

KAERI/TR-2355/2003

원자력용 스테인레스 강 용접부  
석출물의 정량분석 방법

The Quantitative Analysis Method of the Precipitates in  
Weldment of Stainless Steel for Nuclear Power Plant

*KAERI*  
2002. 12

한국원자력연구소

# 제 출 문

소장 귀하

본 보고서를 「원자력용 스테인레스 강 용접부 석출물의 정량분석 방법」에 관한 기술보고서로 제출합니다.

2002. 12.

주저자 : 윤지현 (파괴특성평가 및 향상기술개발)

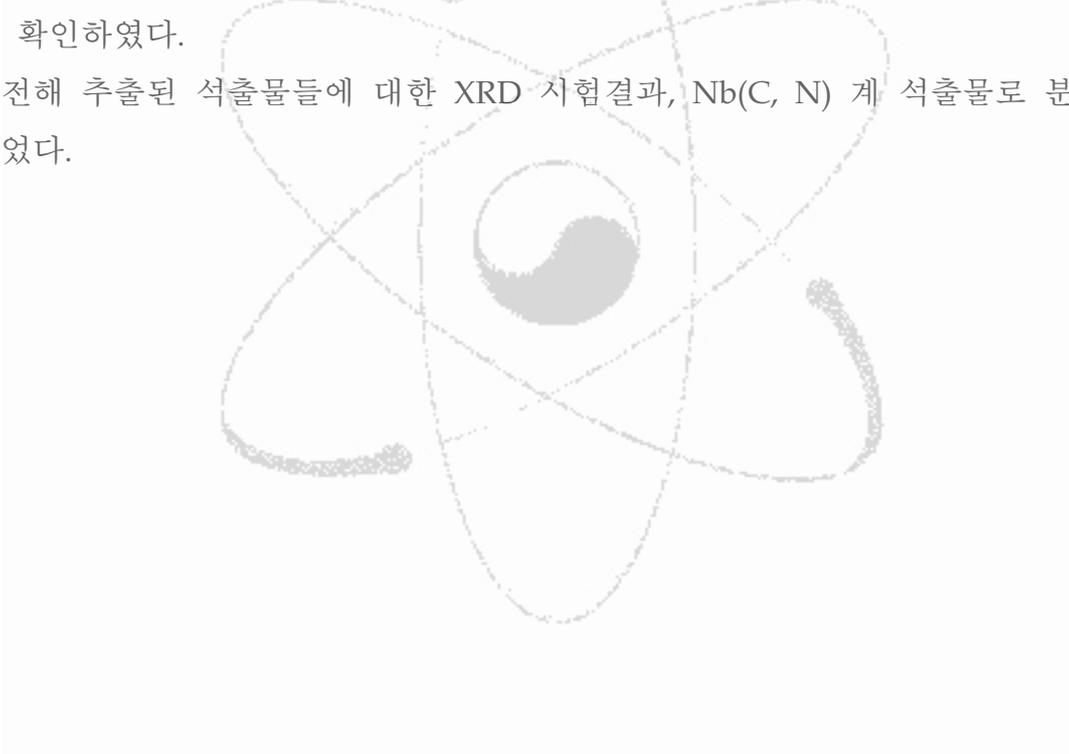
공저자 : 이봉상

박순동

## 요 약

스테인레스 강 용접부 석출된 탄화물은 매우 미세하고 그 분포도 일정하지 않아서 metallography 등의 방법으로 그 정확한 함량을 측정하기는 거의 불가능하다. 본 보고서에서는 전기화학적 방법으로 석출물만을 추출해 낸 후 그 무게를 칭량하여 용접부 내부의 석출물의 함량을 측정하는 방법을 자세히 기술하고 가압기 밀림관으로 쓰이는 Type 347 스테인레스 강의 용접부에 대한 실제 측정 예와 함께, 분리된 석출물에 대한 성분확인 결과 등을 제시하였다. Ni기 superalloy 에 대해서 ASTM 에 표준화되어 있는 전해추출 방법이 austenite 계 스테인레스 강 석출물의 정량분석에도 적용될 수 있음을 확인하였다.

전해 추출된 석출물들에 대한 XRD 시험결과, Nb(C, N) 계 석출물로 분석되었다.



# 목 차

1. 서 론	1
2. 석출물 정량분석 표준절차	2
2. 1 시험장비	2
2. 2 화학약품	3
2. 3 시험절차	4
3. 석출물 정량분석 예	7
3. 1 재료 및 시편	7
3. 2 시험장치	7
3. 3 전해액	8
3. 4 전원공급기	8
3. 5 시험절차	8
3. 6 시험결과	10
3. 7 석출물 정성분석	10
4. 정리	20
참고문헌	21

## 표목차

Table 1. Chemical composition of filler metals for surge line pipes. ...	17
Table 2. Chemical composition of various weldments of surge line pipes. ....	18
Table 3. Quantitative analysis results for ppts in the weldments of Type 347 stainless steels from electrolytic extraction. ....	19
Table 4. JCPDS cards for NbC. ....	20
Table 5. JCPDS cards for Nb <sub>4</sub> N <sub>3.92</sub> . ....	21

## 그림목차

Fig. 1. X-ray diffraction curve for weldments of surge line pipes ; specimen SS .....	22
Fig. 2. X-ray diffraction curve for weldments of surge line pipes ; specimen SS .....	23
Fig. 3. X-ray diffraction curve for weldments of surge line pipes ; specimen SS .....	24

# 1. 서 론

한국표준 원자력발전소의 주배관(primary pipe) 및 가압기 밀림관(surge line pipe) 은 발전소의 안전성과 경제성 제고를 위하여 파괴역학에 근거한 LBB (Leak-Before- Break, 파단전누설) 개념을 설계에 적용하고 있다[1]. 그러나 가압기 밀림관소재(Type 347 스테인레스강)용접부와 같은 일부 배관재료에서는 재료간의 상대적인 파괴저항특성의 편차가 크기 때문에 경우에 따라서는 LBB 개념을 배관에 적용하는 데 필요한 재료파괴특성을 충분히 만족치 못함으로써, 충분한 설계여유를 확보하지 못하고 있다.

스테인레스 강 용접부의 파괴저항특성은 용접과정에서 발생하는 용접개재물과 탄화물의 함량에 크게 의존하는 것으로 알려져 있다. 최근에는 가압기 밀림관 용접에, 플럭스를 대신 차폐불활성가스를 사용함으로써 용접시 불순물의 혼입을 억제하여 용접개재물의 발생을 크게 감소시킬 수 있는 GTAW (gas tungsten arc welding) 용접법이 적용되고 있다. 따라서 GTAW 용접부의 파괴저항 특성을 개선하기 위해서는 엄격한 탄화물 석출량의 엄격한 관리가 중요하다[2, 3].

석출된 탄화물은 매우 미세하고 그 분포도 일정하지 않아서 metallography 등의 방법으로 그 정확한 함량을 측정하기는 거의 불가능하다. 따라서 여기서는 전기화학적 방법으로 석출만을 추출해 낸 후 그 무게를 칭량하여 용접부 내부의 석출물의 함량을 측정하는 방법을 자세히 기술하고 실제 측정 예와 함께, 분리된 석출물에 대한 성분확인 결과 등을 제시하고자 한다.

