

반도체 공장에서 가스계의 고청정 시공법

한국공기청정연구조합
(자 료 실 제 공)

1. 머리말

LSI의 제조에서 다종다양의 가스가 사용되고 이런 가스는 웨이퍼에 모든 프로세스에 접하게 된다. 따라서 LSI의 고성능화 또는 고집적화 고신뢰성의 확보의 향상을 위해서는 이런 가스의 초고순도화가 요구된다. 가스의 초고순도화를 위해서는 가스중에 존재하는 불순물 또는 가스 공급배관계에서 발생하는 오염물의 감소가 필요하다. 즉, 가스의 초고순도화를 위해서는 가스 자신의 초고순도화와 가스공급 배관계의 초고청정화가 필수조건이다.

가스공급 배관계의 울트라(ULTRA)클린화의 요건을 표1에 나타낸다. 기존 가스 공급계에 사용되는 밸브나 부품의 대부분은 울트라 클린화의 개념에 준하여 설계·제작되고 있다. 그러나 초고청정 부품은 사용하여도 가스공급계의 제작·조립하는데 오염물이 발생되고 이 오염물이 가스계 내에 혼합된다면 가스공급계의 초고청정화를 실현할 수 없다. 따라서 구성부품의 초고청정성을 가스공급계에 생기기 위해서는 각 구성부품을 접속하는 용접기술의 고청정화 조립작업공정의 환경제어가 중요하다.

여기서는 반도체 공장에서 가스계의 제작·시공법의 변천에 대하여 간단하게 기술한 후 용접에서의 파티클의 발생과 고청정강의 용접기술에 대한 개략적인 설명을 하고 앞으로의 고청정 시공법에 대하여 기술한다.

표1 ULTRA CLEAN화의 용건

I. 초고순도 가스

메이커에서 공급되는 원료가스 종류에 특수재료가스는 가능한한 고순도화 할 것.

II. 가스공급계에 사용되는 부품

액화 저장에서 Use Point까지 가스를 청정하게 공급하기 위해서는 가스계를 구성하는 각 Component는 아래의 6가지 요건을 만족하지 않으면 안된다.

- ① 외부 Leak free
- ② Particle Free
- ③ Dead Zone Free
- ④ Out gas Free
- ⑤ 플러스 체크 재료 Free
- ⑥ Coro zone Free

III. 가스공급계의 시스템 디자인

- 빠르게 설치하는 성능
- 접가스면에서 방출가스를 극미량으로 제어하는 산화부동 처리기능
- 가능한 고농도의 특수재료 가스를 사용하고 실린더 교환 빈도를 저감한다.
- 고농도한 특수가스로 Use Point에서 바라는 농도로 공급하는 정밀 희석 시스템
- 플러크 체크 재료를 함유한 Component를 사용하여 가스공급계의 상시 퍼지시스템
- 상시 퍼지 불요의 오메크로 제 산화 부동태 처리·고순도가스 공급계
- 안전성을 고려한 가스공급계의 완전자동화

IV 시공방법

- 사용되는 재료, Component의 출하·운송시에는 이중 질소 가스 퍼지 케이싱
- 이중 질소가스 케이싱을 시설할 재료·Component의 시공직전시의 개봉
- 고청정도 분위기에서 시공(실외 시공시는 포터블 클리 부스를 사용)
- 초고순도 Back Seal Gas, Arc Gas를 사용한 초고청정도 용접기술

2. 가스계 제작·시공법의 변천

종래 가스공급계에 사용되었던 배관재료는 대부분이 SUS304, SUS316이었다. 용접 방법은 수동으로 텅스텐·이너트·가스아크용접(TIG용접)이 있다. 수동 TIG용접의 경우, 이것은 차입 용접법을 쓰고 있고 용접시공은 용이한 것이 특징인 반면 테스트 스페이스가 많고 용접의 품질을 향상시키는 데 곤란하다. 그리고 용접의 품질은 용접작업자의 기량이 크게 의존되고, 용접부 형상은 동일작업자에서도 다르게 나타난다.

