	
26	79-201-26	■	■	■	■	
27	79-201-27	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-12 (8 중 8)

(영미 단위)

1호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	형팽창 (mills)	비고
28	79-201-28	■	■	■	■	
29	79-201-29	■	■	■	■	
30	79-201-30	■	■	■	■	
31	79-201-31	■	■	■	■	
32	79-201-32	■	■	■	■	
33	79-201-33	■	■	■	■	
34	79-201-34	■	■	■	■	
35	79-201-35	■	■	■	■	
36	79-201-36	■	■	■	■	
37	79-201-37	■	■	■	■	
38	79-201-38	■	■	■	■	
39	79-201-39	■	■	■	■	
40	79-201-40	■	■	■	■	
41	79-201-41	■	■	■	■	
42	79-201-42	■	■	■	■	
43	79-201-43	■	■	■	■	
44	79-201-44	■	■	■	■	
45	79-201-45	■	■	■	■	
46	79-201-46	■	■	■	■	
47	79-201-47	■	■	■	■	
48	79-201-48	■	■	■	■	
49	79-201-49	■	■	■	■	
50	79-201-50	■	■	■	■	
51	79-201-51	■	■	■	■	
52	79-201-52	■	■	■	■	
53	79-201-53	■	■	■	■	
54	79-201-54	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 1)

신고리 2호기 원자로용기 체결장치(파괴인성)

(국제 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	횡팽창 (mm)	비고
1	79-101-01					
2	79-101-02					
3	79-101-03					
4	79-101-04					
5	79-101-05					
6	79-101-06					
7	79-101-07					
8	79-101-08					
9	79-101-09					
10	79-101-10					
11	79-101-11					
12	79-101-12					
13	79-101-13					
14	79-101-14					
15	79-101-15					
16	79-101-16					
17	79-101-17					
18	79-101-18					
19	79-101-19					
20	79-101-20					
22	79-101-22					
22	79-101-22					
23	79-101-23					
24	79-101-24					
25	79-101-25					
26	79-101-26					
27	79-101-27					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 2)

(국제 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	회팽창 (mm)	비고
28	79-101-28					
29	79-101-29					
30	79-101-30					
0.91	79-101-31					
32	79-101-32					
33	79-101-33					
34	79-101-34					
35	79-101-35					
36	79-101-36					
37	79-101-37					
38	79-101-38					
39	79-101-39					
40	79-101-40					
41	79-101-41					
42	79-101-42					
43	79-101-43					
44	79-101-44					
45	79-101-45					
46	79-101-46					
47	79-101-47					
48	79-101-48					
49	79-101-49					
50	79-101-50					
51	79-101-51					
52	79-101-52					
53	79-101-53					
54	79-101-54					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 3)

(국제 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	회팽창 (mm)	비고
1	79-201-01					
2	79-201-02					
3	79-201-03					
4	79-201-04					
5	79-201-05					
6	79-201-06					
7	79-201-07					
8	79-201-08					
9	79-201-09					
10	79-201-10					
11	79-201-11					
12	79-201-12					
13	79-201-13					
14	79-201-14					
15	79-201-15					
16	79-201-16					
17	79-201-17					
18	79-201-18					
19	79-201-19					
20	79-201-20					
22	79-201-22					
22	79-201-22					
23	79-201-23					
24	79-201-24					
25	79-201-25					
26	79-201-26					
27	79-201-27					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 4)

(국제 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	흡수에너지 (joule)	회팽창 (mm)	비고
28	79-201-28					
29	79-201-29					
30	79-201-30					
31	79-201-31					
32	79-201-32					
33	79-201-33					
34	79-201-34					
35	79-201-35					
36	79-201-36					
37	79-201-37					
38	79-201-38					
39	79-201-39					
40	79-201-40					
41	79-201-41					
42	79-201-42					
43	79-201-43					
44	79-201-44					
45	79-201-45					
46	79-201-46					
47	79-201-47					
48	79-201-48					
49	79-201-49					
50	79-201-50					
51	79-201-51					
52	79-201-52					
53	79-201-53					
54	79-201-54					

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 5)

신고리 2호기 원자로용기 체결장치(파괴인성)

(영미 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	회팽창 (mills)	비고
1	79-101-01	■	■	■	■	
2	79-101-02	■	■	■	■	
3	79-101-03	■	■	■	■	
4	79-101-04	■	■	■	■	
5	79-101-05	■	■	■	■	
6	79-101-06	■	■	■	■	
7	79-101-07	■	■	■	■	
8	79-101-08	■	■	■	■	
9	79-101-09	■	■	■	■	
10	79-101-10	■	■	■	■	
11	79-101-11	■	■	■	■	
12	79-101-12	■	■	■	■	
13	79-101-13	■	■	■	■	
14	79-101-14	■	■	■	■	
15	79-101-15	■	■	■	■	
16	79-101-16	■	■	■	■	
17	79-101-17	■	■	■	■	
18	79-101-18	■	■	■	■	
19	79-101-19	■	■	■	■	
20	79-101-20	■	■	■	■	
22	79-101-22	■	■	■	■	
22	79-101-22	■	■	■	■	
23	79-101-23	■	■	■	■	
24	79-101-24	■	■	■	■	
25	79-101-25	■	■	■	■	
26	79-101-26	■	■	■	■	
27	79-101-27	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 6)