## 2. 석출물 정량분석 표준절차

이 장에서는 스테인레스강 용접부의 석출물을 전기화학적으로 추출해 함량을 측정하는 표준시험절차에 대해서 기술한다. ASTM E963-95 에 규정되어 있는 「Electrolyc Extraction of Phases from Ni and Ni-Fe Base Superalloys Using a Hydrochloric-Methanol Electrolyte」의 절차를 스테인레스 강 용접부의 석출물 분석에 응용한 것임을 밝혀둔다[4]. 이 절차는 용접부 뿐만이 아니라 모재에도 공통적으로 적용될 수 있다.

### 2. 1 시험장비

#### 2. 1. 1 전해조

전해액을 250ml 정도로 했을 때, 약 500ml 용량의 유리 비이커를 사용한다. 금속이온의 농도가 16g/L 이상이 되면 음극에 도금현상이 일어날 수 있으므로 주의한다.

#### 2. 1. 2 음극

음극용 재료로는 전해 중에 불활성인 것을 선택한다. 탄탈륨이나 백금이 적당하다. 음극 재료의 면적이 시편의 면적보다 커야 하므로, 망이나 스프링 형태로 가공하여 사용하는 것이 좋다. 음극과 시편 사이의 간격은 가능한 넓으면 좋다.

#### 2. 1. 3 양극

양극으로 사용하는 시편을 전해액에 담그기 전에, 오염이 일어나지 않도록 세척한다. 시편과 직류전원공급장치는 양극선을 사용하여 전기적으로 잘 연결되도록 한다. 두 가지 방법이 가능한데, 백금선을 사용하여 시편을 바구니 모양으로 묶어 지지하거나, 백금선을 시편에 점용접할 수 있다. 만일 용접부가 침지되지 않는다면, 다른 전도성 전선도 사용할 수 있다.

#### 2. 1. 4 전원공급장치 (Power Supply)

전류를 0에서 1.2A 까지 유지하려면 약 10V 용량의 가변 직류전원공급장치가 필요하다. 전류와 전압의 요동은  $\pm 5\%$  이하여야 한다. Potentiostatic control 이 필수적이진 않으나 최적의 전류밀도를 결정하는데는 도움이 된다.

#### 2. 1. 5 원심분리기

추출물들을 수거하기 위해 필요

#### 2. 1. 6 저울

정량분석을 위해서는, 0.0001g 정밀도의 저울이 필요하다.

### 2. 2 화학약품

#### 2. 2. 1 전해액

순수 methyl alcohol 과 12 N (노르말) 의 염산 (sp gr 1.19) 을 9 대 1의 부피로 혼합해 10% HCl-methanol 용액으로 만든다. W, Nb, Ta 혹은 Hf를 함유한 합금의 경우에는 약 1% 의 tartaric 혹은 citric 용액을 만든다. 모든 화학약품들은 최소한 ACS 급이어야 한다.

#### 2. 2. 2 주의사항

염산은 순수 methyl alcohol 에 천천히 계속해서 천천히 교반하면서 섞는다. 그렇지 않을 경우 상당한 반응열이 발생한다. 인체에 유해하므로 혼합은 후드 안에서 한다.

#### 2. 2. 3 시편 및 추출물 세척

순수 methyl alcohol을 사용한다.

## 2. 3 시험절차

### 2. 3. 1 시편크기 및 형상

정육면체, 원통형 또는 사각 프리즘 형태가 좋다. 한 변이 1.6cm 인 정육면체는 약 15cm<sup>2</sup>의 표면적을 갖는다. 이보다 작은 시편일 경우에는 정전류 전해시에 시편수축으로 인해 전류밀도의 증가폭이 커지게 된다. 이보다 큰 시편의 경우에는 250mL 이상의 전해액과 1.2A 용량 이상의 전원공급기가 필요하다. 더 큰 전류값을 필요로 하는 시편인 경우에는 전압값도 상승하게 되므로 음극에 도금이 되는 현상이 발생하게 되고, 냉각장치도 필요하다.

### 2. 3. 2 시편준비

시편의 표면은 오염이 되지 않은 상태로 가공한다. 두 가지 방법이 가능하다 : (1) #120 사포로 모든 표면을 연마한다. (2) 표면을 가볍게 에칭(etching)한다. 전해추출시에 사용할 전해액과 같은 용액과 전류밀도로 전해 연마하는 것이 유용하다.

날카로운 모서리는 국부적으로 높은 전류밀도를 발생시키므로 무디게 가공한다. 표면가공이 끝나면, 초음파세척을 실시한다. 마지막 세척과정에서는 methanol을 사용한다. 대기중에서 건조하는 것으로 충분하다.

### 2. 3. 3 인가 전류밀도 결정

시편의 총표면적을 계산한다. 0.05에서 0.1A/cm<sup>2</sup>의 전류밀도가 적당하다. 선택한 전류밀도에 총표면적을 곱하여, 필요한 총전류값을 구한다.

### 2. 3. 4 양극선 부착

시편으로부터 나와 있는 선의 길이는 최소한 2 inch 이상으로 한다. 이 선을 영구적 양극선에 물리거나 감는다.

### 2. 3. 5 시편 칭량

시편의 무게를 0.0001g 까지 칭량한다. 시편 무게가 10g 이 넘는 경우에는

$\pm 0.001$  의 칭량 오차는 추출물 칭량시  $\pm 0.0001\text{g}$  오차에 비해 무시될 수 있다.

### 2. 3. 6 양극 연결

시편을 전해조 안의 양극선으로 지지한다. 음극에 대해 시편을 중심에 위치시킨다.

### 2. 3. 7 전해액 붓기

시편과 음극이 250 mL 전해액에 전부 담길 수 있도록 전해액을 전해조에 붓는다.

### 2. 3. 8 전해

전원공급기를 결정된 전류값에 맞춘다. 약 4h 동안 전해추출을 실시한다. 만일 전원공급기가 정전류를 자동적으로 공급하지 못하는 것이라면 15분 간격으로 전류값을 모니터하여 보정해 준다. 전해추출중, 초기 전해액 용량을 유지하기 위해 새로운 전해액을 보충해 준다. 수소 이온의 증발을 보충하기 위해서 시간당 3mL 의 농축 HCl 용액을 공급한다.

### 2. 3. 9 시편 제거

전원공급을 중단한 후, 시편을 전해액 위로 꺼내서 methanol 로 세척한다. 양극선을 전원공급장치로부터 분리하고, 시편에 부착되어 있는 선으로부터 시편을 분리한다.