이후 자동 TIG용접기로 사용한 I개선, 논휘라를 완전 녹여서 넣고 접하는 용접법에 개발되어, 테스트스페이스 용접의 불균성등의 문제는 해결되었다. 자동 TIG용접기는 가

스공급계의 시공에 완전히 도입된 것은 1MB-Dynamic Random Access Memory (DRAM) 제조를 위한 공장에서 이다. 동시에 배관재료도 용접부에서 일어나는 카바이드(Cr-C) 석출되는 내식성의 노화를 방지하기 위하여 SUS316L가 많이 사용되고 있다.

여기서 가스공급계의 고청정 시공법의 개념이 있다. 고청정시공법에서는 대기중에서 오염물의 혼입을 여하간에 방지하는 것이 가장 중요하다. 그러나 최근의 연구에서 오염물 혼입 이외에 배관내부에서 발생하는 오염물이 존재한다는 것을 판명됨으로 하여 용접에서 Particle이 발생된다.

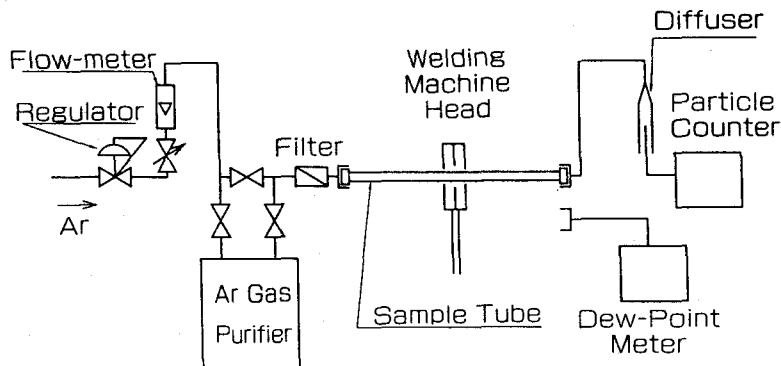


그림 1. 실험계의 개략도

3. 용접에서의 Particle발생

그림1은 용접에서 Particle의 발생을 조절하기 위하여 제작한 실험계를 나타낸다. Sample관은 외경 1/4인치 SUS316L 전해연

마관을 사용한다. 미리 가스정제기에서 정제된 알곤(Ar)가스를 필터를 거쳐 Sample관에 도입하고, 이 수분농도를 수액발전식 노점계로 측정한다. 이 알곤 가스는 실제

용접하는 배관내면의 산화를 방지하기 위한 Back Seal 가스에 상당한다.

Ar가스 중에 수분농도가 10ppb이하 인것을 확인하고 이 상태에서 Particle Counter에 연결하고 Sample관에서 발생하는 Particle을 측정하고 O Level을 확인한다. 이 후 Sample관의 임의의 위치에서 용접기 베드를 설치하고 미리 설치한 용접조건으로 비드온에 모의용접을 한다. 이때 Ar가스 유량은 $3 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$, Sample량은 $5 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$ 로 하여 Sampling법은 등속흡입법을 사용한다.

그림2는 모의 용접시 Particle농도의 측정치를 나타낸다. 그림중의 O, ●는 Ar가스 중의 수분농도가 각각 10ppb이하, 0.15ppm의 경우의 평균치, Bar는 5회 동일조건으로 용접 할 때의 표준편차이다. 금속을 용접한 내면까지 달하지 않는 경우 이 농도는 수분농도에 관하여 적다.

한가지 금속이 완전히 용접한 경우 농도는 매우고고 $10^7 \sim 10^8 \text{m}^{-3}$ 이다. 한편 금속의 용해에서 Ar가스중에 금속 증발 또는 Ar가스중에 재응축하여 생성되는 Particle가 Ar가스의 흐름에 동반하여 계측되는 것도 고려하여야 한다. 그리고 Particle농도는 Back Seal가스 중의 수분농도에 의존하여 수분농도가 10ppb이하의 경우(O)의 Particle농도는 수분농도 0.15ppm의 경우(●)와 비해 약1행 적다.

