

# 연강절단에 있어서 산소 PLASMA의 적용에 관하여

小池酸素工業株式會社  
 PLASMA · LASER 技術研究所  
 中野 悅男

## 1. 서두

일본에 있어서, PLASMA 절단의 연강절단분야의 적용은, 1972년에 AIR PLASMA를 NC 절단기에 탑재함으로써 시작되었다.

그것이전의 PLASMA절단은, GAS로 절단할수없는 재료의 절단기로서 적용되어, 미국으로부터 일본으로 들어온것은, 1955년경이다. 당시의 절단법으로서, 그 고속성은 유례를 볼수없는 것이었으므로 산업계에서 가장많이 사용되고있는 연강재의 적용을 고려하지않았던것은 아니며, 1957년에는 이미 공기사용에 의한 연강재의 테스트가 행해지고 있었다.

그러나 당시의 전구는 텅스텐을 사용하고 있었으므로, 전구의 수명, 기계와의 접합, 절단면의 품질 등의 문제가 있으며, 실용화에는 미치지 못했다.

그후의 기술의 확립으로 前述한 것처럼 공기 PLASMA에 의한 연강절단의 적용이 활발화되었으며, 특히 조선관계에서는 各所에서 검토가 행해졌다.

공기 PLASMA의 경우, 고속절단성에 관해서는 별다른 문제가 없으나, 용접성, 절단면의 TAPER, 人件比對 消耗品代比比率에 의해, 사용이 한정되어 있었다. 연강절단의 적용이 본격화된것은, 1972년에 출현한 PLASMA GAS에 산소를 사용한 산소 PLASMA의 개발에 의해 START되었다. 이것들은, 대형기계에 의한 고속절단성 및 성력화를 목적으로한 기계화를 위해 진전된 것이다.

한편, PLASMA절단의 연강에의 적용화가 조선계를 중심으로 확산되는중에, PORTABLE 절단관계로 다시 공기 PLASMA가 거론되어 왔다. PORTABLE 절단관계에서는 절단품질, 절단면의 용접성 등이 거의 문제가 되지 않으며, 가격적요소가 중요하게 된다. 또, PLASMA절단의 경우는, 절단시 기술을 요하지 않으므로 1984년경부터 급격히 사용되어왔다.

더구나, 기계탑재용의 PLASMA절단은 조선계에서 SHEARING업계, 자동차업계까지 진출하고, 이것들의 사용상태에 따라 여러가지 요구가 있으며, 그것들에 대응해가는 중에서, PLASMA절단뿐만이 아니라 PLASMA절단을 행하기위한 SYSTEM기술의 향상이 꾀해지고있다.

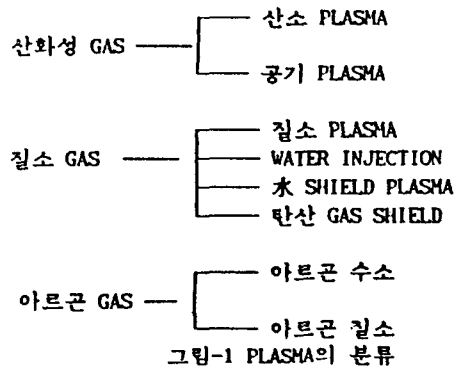
이처럼 PLASMA절단은, 현재의 일본에서는 패놓을수 없는 절단법으로서 현재의 지위를 쌓아올렸다. 그러나, 절단면의 TAPER의 문제, 소모품의 수명문제, 切斷板壓範圍 등 아직 개선해야할 문제가 있다. 급후, 기술진보가 계속되고, 현상의 문제를 해결하기위해 이행하고 있다.

이하에, 연강절단용의 산소 PLASMA를 주체로 현재의 상태 및 새로운 기술에 관해서 소개한다.

## 2. 軟鋼 절단에 사용되는 PLASMA

PLASMA절단은, 크게 나누어 그림-1처럼 3종류로 분류되며, 각각에 보조가스나 단일가스가 사용되어 진다.

이것들의 PLASMA는, 절단할 금속의 종류에 따라 절단품질, 절단속도 등이 그림-2에 나타나듯이 다르므로, 각각 재질에 적합한 PLASMA가 존재하게 된다.