(영미 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	회팽창 (mills)	비고
28	79-101-28	■	■	■	■	
29	79-101-29	■	■	■	■	
30	79-101-30	■	■	■	■	
31	79-101-31	■	■	■	■	
32	79-101-32	■	■	■	■	
33	79-101-33	■	■	■	■	
34	79-101-34	■	■	■	■	
35	79-101-35	■	■	■	■	
36	79-101-36	■	■	■	■	
37	79-101-37	■	■	■	■	
38	79-101-38	■	■	■	■	
39	79-101-39	■	■	■	■	
40	79-101-40	■	■	■	■	
41	79-101-41	■	■	■	■	
42	79-101-42	■	■	■	■	
43	79-101-43	■	■	■	■	
44	79-101-44	■	■	■	■	
45	79-101-45	■	■	■	■	
46	79-101-46	■	■	■	■	
47	79-101-47	■	■	■	■	
48	79-101-48	■	■	■	■	
49	79-101-49	■	■	■	■	
50	79-101-50	■	■	■	■	
51	79-101-51	■	■	■	■	
52	79-101-52	■	■	■	■	
53	79-101-53	■	■	■	■	
54	79-101-54	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 7)

(영미 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	회팽창 (mills)	비고
1	79-201-01	■	■	■	■	
2	79-201-02	■	■	■	■	
3	79-201-03	■	■	■	■	
4	79-201-04	■	■	■	■	
5	79-201-05	■	■	■	■	
6	79-201-06	■	■	■	■	
7	79-201-07	■	■	■	■	
8	79-201-08	■	■	■	■	
9	79-201-09	■	■	■	■	
10	79-201-10	■	■	■	■	
11	79-201-11	■	■	■	■	
12	79-201-12	■	■	■	■	
13	79-201-13	■	■	■	■	
14	79-201-14	■	■	■	■	
15	79-201-15	■	■	■	■	
16	79-201-16	■	■	■	■	
17	79-201-17	■	■	■	■	
18	79-201-18	■	■	■	■	
19	79-201-19	■	■	■	■	
20	79-201-20	■	■	■	■	
22	79-201-22	■	■	■	■	
22	79-201-22	■	■	■	■	
23	79-201-23	■	■	■	■	
24	79-201-24	■	■	■	■	
25	79-201-25	■	■	■	■	
26	79-201-26	■	■	■	■	
27	79-201-27	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-13 (8 중 8)

(영미 단위)

2호기

Hole No.	부품번호	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	흡수에너지 (ft-lb)	회팽창 (mills)	비고
28	79-201-28	■	■	■	■	
29	79-201-29	■	■	■	■	
30	79-201-30	■	■	■	■	
31	79-201-31	■	■	■	■	
32	79-201-32	■	■	■	■	
33	79-201-33	■	■	■	■	
34	79-201-34	■	■	■	■	
35	79-201-35	■	■	■	■	
36	79-201-36	■	■	■	■	
37	79-201-37	■	■	■	■	
38	79-201-38	■	■	■	■	
39	79-201-39	■	■	■	■	
40	79-201-40	■	■	■	■	
41	79-201-41	■	■	■	■	
42	79-201-42	■	■	■	■	
43	79-201-43	■	■	■	■	
44	79-201-44	■	■	■	■	
45	79-201-45	■	■	■	■	
46	79-201-46	■	■	■	■	
47	79-201-47	■	■	■	■	
48	79-201-48	■	■	■	■	
49	79-201-49	■	■	■	■	
50	79-201-50	■	■	■	■	
51	79-201-51	■	■	■	■	
52	79-201-52	■	■	■	■	
53	79-201-53	■	■	■	■	
54	79-201-54	■	■	■	■	

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-14 (2 중 1)

신고리 1호기 증기발생기 및 가압기 체결장치 : 인장 및 파괴인성치

(국제 단위)

기기명	부품번호		재료사양		수량	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	비고
S/G - 1A	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
S/G - 1B	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
PRESSURIZER	MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
주 : 도면 참조 9-171-Z-175-003 for pressurizer studs/nuts 9-161-Z-175-029 for steam generator primary studs/nuts 9-161-Z-175-030 for steam generator secondary studs/nuts								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-14 (2 중 2)

신고리 1호기 증기발생기 및 가압기 체결장치 : 인장 및 파괴인성치
(영미 단위)

기기명	부품번호		재료사양		수량	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	비고
S/G - 1A	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
S/G - 1B	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
PRESSURIZER	MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
주 : 도면 참조 9-171-Z-175-003 for pressurizer studs/nuts 9-161-Z-175-029 for steam generator primary studs/nuts 9-161-Z-175-030 for steam generator secondary studs/nuts								

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-15 (2 중 1)

신고리 2호기 증기발생기 및 가압기 체결장치 : 인장 및 파괴인성치
(국제 단위)

기기명	부품명		재료사양		수량	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	비고
S/G - 2A	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
S/G - 2B	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
PRESSURIZER	MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			

주 : 도면 참조 9-171-Z-175-003 for pressurizer studs/nuts
9-161-Z-175-029 for steam generator primary studs/nuts
9-161-Z-175-030 for steam generator secondary studs/nuts

신고리 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 5.3-15 (2 중 2)

신고리 2호기 증기발생기 및 가압기 체결장치 : 인장 및 파괴인성치
(영미 단위)

기기명	부품명		재료사양		수량	항복강도 (ksi)	인장강도 (ksi)	비고
S/G - 2A	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
S/G - 2B	PRIMARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
	SECONDARY HANDHOLE	STUD			■			
		NUT			■			
PRESSURIZER	MANWAY	STUD			■			
		NUT			■			
주 : 도면 참조 9-171-Z-175-003 for pressurizer studs/nuts 9-161-Z-175-029 for steam generator primary studs/nuts 9-161-Z-175-030 for steam generator secondary studs/nuts								