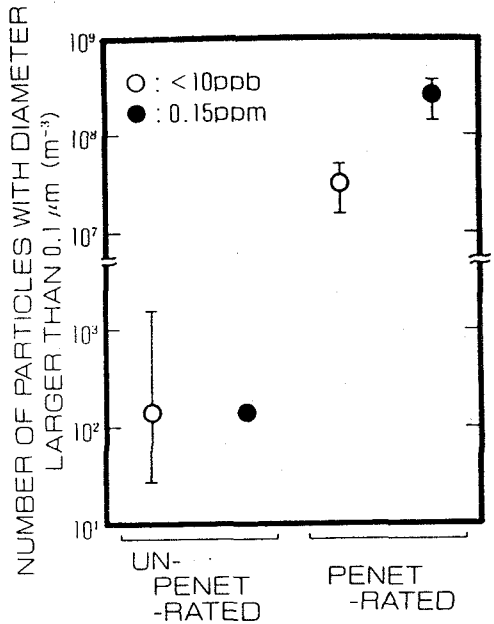


그림 2. 모의용접시의 PARTICLE농도

그림3은 완전 용접의 경우에 계측되어진 Particle의 각각 입경에서 누계 Particle농도를 나타낸다. $0.1 \mu\text{m}$ 이상에서의 누계 Particle농도는 $10^7 \sim 10^8$ 의 큰 값을 나타내고 Back seal가스중의 수분농도가 10ppb이하의 경우가 0.15ppm의 경우와 비교하여 약 1행 적은값을 나타낸다. 이런 경우에도 분포는 $0.15 \mu\text{m}$ 에서 $0.3 \mu\text{m}$ 에서 평행이고 클린룸내에서의 분포는 확실하게 다른 것이 있다.

이 평행부의 출현은 입경별 Particle농도에 극소치가 존재한다는 것을 나타내고 있다. Particle Counter에서 구분되는 입경구분을 하여 Back seal가스의 수분농도에 대해서 Particle농도는 $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 의 입경구분으로 극소치를 나타낸다.

그림4는 완전용접 경우의 배관내면 용접 부 면적(이피면적:裏彼面積)에 대하여 $0.1\mu\text{m}$ 이상의 Particle농도를 나타낸다. 이피면적은 배관내면의 용접 부쪽에 배관의 내주(內周)를 곱하여 산출한다. Particle농도는 이피면적의 증가에 따라 크지 않고 수분농

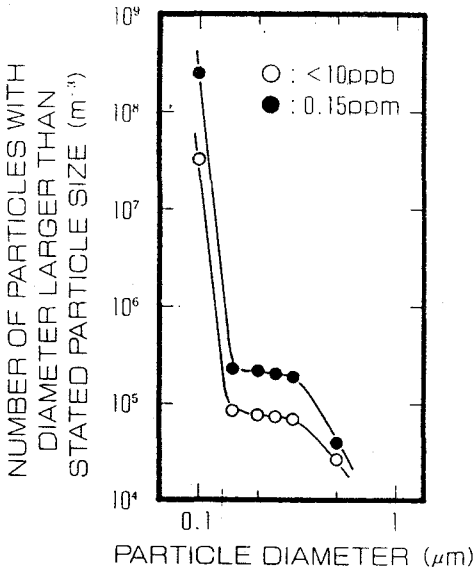


그림 3. 완전용접용접세의 누계 PARTICLE 농도

도가 10ppb이하의 경우 이피면적이 15mm^2 시의 Particle의 농도는 10^7m^{-3} 이다. 또한 Back seal가스 중의 수분농도를 10ppb이하 까지 저감함에 따라 수분농도가 0.15ppm의 경우가 비교할 때 동일 이피면적에도 Particle농도는 1행이상 저감하다. 따라서 수분농도에 대한 입경별 Particle농도의 극소치의 위치가 변화하지 않는 Particle의 생성에

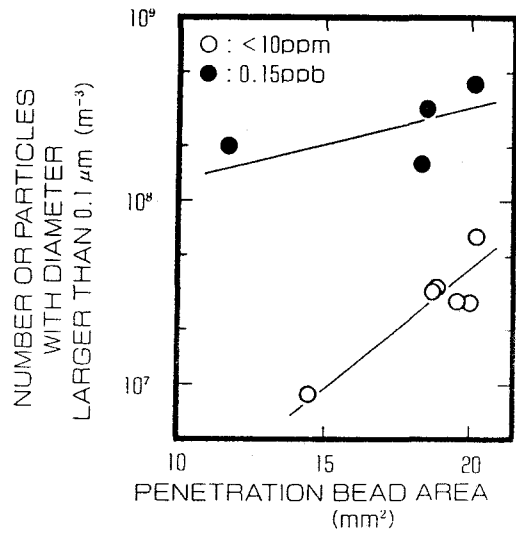


그림 4. 이피면적에 대한 PARTICLE농도 의존성

관하여는 용접시기 발생되는 금속증기와 수분자의 반응이 주요한 요인이 아니고 수분의 열해리에서 생기는 이온이 금속증기의 응축액으로 기여하고 있는 것을 추정한다.