그림에 나타나듯이 연강을 절단할 경우는, 산소 GAS를 PLASMA GAS로서 사용하는 산소 PLASMA, 및 물을 ARC柱에 부딪히게하는 WATER INJECTION PLASMA가 최적이다.

절단대상 재료	P L A S M A   G A S의   종 류				
	산소 PLASMA	공기 PLASMA	질소 PLASMA	아르곤수소 PLASMA	WATER INJECTION
연 강	DROSS FREE로 양질의 절단을 얻을수 있다.	DROSS FREE로 되기 쉽지만 질화층이 생긴다.	DROSS의 부착이 大. 질화층이 생긴다.	DROSS의 부착이 크다.	DROSS FREE로 양질면을 얻을수 있다. (산소 사용시)
스텐레스	DROSS FREE지만 먼의 거칠기가 발생	DROSS FREE지만 먼의 거칠기가 발생	DROSS FREE. 面粗度도 세세하지만 질화 때문에 검게 된다.	양질, 금속표면이 노출	양질면이며 번색하지 않는다. (질소 사용시)
알루미늄	DROSS FREE지만 먼의 거칠기가 조금발생	DROSS FREE지만 먼의 거칠기가 조금 발생	DROSS FREE지만 먼의 거칠기가 조금 발생	양질, 금속표면이 노출	양질, 금속표면이 노출 (질소사용시)

그림-2 각 PLASMA절단의 적용재질과 절단면의 특징

2. 연강절단의 幅에서 PLASMA절단이 占하는 위치

현재의 熱절단법은 크게 나누어 GAS절단, PLASMA절단, LASER절단으로 분류된다. 이것들의 절단법에서의 적용은 주로 절단두께와 절단되는 부재의 요구정도, 및 절단 COST에 따라 선택되어있다. 절단두께를 고려하면, LASER가 어떻게 후판이 절단 가능한가에 도전하고 있지만, PLASMA절단도 같은 형태이다. GAS절단에 관해서는 절단속도에 중점을 두고있지만, 기술적으로는 한계에 가깝기때문에 효과적인것이 별로 나오고 있지않다.

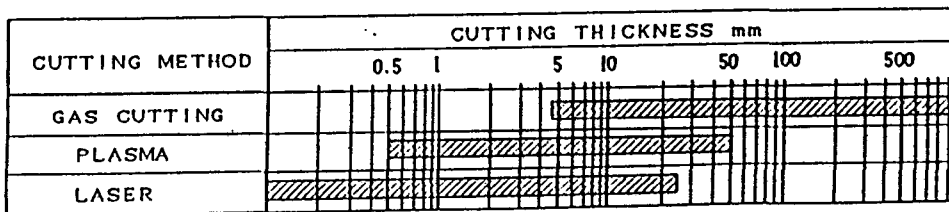


그림 - 3 각절단법과 절단두께범위

현상의 연강절단두께를 그림 - 3에 나타낸다. 이 그림에서 나타나듯이 PLASMA절단에서는, 두께 0.5mm정도에서 50mm까지의 절단은 가능하다. 그러나 품질등을 고려하면, PLASMA의 종류가 한정되므로 후판범위는 약간 넓게된다. 기계탑재를 고려한 경우, 0.5mm정도의 박판은 DUCT관계가 主流로 되어있으며, 조선계에서는 6mm~25mm정도까지 사용되고 있다.

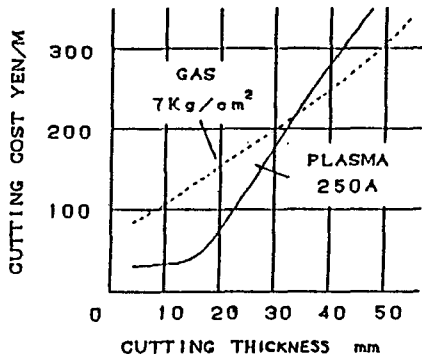


그림 - 5 절단 COST의 비교

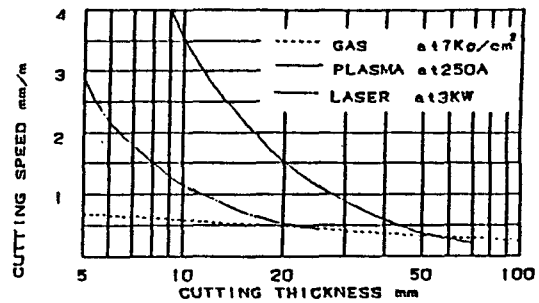


그림 - 4 각 절단법의 절단속도비교

절단속도적으로는, 그림-4에 나타내지듯이 절단두께 50mm까지는 PLASMA절단이 가장바르며, 20mm까지는, LASER가 GAS절단보다 빠르게 된다.