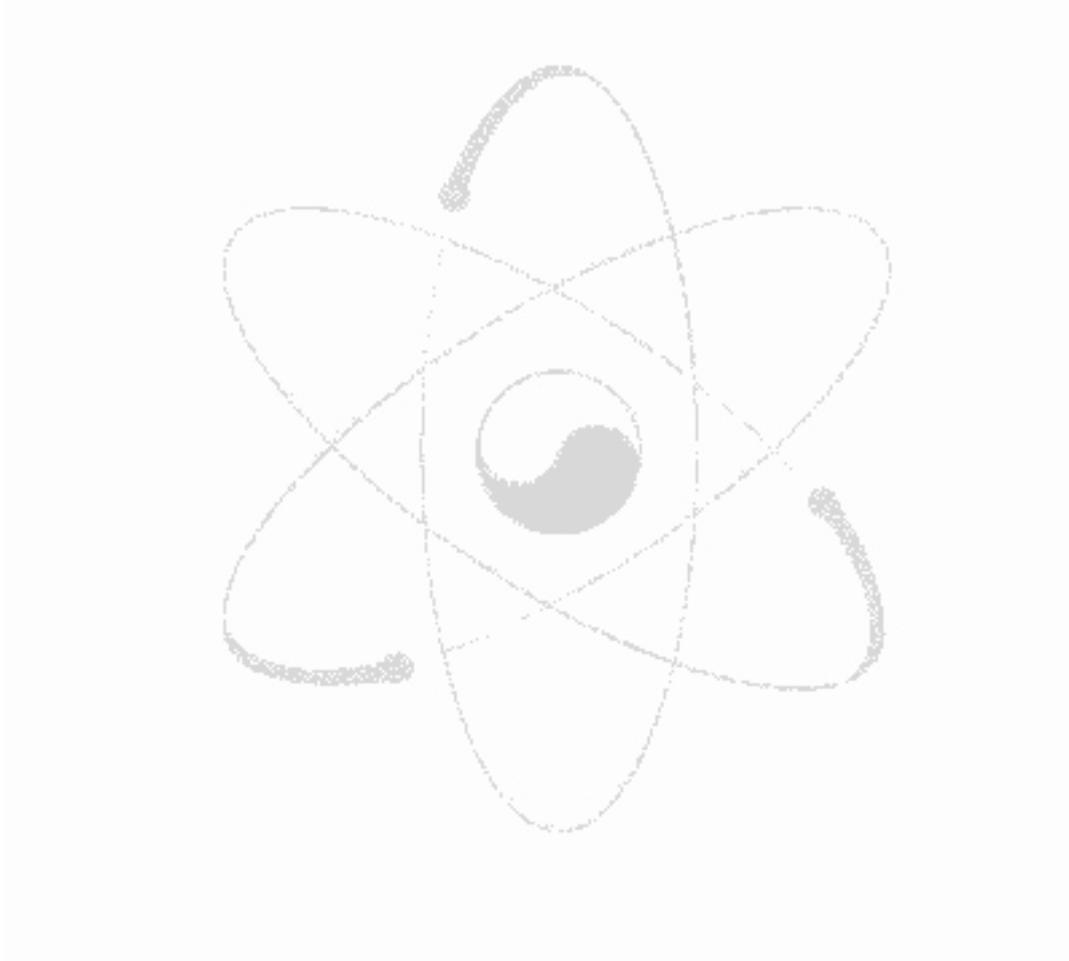
### 2. 3. 10 잔여 시편 칭량

시편을 세척한 후 완전히 건조된 시편의 무게를 0.0001g 까지 측정한다. 초기 시편 무게에서 잔여 시편 무게를 빼서 용해된 시편 무게를 구한다.

### 2. 3. 11 석출물 회수

전해액 전체가 원심분리되어야 한다. 전해조를 조심스럽게 methanol 로 세척하여 원심분리 시험관에 붓는다.

18,000~20,000 rpm 으로 2~3 분간 원심분리하면 석출물들이 시험관 바닥에 모인다. 시험관의 용액을 비우고 석출물들을 methanol 로 다시 세척한 후 원심분리한다. 이러한 세척 과정을 최소한 3회 이상 실시한다. 시험관의 methanol 이 모두 증발할 때까지 건조시킨 후 무게를 칭량한다.



### 3. 석출물 정량분석 예

앞서 1장에 기술한 석출물 정량분석 방법을 적용하여, 가압기 밀림관 재료인 Type 347 스테인레스강의 용접부의 석출물을 정량분석하였다. 여기서는 그 자세한 시험 과정 및 결과에 대해서 기술하겠다.

#### 3. 1 재료 및 시편

분석에 사용된 재료는 국내 원자력발전소의 가압기 밀림관 용접부를 모사해 만든 3종의 Type 347 스테인레스 강 용접부이다. 각각의 용접부는 서로 다른 용접봉을 사용해 GTAW 용접된 것이다. 그 각각을 SS, SJ, SJF 라 명명하였다. 이들 용접봉 및 용접부에 대한 화학분석 결과는 표 1과 2에 나타내었다.

시편으로는 J-R 시험후에 파단된 C(T) 시편의 파면 아래 용접부를 절단한 것을 사용하였다. 절단 후 시편 형상은 직육면체 형상이었으나, 날카로운 모서리 부분을 사포로 연마하였다. 시험전 SS, SJ, SJF 시편의 무게는 각각 5.1874, 9.0586, 7.4168 g 이었다.

#### 3. 2 시험장치

##### 3. 2. 1 전해조

500mL 용량의 비이커를 전해조로 사용하였다. 별도의 가열이나 냉각장치는 사용하지 않았다.

##### 3 .2. 2 음극

직경 0.2 mm, 길이 3000 mm 의 순 Pt 선을 스프링 형태로 감아서 음극으

로 사용하였다.

### 3. 2. 3 양극

음극선으로 사용한 것과 동일한 Pt 선으로 시편을 그물 형태로 감은 후 전원공급장치의 (+) 극과 연결하였다.

### 3. 2. 4 원심분리기

6×50 mL 용량의 VISION (미) 사의 VS-15CFN 모델의 원심분리기를 사용하였다.

## 3. 3 전해액

Methanol 225L 에 HCl 25mL 천천히 저으면서 혼합하여 10 % HCl-methanol 용액을 만들었다. 별도의 냉각장치는 사용하지 않았다.

## 3. 4. 전원공급기

정전류 및 전전압의 공급이 가능한 10A/10V 용량의 Keithley 228A DC Power supply를 사용하였다.

## 3. 5 시험절차

### 3. 5. 1 시편준비

전해액의 오염을 막기 위해 시편 표면을 #600 까지 사포로 연마하였다. 또한 전압의 국부적인 상승을 막기 위해 시편의 날카로운 모서리를 연마하여 무디게 하였다. 연마후 시편은 methanol 로 초음파 세척하여 건조시켰다.

### 3. 5. 2 시편 무게 측정

초음파 세척후 시편을 압축공기를 불어 건조시킨 후 0.0001g까지 측정이 가능한 Mettler 정밀 저울로 무게를 측정하였다.

### 3. 5. 3 전해조 설치

시험편을 Pt 선으로 그물 형태로 감은 후 전원공급장치의 (+) 극에 연결한 후 비이커 안에 설치하였다. 이 때 시편이 비이커 바닥과 2~3 mm 간격을 두고 떠 있도록 하였다. 시편이 고정되도록 Pt 선을 비이커 밖에서 테이프로 고정시켰다. 스프링 모양으로 감은 Pt 선을 시편과 4cm 이상 간격을 두고 비이커 내에 설치한 후 전원공급기의 (+) 극과 연결하였다. 비이커 밖으로 나온 음극용 Pt 선도 움직이지 않도록 테이프로 고정시켰다.