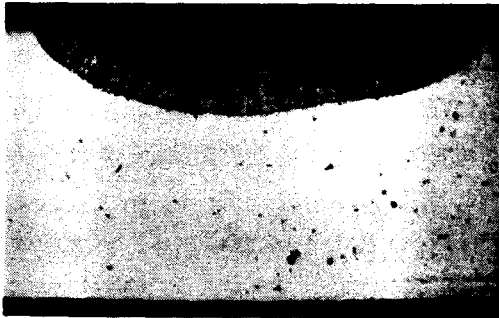
이상의 결과에서 배관용접시에 발생 Particle농도를 저감시키고 청정 용접기를 확보하기 위해서는 Back seal가스를 가능한한 수분농도를 낮게한 것을 사용하여 이피면적은 이 안정성을 충분히 고려하여 가능한한 적게하는 것이 필요성이 있다.

4. 고청정강 용접의 문제점과 그 대책

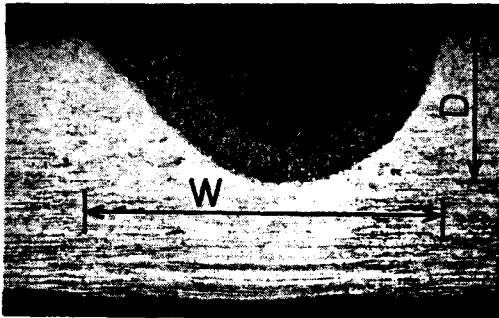
최근 스테인레스 강중에 불순물을 가능한한 저감한 고청정강이 개발, 실용화 되고 있고 SUS316L재에서 로트에서의 용접성이 크게 다른 것이 문제가 되고 있다. 그러나 그림5에 나타나 있는 용접비트 폭(W)에

대한 용입 깊이(D)가 같이 용접조건에도 크게 다르고, 이피면적의 제어가 곤란하다. 그리고 용접을 하여 비트폭은 크게 얻을 수 없다.

이 결과 용융금속자신의 증량에 의해 비



(a) SUS 316 L (10ppmS), D/W=0.18



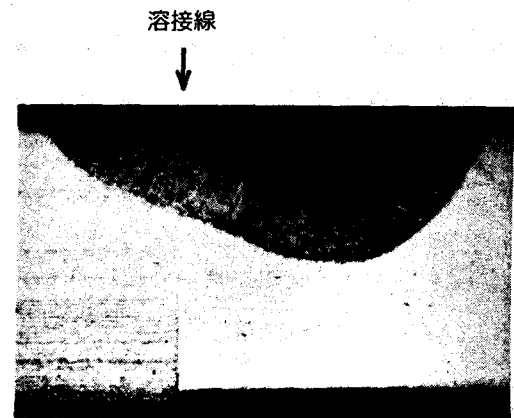
(b) SUS 316 L (40ppmS), D/W=0.41

그림 5. 강재성분이 다름에 따른 용입깊이의 비교

드가 수직아래에서 녹아 떨어지는 문제가 발생된다. 이런 문제의 원인은 강중에 존재하는 황산(S), 산소(O)등의 표면 활성원소에 기인되고 있다. 종래에 용접성이 표면활성 원소량에 좌우되고 있는 것을 오래전부

터 지적되고 있고, 특히 강중에 S성분량이 적고 D/W는 적다.

가스공급계에 있는 밸브 등 교환이 필요한 부품의 접속에는 정밀계수(繼水)를 사용한다. 이 정밀 계수는 절삭가공에서 제작되고 절삭성을 향상시키기 위해 S성분 함유량은 의식적으로 높인다.



SUS 316 L (左 : 40 ppmS, 右 : 10 ppmS), D/W=0.31

그림 6. 강재성분의 다른 재료를 용접시의 단면

그림6은 이 정밀계수와 S성분 함유량이 적은 배관의 용접예를 나탄낸다. 계수와 배관의 S성분 함유량이 다른 것은 비드의 편(偏)이 일어나고 고품질의 용접이 곤란한데 있다.