이것들의 속도 및 소모품들의 가격을 일반적인 가격으로 설정하고, 절단 COST를 산출하면, 그림-5 처럼되며, 하나의 TORCH로 비교하면, 절단두께 32mm정도가 GAS절단과의 CROSS POINT가 된다. 따라서, 현재의 PLASMA절단의 속도, 및 소모품의 수명이 길어지지 않는한, PLASMA절단에서의 軟鋼材의 절단범위는 32mm이하라고 말할수 있다.

#### 4. 인강절단용 TORCH의 구조

현재, 일반적으로 실용화되고있는 인강절단용 PLASMA TORCH의 기본구성을 그림-6에 나타낸다. 절단법으로서, DRY절단과 웨트(WET)절단 즉, 수중절단법이 실용화되고 있다. 각각의 절단법에는 장단점이 있으며, 무엇을 요구하는가에 의해 구분되어 사용되어진다.

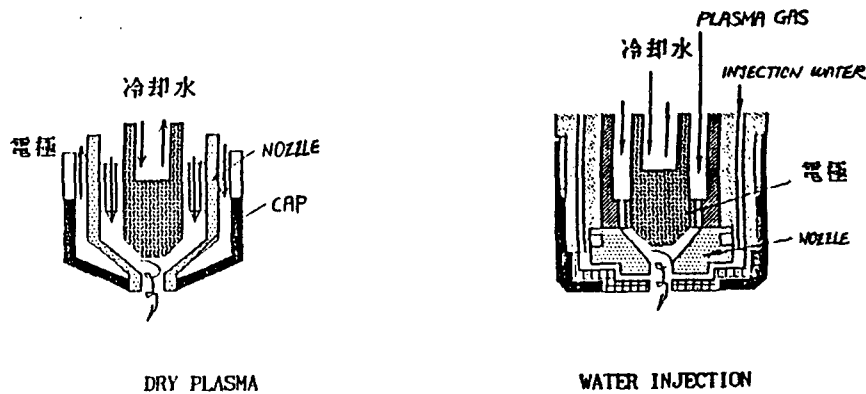


그림 - 6 인강절단용 PLASMA TORCH의 기본구조

DRY PLASMA는, 전류對절단속도비가 높고, 절단효율이 좋은반면, 빛, 소리가 비교적 크다. 發煙에 관해서는, 집진기등의 주변기기가 확립되어 있으므로, 가격적인 문제가 발생한다.

WATER INJECTION PLASMA는,水中또는 半水沒 상태로 사용된다. 이것의 장점은,빛이 물로 인하여 차단되는것 및 소리도 水中에서 흡수되는 점이다. 반면,ARC에 물을 직접 부딪히게 하므로,전류對 절단속도比가 나쁘게 되며,동일전류에서 비교하면,절단속도는 저하된다. 더구나 물의 처리가 문제로 되며,급속이 배수시 용합되는일로,그 대책에 비용이 든다.

이것들의 문제를 極力 해결하고,절단효율을 올리기 위하여 各社는 獨自의 개발을 행하고 있다. 따라서 각 TORCH는,사용되는 전원과 일치되도록 설계되어있다. 이때문에,성능을 FULL로 발휘하기 위해서는 필요한 각부의 치수는 준수되어야한다. 주로,이것들의 특성은 소모품의 수명,절단면의 품질에 크게 영향을 준다.

기본적으로는 전극이 있으며,그 주위를 PLASMA化시키는 GAS를 흘려,절단 TIP의 NOZZLE부에서 GAS를 拘束하는 구조로 되어있다. 초기단계는 TIP과 전극간에서 ARC를 발생시켜 (이것을 PILOT ARC라 부르고 있다)GAS를 PLASMA化시킨다. PLASMA化된 GAS는 전기전도성이 좋으므로,절단재와 TIP의 거리가 가깝게 되면,이사이의 저항치가 작게되며,절단재에 전류가 흐르는 상태로 되어있다. 특히 주의해야할것은,이사이의 GAS의 흐르는법 및 전극의 芯 崩이다. GAS의 흐름은,NOZZLE의 가공 精度등에 의해서도 좌우된다.