### 3. 5. 4 전해추출

준비된 250mL 의 10%HCl-Methanol 용액을 전해조에 조심스럽게 부어 넣은 후, 전원연결이 올바른지 확인하였다.

초기 전류값을 0.6A 로 맞춘 후 전원공급을 시작하였다. 전원이 공급된 후 전압값은 5~6V 정도였다. 전해조를 윗 부분을 비닐 랩으로 부분적으로 감싸 전해액의 증발을 지연시켰다.

전해가 시작되면 시편이 산화되는 것을 눈으로 확인할 수 있으며 Pt 음극 선 쪽에서는 미세한 기포들이 많이 발생하는 것을 볼 수 있었다. 전해가 진행될수록 전해액은 짙은 녹색으로 변한다. 이 상태로 6 시간 이상 전해추출을 진행하였다.

### 3. 5. 5 원심분리

전해추출이 끝난 후 시편과 Pt 선을 해체한 후 methanol 로 전해전 위에서 세척하였다. 전해조 안의 전해액을 50mL 용량의 6개의 원심분리용 시험관에 나눠서 담았다. 이 때 반드시 원심분리기 전용의 시험관을 사용하여야 한다. 일반 시험관을 사용할 경우, 빠른 회전속도를 견디지 못하고 파열이 생긴다.

14500 rpm 으로 6분간 원심분리를 실시한 후 시험관 바닥에 검은 색의 석

출물들이 모여 있는 것을 확인 할 수 있었다. 석출물들이 딸려 나오지 않도록 조심스럽게 시험관 윗 부분에 분리된 용액을 비워 내고 methanol을 부어 넣어 흔들어 준다. 이러한 원심분리과정을 약 5회 정도 연속적으로 실시한 후 남은 석출물들을 25mL vial 에 옮겨 담았다.

### 3. 5. 6 정량분석

최종 methanol 과 석출물의 혼합액을 vial에 옮겨 담기 전에 미리 건조한 상태에서 vial 의 질량을 0.0001g 까지 측정해 놓았다. Vial에 석출물과 methanol이 든 상태에서 12시간 이상 자연건조시켜 methanol을 증발시켰다. Methanol이 눈에 보이지 않을 정도로 건조된 후에는 vial 채로 hot plate에서 약한 열로 건조시켰다. 석출물이 든 vial 의 무게를 0.0001 g까지 측정하고 먼저 측정해 놓았던 vial 의 무게를 제하여 순수한 석출물 만의 질량을 얻었다. 석출물 무게를 전해추출 중 감소한 시편의 질량으로 나누어 용접부 중 석출물 함량을 세 개의 시편에 대하여 구하였다.

### 3. 6 시험결과

SS, SJ, SJF 시편에 대한 석출물 정량분석 결과를 표 3에 상세한 수치와 함께 실었다.

표 3에서 보는 바와 같이 용접봉과 용접부에 상대적으로 탄소 함량이 높았던 SS 시편의 경우에 석출물 함량이 0.7% 로서 0.5% 의 SJ 와 SJF 시편 보다 높았다.

### 3. 7 석출물 정성분석

앞서의 전해추출 방법으로 추출한 석출물들은 미세한 분말의 형태를 띠고 있으므로 이것은 결정구조 확인 등 정성분석을 하는 데에 아주 좋은 재료가 된다. 3 종의 Type 347 스테인레스 용접부에서 분리한 석출물들에 대해서

XRD (X-ray diffraction) 시험을 실시하여 그 종류를 확인해 보았다.

시험에 사용된 기기는 Rigaku, D/MAX-IIIC로서 분석시 출력은 40kV, 45mA 였다.  $2\theta=25\sim45^\circ$ 의 범위에서  $1^\circ/\text{min}$ 의 주사속도로 분석하였다. 시험기 holder에 양면 tape를 붙이고 그 위에 석출물 분말을 골고루 도포하여 부착하였다.

SS, SJ, SJF 시편에 대한 분석결과를 각각 그림 1~3에 나타내었다. X선 회절곡선의 모양이 거의 일치하는 것으로 보아 세 용접부에서 추출한 석출물의 종류가 같은 것으로 판단할 수 있다. 표 4와5에 보인 JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) card와 대조해 본 결과, 석출물은 NbC나 Nb<sub>4</sub>N<sub>3.92</sub>과 유사하였다. X-ray 회절분석 결과를 이용해 얻은 석출물의 격자상수 (lattice parameter)를 구한 결과, SS, SJ, SJF 용접부 석출물 각각에 대해 4.4209, 4.4195, 4.4160 Å이었다. 이는 NbC와 Nb<sub>4</sub>N<sub>3.92</sub>의 격자상수의 사이에 위치하는 값이므로 석출물은 Nb에 탄소와 질소가 적당한 비율로 결합되어 있는 Nb(C,N)계 화합물인 것으로 판단된다.



Table 1. Chemical composition of filler metals for surge line pipes.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	N
(1st, 3 <sup>rd</sup> welding)	0.05	0.44	1.37	0.025	0.015	0.08	9.35	19.20	0.06	0.56	0.055
2 <sup>nd</sup> welding	0.03	0.33	2.36	0.021	0.002	0.27	10.23	19.52	0.29	0.967	0.041
4 <sup>th</sup> welding	0.026	0.42	1.43	0.018	0.002	0.18	9.67	19.52	0.07	0.483	0.036