이상의 많은 문제점을 해결하기 위해서는 용접조건을 최적화를 하고 S성분함유량이

적은 재료에도 가능한한 크게 D/W를 얻을 수 있는 것이 필요하다.

용접조건에 많은 Parameter가 있다. 여기서는 용접조건에서 용접전류, 용접시간, 텅그스텐 전극과 배관과의 간격은 프라즈마를 발생되는 아크가스의 성분과 배관 재질을 취하고, 이런 조건을 변화시킬 때의 D/W를 정지 TIG용접에서 조사한 결과의 대표예를 나타낸다. 표2는 시험에 사용한 재료의 화학성분을 나타낸다. 이러한 재료도 JIS규격에서는 SUS316L과 분류되는 것도 있다.

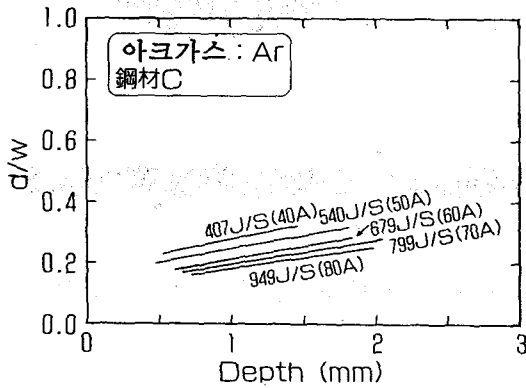


그림 7. 입열량에 대한 용입 깊이와 D/W의 관계

그림7은 단위시간당 입열량에 대한 용입 깊이(D)와 D/W의 관계를 나타낸다. 용입 깊이의 증가하지 않고 D/W가 직접적으로 증가하는 것도 있다. 한편 동일 용입 깊이에서는 단위시간당 입열과 반비례하고 D/W가 감소한다. 그리고 용접전류가 크고 단 시간에 용접이 가능한 반면 D/W는 적은

것도 있다.

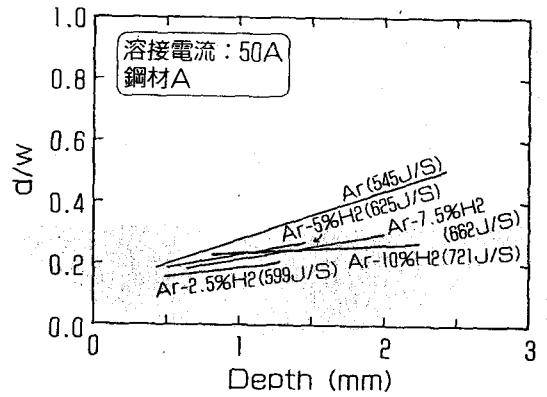


그림 8. D/W에 대한 아크가스 중 H₂농도와 영향

그림8은 D/W에 대한 아크가스 중의 수소 성분 (H₂)의 영향을 나타낸다. H₂첨가량의 증가없이 D/W는 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 H₂의 첨가에 따른 2가지의 효과가 있다. 그 하나는 H₂의 첨가에 따른 용접 전압이 상승되는 결과, 단위시간당의 입열량이 상승하고 다른 하나는 H₂첨가에 따른

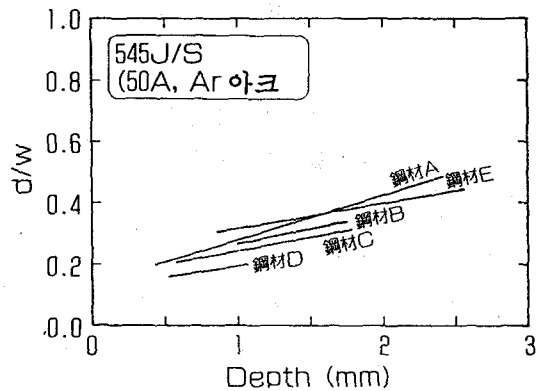


그림 9. D/W에 대한 재료중 화학성분의 영향

표2 사용재료의 화학성분

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	O °
鋼材A	0.020	0.48	0.97	0.027	0.001	12.30	17.43	2.28	21
鋼材B	0.010	0.38	1.07	0.017	0.001	12.15	16.30	2.10	23
鋼材C	0.020	0.34	1.10	0.028	0.001	12.67	17.42	2.58	21
鋼材D	0.021	0.37	1.21	0.026	0.001	12.90	16.85	2.17	29
鋼材E	0.015	0.41	1.06	0.027	0.004	13.43	16.22	2.38	58
JIS G3459	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.040	≤0.030	12.00~	16.00~	2.00~	-
SUS316LT						16.00	18.00	3.00	

*ppm

나마로피치 효과가 나타나고 아크와 긴축한 결과 단위면적당 입열량이 상승되고 있다.