### 5. 산소 PLASMA 절단의 성능

산소 PLASMA가 언강절단에 최적인것을 前段에서 설명했지만,실제의 사용면에서 절단성능,절단성 및 절단면등이 어떻게 되어있는가와 최근의 기술에 관해서 이하에 설명한다.

#### 5.1 TORCH 수직절단

PLASMA절단에서는,종래부터 절단면에 경사가 생기는것이 상식이였다. 절단면에 TAPER가 생기는 하나의 이유로서,그림-7에 나타내는 속도관계를 들수있다.

이처럼,PLASMA GAS의 선회가 右선회인 경우 우측절단면의 속도가 빠르고,좌측의 절단속도가 느리게 절단한것과 같게된다.

따라서,우측절단면의 TAPER각이 수직에 가깝게 된다.그러나,통상의 PLASMA에서는,이 각도가 수직은 되지않는다.이때문에 그림 - 8에 나타내듯이,각절단에 대한 TAPER각을 DATA로 산출해두고 TORCH를, 그 分角度를 붙여 절단하는 방법이 행해져 왔다.

이것이 開先設定裝置이다. 이 장치를 사용하면,다음에 서술되는 개선절단이 가능하게 된다.그러나,개선을 필요로 하지않는 I 절단이라도,이 장치가 필요하게됨에 따라 장치의 가격이 높게되는 경향이 있었다.

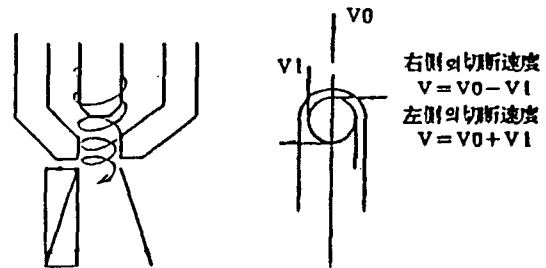


그림-7 절단면의 TAPER

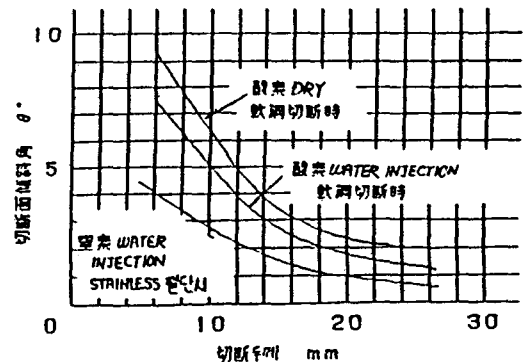
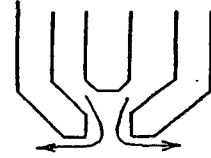


그림-8 절단면의 TAPER角

금회 新技術로서 PLASMA에 있어서도 제품축을 수직으로 절단하는것이 가능하게 되었다. 그 방식으로서는, 선회속도를 빨리하면, 각 NOZZLE部로부터의 VECTOR가 크게되며, 속도차가 증대한다. 그러나, PLASMA GAS의 선회를 강하게 하면, 그림-9에 나타나듯이, GAS流가 壁流效果를 일으키며, NOZZLE벽에 붙어 흐르게 된다. 따라서, NOZZLE내부에서 GAS선회류를 강하게 하는데는 한계가 있다. 이때문에 그림-10처럼 NOZZLE을 이중구조로 하고, 外側의 二次氣流로하여



선회가 너무강하면 GAS의 흐름이 NOZZLE벽에 붙어 흐른다.