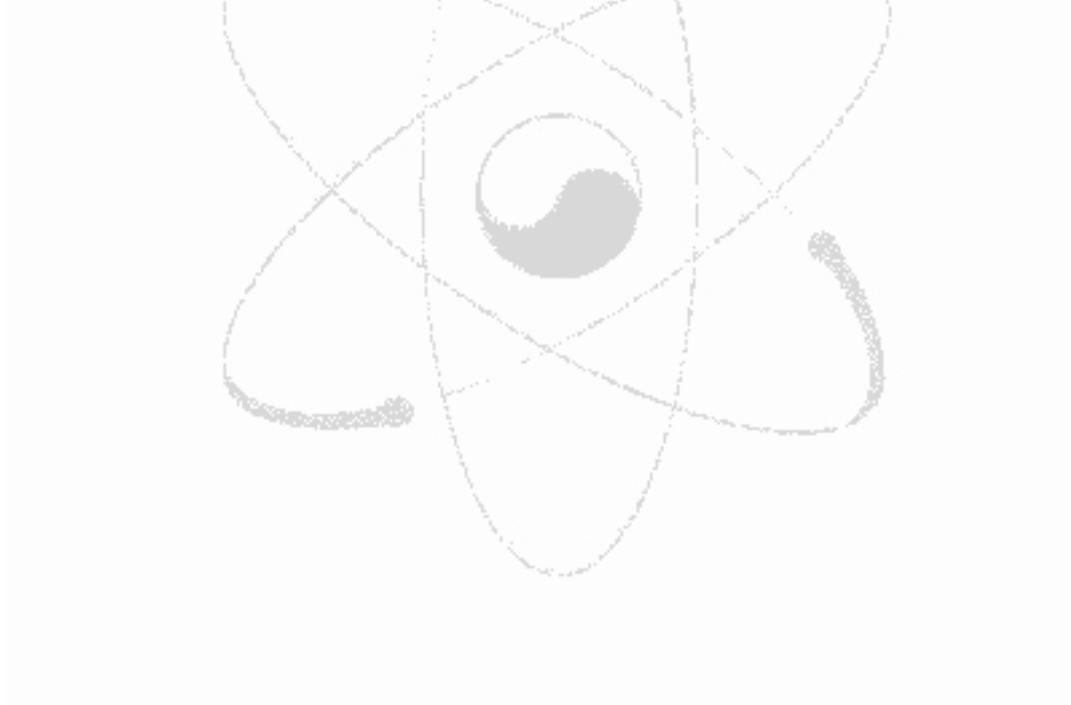


Table 2. Chemical composition of various weldments of surge line pipes.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	N
1st welding (SS)	0.041	0.459	1.31	0.017	0.014	0.144	9.23	18.80	0.156	0.59	0.047
2nd welding (SJ)	0.030	0.411	2.28	0.020	0.001	0.250	9.87	18.98	0.258	0.82	0.037
3rd welding (SJR)	0.045	0.519	1.27	0.017	0.014	0.143	9.23	18.74	0.151	0.58	0.047
4th welding (SJF)	0.031	0.360	2.23	0.025	0.001	0.247	9.96	18.99	0.248	0.85	0.039

Table 3. Quantitative analysis results for ppts in the weldments of Type 347 stainless steels from electrolytic extraction.

시편 칭량결과 (gr.)	SS	SJ	SJF
용해된 시편량 (a)	3.2906	2.4133	3.6716
석출물 양 (b)	0.0244	0.0121	0.0182
용접부 석출물 함량 (b/a), wt%	0.74(%)	0.50(%)	0.50(%)

Table 4. JCPDS cards for NbC.

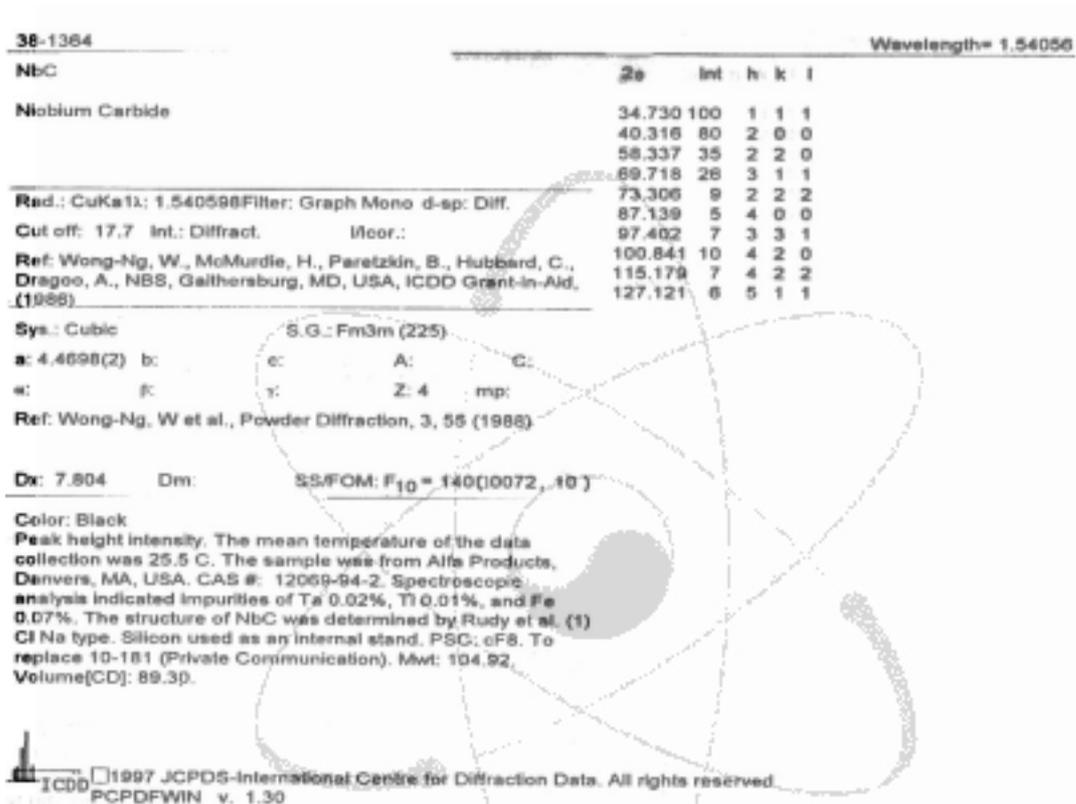
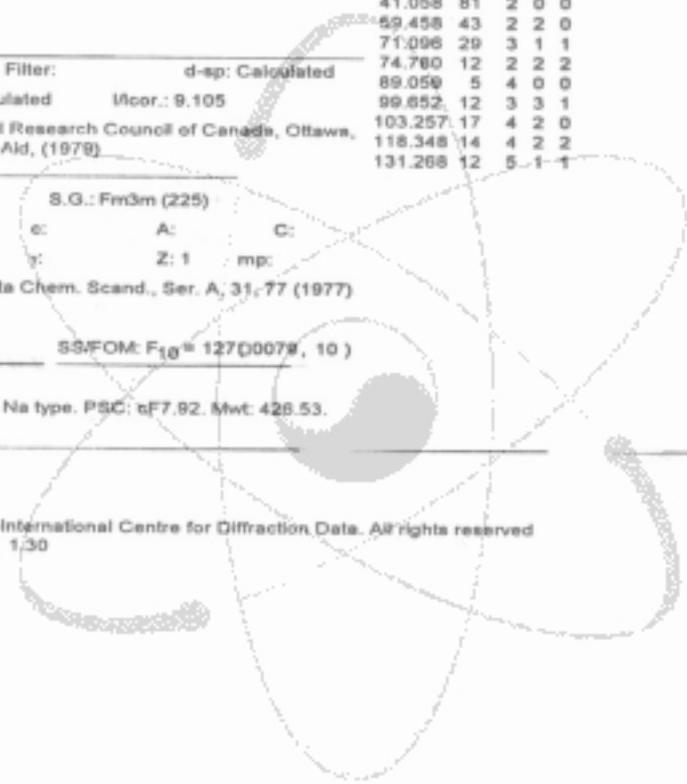


Table 5. JCPDS cards for Nb<sub>4</sub>N<sub>3.92</sub>.