그림9는 D/W에 대해서 재료중 화학성분의 영향을 나타낸다. 재료는 이외의 재료에서 S성분 함유량은 10ppm이다. 이와 관련하여 D/W에 유의차가 존재하는 것을 알 수 있다. 그리고 재료 E는 S성분 함유량이 40ppm이고 재료A와의 사이에는 큰 차이를 인식할 수 없다. 이상의 결과는 S성분 함유량이 매우 적은 경우 S성분 이외의 원소 영향이 현저하다는 것을 나타내고 있다.

용접현상에 대한 재료중의 화학성분의 영향에 대해서는 세밀한 검토가 필요하고 기타 주요한 조건을 최적화하여 D/W를 크게 하는 것이 가능성이 있다.

5. 앞으로의 고청정 시공법

이상 용접시에 발생하는 Particle의 저감, 그리고 배관 내부에서 발생하는 오염물량의

저감에 대해 서술 하였다. 기타 대기중에서 혼입되는 오염물의 저감이 필요한 것은 말할 나위 없다. 앞으로 고청정 시공법은 내부에서 오염물 발생량의 저감 뿐만 아니라 대기중에서 오염물의 혼입방지의 그 면에 대해서 주의를 기울여야 한다.

내부에서는 Particle발생에 대해서는 용접 조건의 최적화, Back Seal Gas중의 수분량 저감과 Particle가 부착되어 있는 내면처리에 대한 정도의 저감에 가능하다. 또한 대기중에서 오염물의 혼입방지 대책에 대해서 여러가지로 고려하고 있다. 이 예를 아래에 서술한다.

대기중에서 오염물의 혼입 방지를 위해 제일먼저 고려되어야 하는 것을 용접시공 전후에 혼입되는 대기성분을 여하간에 저감시켜야 한다. 이렇게 하기 위해서는 배관용 접시 또는 전후에 가스계 내에 흐르는