그림-9 NOZZLE의 壁流效果

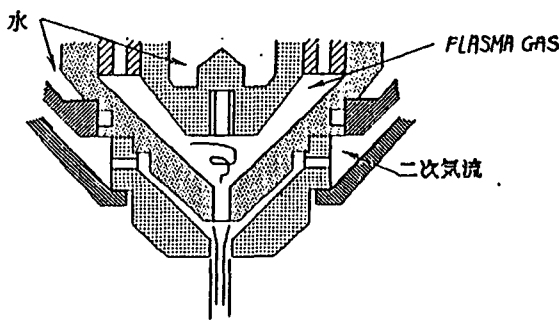


그림-10 二次氣流 TORCH

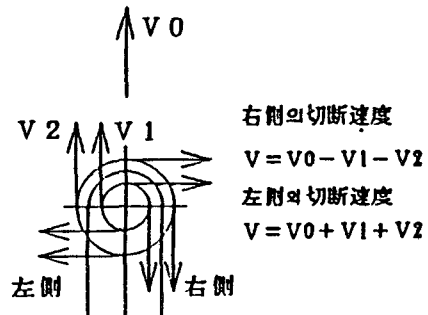


그림-11 二次氣流의 效果

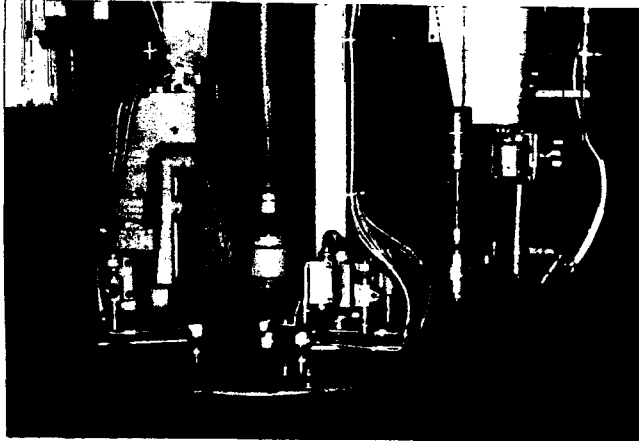
PLASMA GAS에 선회를 다시 준 결과, 제품축의 절단면이 수직으로 되었다. 이 요인은, 그림-11에 나타내듯이, VECTOR의 영향이라고 생각되어진다. TORCH를 수직으로 설정하여 절단한 결과의 커브 형상을 그림-12에 나타낸다.



절단면의 垂直性은 절단두께범위전체에 걸쳐, + 1.5° 이내로 들어가는것이 확인되었다. 절단 속도도 二次氣流의 보조적 효과로서, PLASMA GAS의 純度保持效果 및, 二次GAS에 의한, PLASMA ARC의 냉각효과가 작용하며, THERMAL PINCH가 행해진다고 생각되어, 從來形보다 1회 정도의 상승을 볼수 있었다. 당연한 일이지만, 電流值 및 NOZZLE徑이 같은조건으로서이다.

## 5.2 개선절단법

PLASMA절단에 의한 개선은, V절단이 主流이다. 이것들은, 그림-14 및 그림-15에 나타내는 개선 설정장치에 의해 실용화되어 있다.



전술한 것처럼, 개선설정각과 실절단각이 다르므로, 補正이 행하여지고 있다. 그림-16에 TORCH 설정각과 실제로 절단될 개선각의 관계를 나타낸다. 이 그림에 나타나듯이, 개선각이 적을수록 TORCH 설정각보다 實개선각이 크게되며, 개선각이 클수록 TORCH 설정각과 實절단각이 가까워지는 경향에 있다. 또 절단두께에 의해서도 설정각이 다르게 된다. 補正은, 이 그림에 나타나는 절단 DATA에 근거하여, 필요한 각도에 대한 TORCH 설정을 행하도록 되어 있다. 따라서 얼마나 정확한 補正 DATA가 필요한가가 제품의 精度와 연결된다.

개선각도精度는, 實절단의 결과로 표준편차를 구한 결과를 그림-17에 나타낸다. 편차적으로는, 두께가 두꺼울수록 정도가 좋게되는 경향을 나타내고 있다. 또, TORCH 각도설정장치는 비교적 크게 되어있는 듯 하지만, 精度가 높고 COMPACT하게 구성하는 것이 기계에 요구된다. 이때문에 현재의 기계적인 요인으로부터 볼 때 링크식이 最適이라고 본다. V 절단에 관해서는, 일본에 있어서, 조선관계의 작업소는 배놓을 수 없게 되었고, 현재의 큰 조선소에서는 90% 이상의 기계가 개선장치를 장착하고 있다.