34-0337		Wavelength= 1.54056				C
<b>Nb<sub>4</sub>N<sub>3.92</sub></b>		<b>2θ</b>	<b>Int</b>	<b>h</b>	<b>k</b>	<b>l</b>
Niobium Nitride		35.359	100	1	1	1
		41.058	81	2	0	0
		59.458	43	2	2	0
		71.096	29	3	1	1
		74.760	12	2	2	2
Rad.: CuKα λ: 1.54178 Filter:		d-sp: Calculated	89.059	5	4	0
Cut off: Int.: Calculated		hcor.: 9.105	99.652	12	3	3
Ref: Calvert, L., National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, ICDD Grant-in-Aid, (1978)			103.257	17	4	2
			118.348	14	4	2
			131.268	12	5	1
Sys.: Cubic		S.G.: Fm $\bar{3}$ m (225)				
a: 4.3940	b:	c:	A:	C:		
α:	β:	γ:	Z: 1	mp:		
Ref: Christensen, A., Acta Chem. Scand., Ser. A, 31, 77 (1977)						
Ds: 8.349	Dm:	SS/FOM: F <sub>10</sub> = 127(0079, 10)				
Peak height intensity. CI Na type. PSC: cF7.92. Mwt: 428.53.						
Volume[CD]: 84.84.						
						
 1997 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved PCPDFWIN v. 1.30						

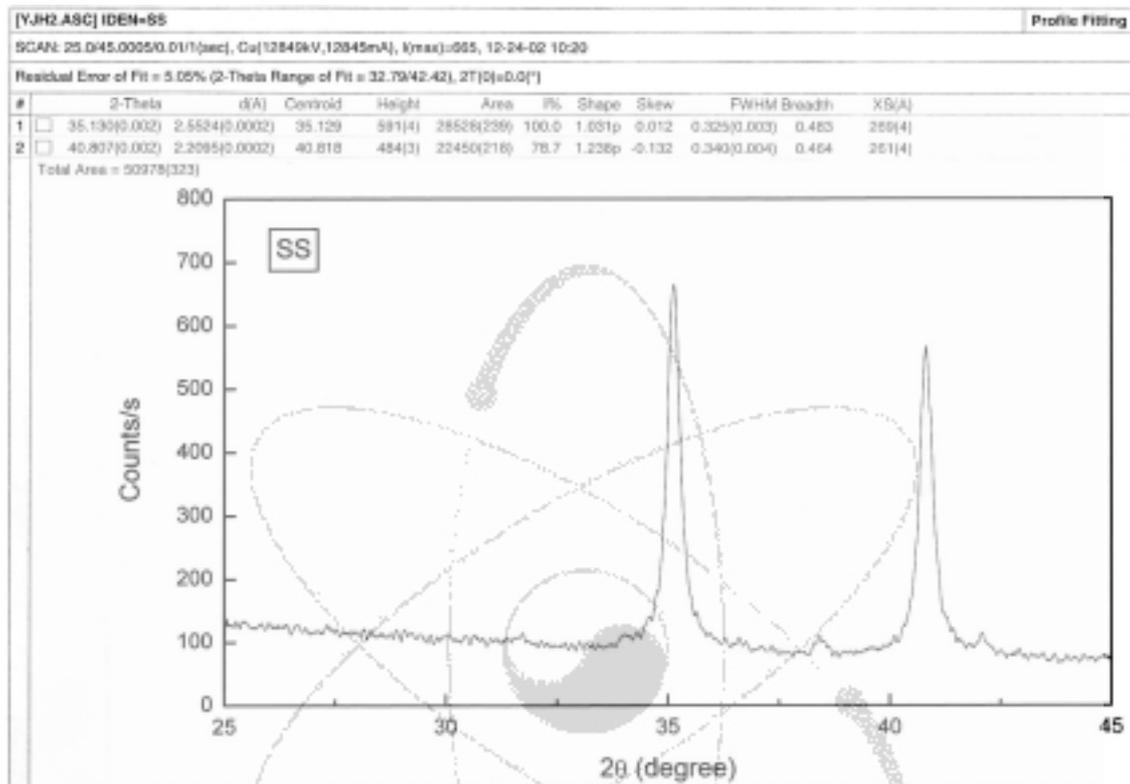


Fig. 1. X-ray diffraction curve for weldments of surge line pipes ; specimen SS.

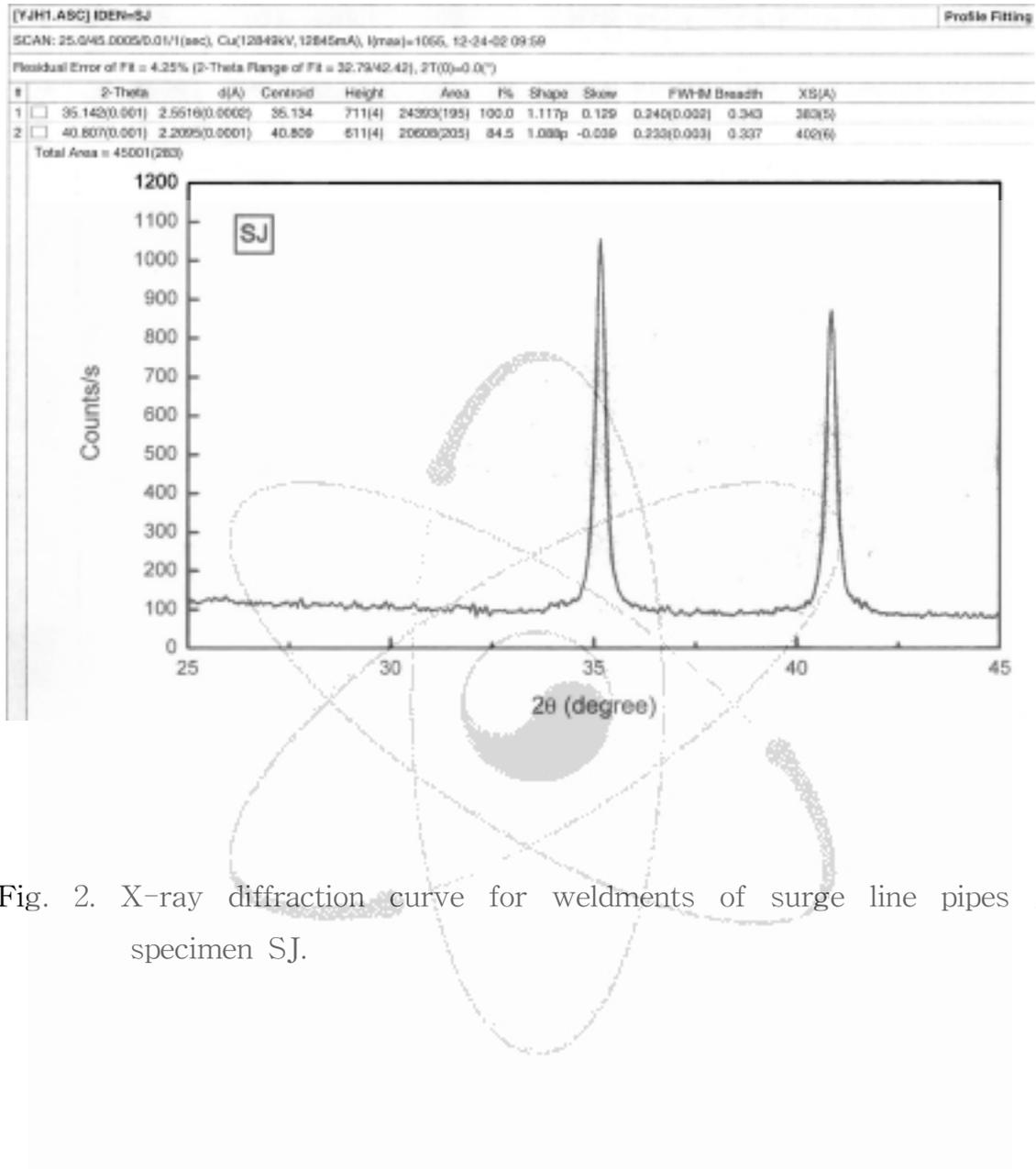


Fig. 2. X-ray diffraction curve for weldments of surge line pipes ; specimen SJ.