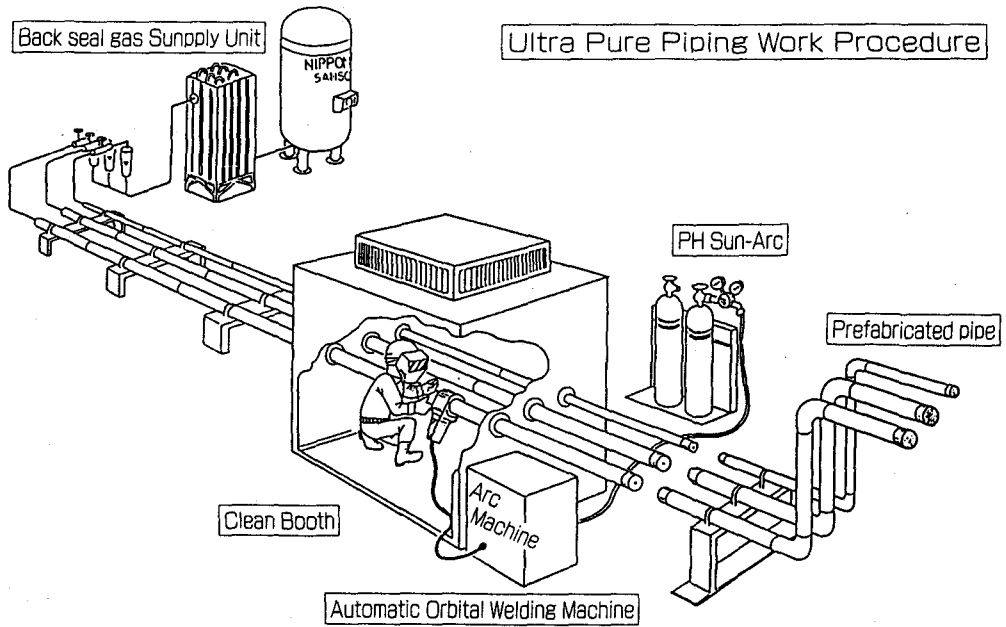


그림 10. 실외에서 용접시 공여

Back Seal Gas를 항상 계내에 퍼지시키는 것이 필요하다. 그리고 시공기간 중에는 Back Seal Gas가 흐르는 상태에 있어야 한다. 용접시 이외에는 배관 말단부 적절한 오리피스를 설치하여 그 유량 1/2인치 배관에 2000cc/m 정도가 적절하다. 다음에 중요한 것은 Particle의 혼입방지 대책이다. 그림10은 실외에서 용접시공의 일 예를 나타낸다. 용접부는 간이 클린부스를 설치하고 대기에서 Particle혼입을 가능한한 저감한다.

클린부스의 청정도는 CLASS 100정도 이다. 대기 중에는 통상 0.1 μ m이상의 Particle가 10¹⁰개/ft³ 존재한다. 이 많은 Particle가

용접시에 계내에 혼입되는 것을 방지하기 위해서는 용접환경을 가능한한 제어하여야 한다.

6. 맺음말

반도체 공장에서 가스계의 제작·시공법의 변천에 대해 간단히 서술한 후, 용접에서 Particle의 발생과 고청정장의 용접기능에 대해서 간략히 설명하였다.

고청정시공법을 확립하기 위해서는 배관계 내부에서 오염물 흡입을 방지하고 용접시에 발생하는 Particle을 중심으로 오염물량을 저감시키는 것이 중요하다.

오염물 혼입 또는 발생의 방지대책을 시행하면서 배관계의 용접 조립을 한다면 당

연히 초기 투자비가 상승한다. 그러나 이 금액 상분을 설치시에 고청정시공법에 의해 제작되어진 가스계에서 초고순도가스를 대량으로 공급시 Process 분위기의 Cleaning 를 긴밀히 실시하는 것, 그리고 공장전체에 설치하는 것을 1일이라도 빨리하는 것이 좋다.

참 고 문 헌

- 1) 大見忠弘 : 応用物理、58、2、193-211 (1989)。
- 2) Kanno, Y. and Ohmi, T. : Microcontamination. 6, 23-30 (1988).
- 3) 大見忠弘他 : "超クリーン化技術"、日経マイクロナデバイス別冊、日経BP社 (1988)。
- 4) 石原良夫 : エアロゾル研究 6(2)、143-148(1991)。
- 5) 藤井修二 : エアロゾル研究、3(4)、292-298 (1988)。
- 6) 山田武海他 : NKK 技報、127、20 (1989)。
- 7) Heiple et. al. : Adv. Weld Sci. Tech. 387 (1986)。
- 8) 中村幸司、信時実 : 配管・装置・プラント技術 '91、5、4-9 (1991)。
- 9) 大見忠弘他 : トータルクリーンシステム-スーパークリーンルームの空調除塵システム-LSI製造におけるプロセス高性能化技術IV-クリーンルーム付帯設備の高度化"、半導体基盤技術研究会、13-31 (1990)。

도서 발간 안내

—냉동공조기술—

한국냉동공조기술협회에서 '90년 하반기부터 추진해왔던 상급편 "냉동공조기술"이 발간되었습니다. 동 도서는 냉동공조업계에 종사하는 실무자들의 교육 지침서뿐만 아니라 각종수험(기술사, 기사 등)대비서로서 충분한 내용이 수록되어 있습니다.(4×6배판, 2도인쇄 560페이지)

구입을 원하시는 분은 아래와 같은 방법으로 신청하여 주시기 바랍니다.

—아 래—

1. 정 가 : 1부당 ₩25,000이오며 회원 및 10권 이상 구입하시는 분은 20% 할인 판매합니다.
2. 구입방법 : 1) 협회로 직접 내방하는 방법(시중 서점에서는 팔지 않음)
2) 시중은행, 농협 99번 지로창구에 대금을 납부하시면 우편으로 보내 드리겠습니다.)
(지로번호 : 7520761 계좌주 : 한국냉동공조기술협회. 지로용지는 각 은행 99번 창구에 있어오며 보내시는 분의 주소, 성명, 전화번호 및 상급교재대, 라는 명칭을 필히 기입해 주시기 바랍니다.)
3. 신청 및 문의 : 한국냉동공조기술협회 전화 671-2941 팩시 671-2942