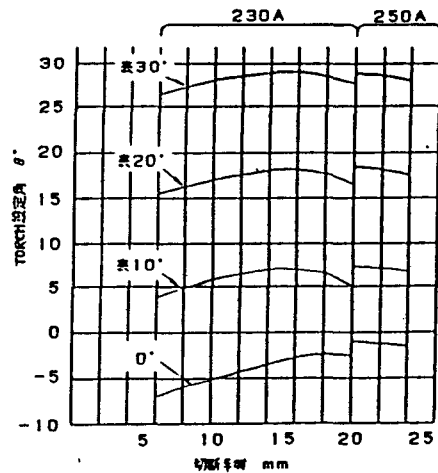


그림-16 TORCH 설정각과 실개선각

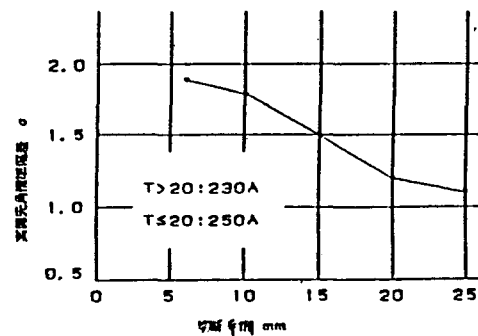


그림-17 개선각도의 표준편차

최근에는 SHEARING관계, 陸機관계에서도 개선장치를 사용하게 되었다.  
 이런점에서볼때, Y절단에의 요구가 높아지고 있으며, 이에따라 검토가 행해져왔다. Y절단은, PLASMA  
 절단에서는 어렵다고 말해지고 있었지만, 이 이유로서, ROOT면의 품질이 큰 요인이었다. 그러나, 용접  
 법이 진보하던중, ROOT면의 거칠기가 100u정도라도 문제없는것이 명확한일, PLASMA의 능력이 향상된  
 일 등에의해 실현이 가능하게 되었다.

Y절단법에는, 그림-18에 나타내는 2개의 TORCH로  
 한번에 절단하는 방법과, 그림-19처럼 1개의  
 TORCH로 2번절단하는 방법이다.

前者는, TORCH간의 OFFSET가 크므로, 곡선이 작으면,  
 ROOT면의 精度를 유지할수 없으므로, 직선및 직선에  
 가까운 완곡절단에 사용된다.

後者는, 비교적 작은원도 가능하지만, SCRAP의 돌출및  
 강재의 움직임등으로 큰 부재의 절단은 精度上 문제  
 가 발생한다.

어느방법이라도, 前述의 V절단과 같이 실제의 절단에  
 의한 DATA로, 각 TORCH를 보정해야한다.

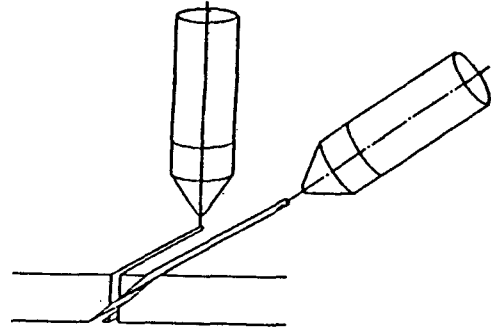


그림-18 두개의 TORCH에 의한 Y절단

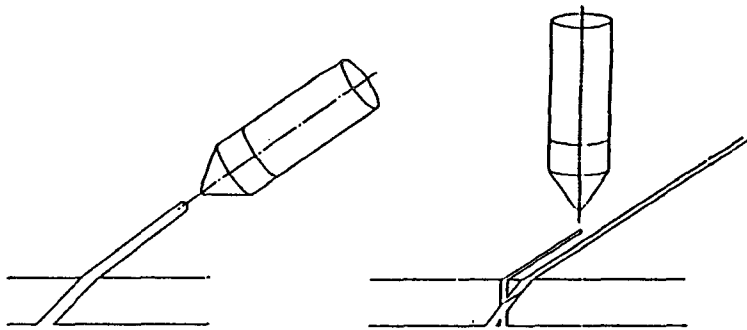
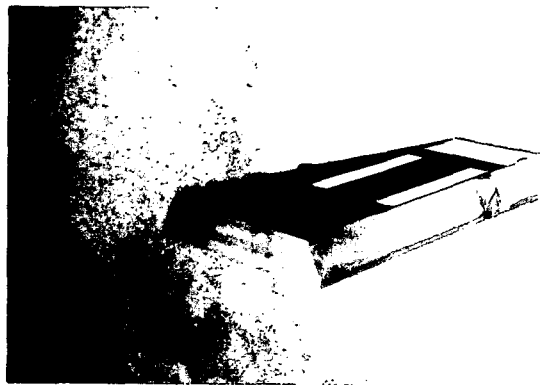