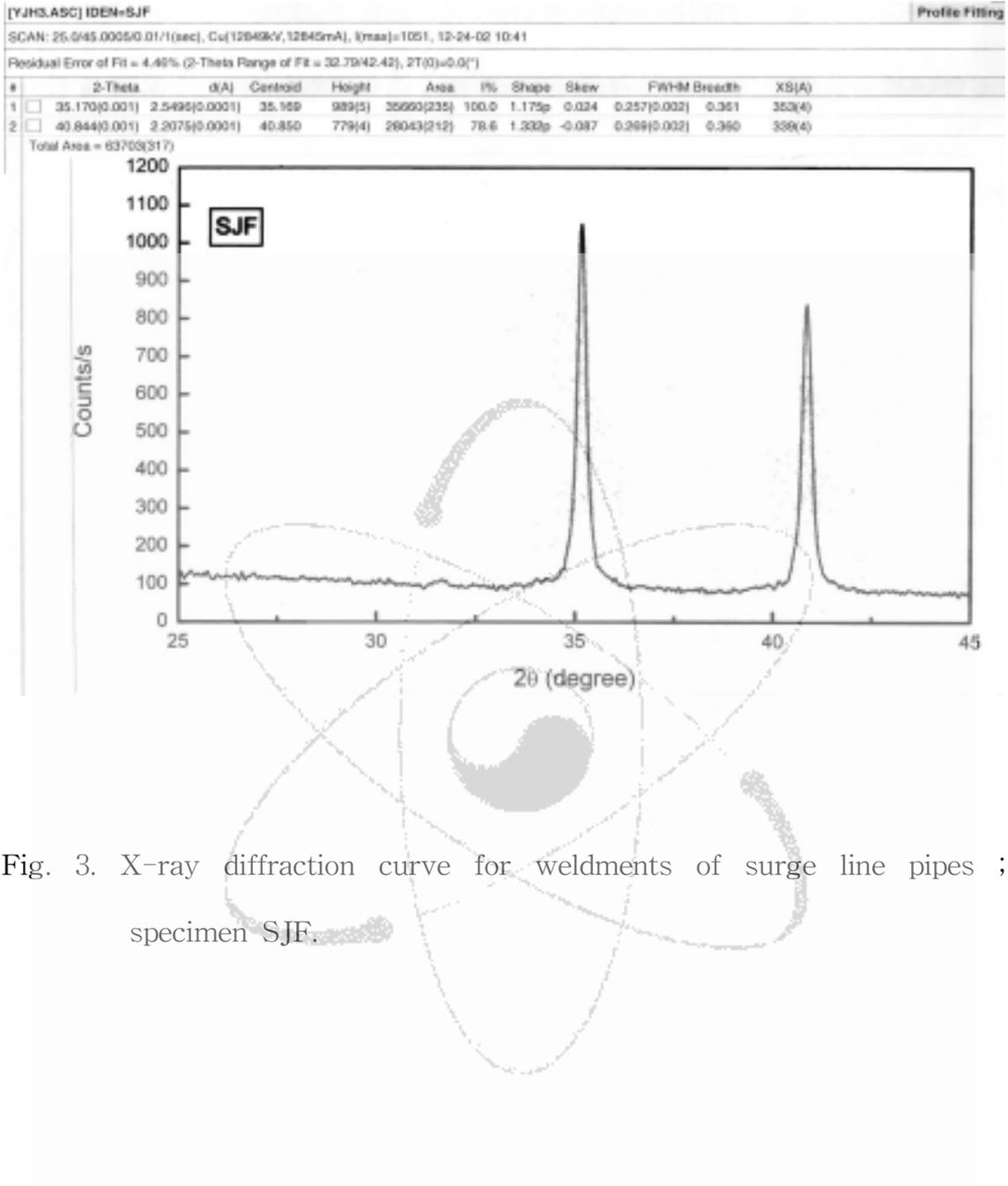
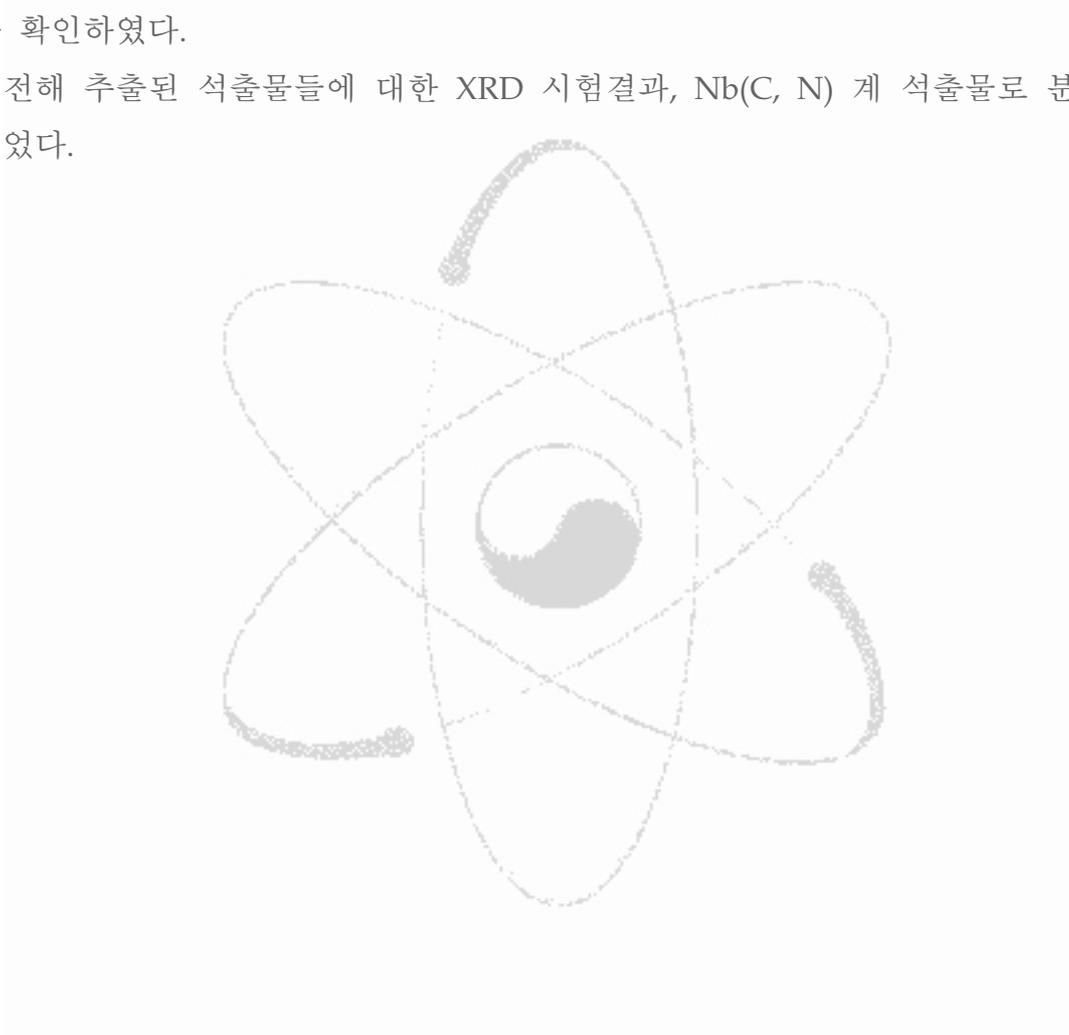


Fig. 3. X-ray diffraction curve for weldments of surge line pipes ; specimen SJF.

## 4. 정 리

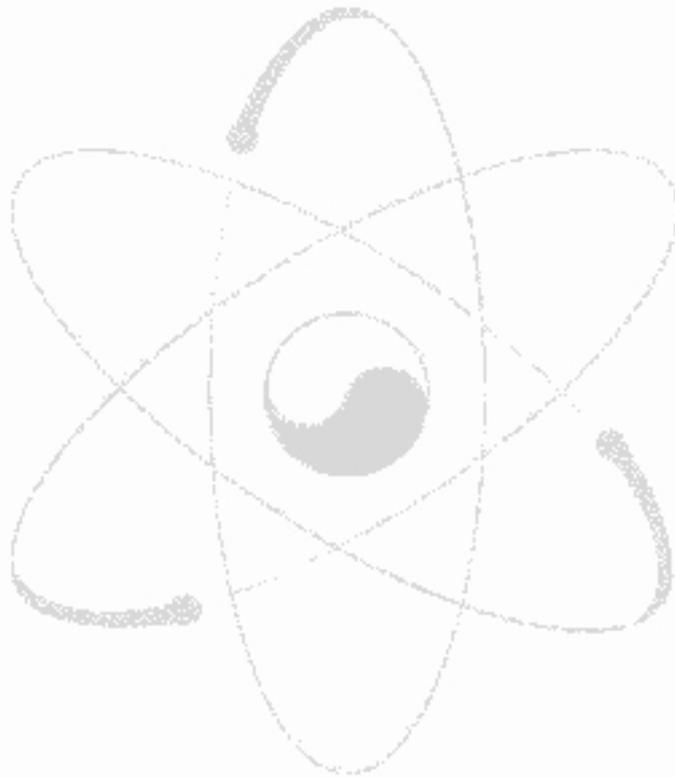
가압기 밀림관으로 쓰이는 Type 347 스테인레스 강의 용접부의 석출물을 전해추출법을 이용하여 정량분석하였다. Ni기 superalloy 에 대해서 ASTM 에 표준화되어 있는 방법이 austenite 계 스테인레스 강에도 적용될 수 있음을 확인하였다.

전해 추출된 석출물들에 대한 XRD 시험결과, Nb(C, N) 계 석출물로 분석되었다.



## 참 고 문 헌

- [1] USNRC, Leak Before Break Evaluation Procedure, USNRC Report NUREG-800, Standard Review Plan. 3.6.3 (1987).
- [2] Y. J. Oh et al., J. of Material Science, Vol. 34 (1999) 4751.
- [3] J. H. Hong et al., KAERI Report, KAERI/CR-59/98 (1998).
- [4] ASTM, Standard Designation E963-95 (Reapproved 2000).



서 지 정 보 양 식

서 지 정 보 양 식							
수행기관보고서번호		위탁기관보고서번호		표준보고서번호		INIS 주제코드	
KAERI/TR-2355/2003							
제목 / 부제		원자력용 스테인레스 강 용접부 석출물의 정량분석 방법					
연구책임자 및 부서명		이봉상 / 원자력재료기술개발부, 파괴특성평가 및 향상기술개발과제					
연구자 및 부서명		윤지현(주저자), 박순동 / 원자력재료기술개발부, 파괴특성평가 및 향상기술개발과제					
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소		발행년	2002. 12.	
페이지	p.	도표	있음( O ), 없음( )		크기	29.7 cm.	
참고사항							
공개여부	공개( O ), 비공개( )		보고서종류		기술보고서 (TR)		
비밀여부	대외비 ( ), __ 급비밀						
연구위탁기관				계약 번호			
초록		<p>스테인레스 강 용접부 석출된 탄화물은 매우 미세하고 그 분포도 일정하지 않아서 metallography 등의 방법으로 그 정확한 함량을 측정하기는 거의 불가능하다. 본 보고서 전기화학적 방법으로 석출물만을 추출해 낸 후 그 무게를 칭량하여 용접부 내부의 석출물의 함량을 측정하는 방법을 자세히 기술하고 가압기 밀림관으로 쓰이는 Type 347 스테인레스 강의 용접부에 대한 실제 측정예와 함께, 분리된 석출물에 대한 성분확인 결과 등을 제시하였다. Ni기 superalloy 에 대해서 ASTM 에 표준화되어 있는 전해 추출 방법이 austenite 계 스테인레스 강의 석출물의 정량분석에도 적용될 수 있음을 확인하였다. 전해 추출된 석출물들에 대한 XRD 시험결과, Nb(C, N) 계 석출물로 분석되었다.</p>					
주제명키워드 (10단어내외)		347 스테인레스 강, 용접부, 밀림관, 석출물, 전해추출					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	
KAERI/CR-2355/2003					
Title / Subtitle		The Quantitative Analysis Method of the Precipitates in weldments of Stainless Steel for Nuclear Power Plant			
Project Manager and Department		Bong-Sang, Lee (Nuclear Material Development Department)			
Researcher and Department		Ji-Hyun, Yoon, Soon-Dong, Park			
Publication Place	Daejon	Publisher	KAERI	Publication Date	2002. 12.
Page	p.	Ill. & Tab.	Yes( O ), No ( )	Size	29.7 cm.
Note					
Open	Open( O ), Closed( )		Report Type	Technical Report (TR)	
Classified	Restricted( ), ___Class Document				
Sponsoring Org.			Contract No.		
Abstract		It is almost impossible to measure the contents of ppts in stainless steel weldments by metallography because those are very fine and their ununiform distribution. In this report, electro-chemical method which make it possible to quantitatively analyze the contents of ppts in stainless steel weldments. Furthermore the XRD test results for the extracted ppts were listed. It was confirmed that the possibility of adaption of the ASTM standard electrolytic extraction method for Ni-base supperalloy to quantitative analysis of ppts in austenite stainless steel. It was concluded that the extracted ppts were Nb(C, N) from the XRD test results			
Subject Keywords (About 10 words)		Type 347 SS, weld, surge line, precipitates, electrolytic extraction			