그림-19 한개의 TORCH에 의한 Y절단

두개의 TORCH에 의한 개선절단면을 그림-20에 나타낸다.

尙, 이와같은 개선을 행할경우, START방법등의 절단 SOFT가 중요한것은 말할것도 없다.



### 5.3 전극, TIP의 내구성

산소 PLASMA에 사용되는 電極材는 하프늄이다. 산소를 사용하면 ARC의 극점이 되는 전극재 표면은 반드시 酸化한다. 이 산화의 상태는 전류가 클수록 크게된다. 또 전극의 용융에 의한 소모도 심하게 된다. 따라서 산소 PLASMA에 사용되는 전극재는 산화막의 融點이 최대의 POINT로 된다. 통상 PLASMA에 사용되는 전극재의 融融은도를 그림-21에 나타낸다. 이 그림에서 나타나듯이, 하프늄의 酸化物融點은, 다른 재료와 비교하여 대단히 높고, 이것에 의해 산소 PLASMA의 실용화를 얻을수 있었던 것이다.

재 질	기 호	용 점	비 점	산 화 물	용 점	비 점
하 프 늄	Hf	2,207	3,200	HfO <sub>2</sub>	2,812	5,200
실 리 코 늄	Zr	1,900	2,900	ZrO <sub>2</sub>	2,715	4,300
텅 스텐	W	3,370	5,700	WO	1,500	2,000

그림-21 전극재의 용점

이 하프늄을 사용한 전극의 耐久特性 TEST의 결과를 그림-22에 나타낸다. 이 결과로 보면, 전극은 START(단면 절단개시, PIERCING 절단개시를 不問한다)에 따라 耐久時間이 대폭으로 다르며, START 회수가 많을수록 耐久時間이 저하되는것을 알았다. 또, 전류의 크기에 의해서도 耐久時間이 다르다.

電極材로부터의 내구성을 보면, 전극재의 제조 방법에 의해서도 다르다. 이것들의 관점에서 볼때, 사용하는 측에서 보면, PLASMA절단을 행할 경우 極力 한번에 절단을 행하며, START회수를 줄임으로서 전극을 효율 좋게 사용할수가 있다.

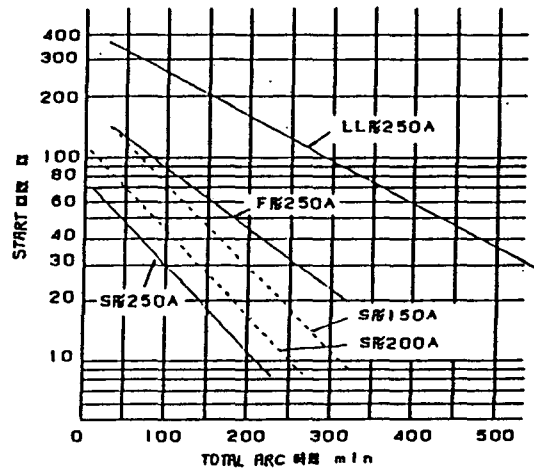


그림-22 전극의 耐久時間

전극의 소모품 및 파괴의 상태는, 그림-23에 나타나듯이 정상적인 消耗中은 하프늄만 소모되어 가지만, 하프늄의 소모가 어느정도 진행된 시점에서, 돌인 하프늄을 保持하고있는 鋼材가 融融된다. 이 시점에서 절단면이 劣化되므로 전극을 교환해야한다. 파괴된 전극을 다시 活化한 경우, ARC는 나오지만 極點이 안정되어있지 않으므로, 절단면의 TAPER등에 劣影響을 준다.

전극의 수명은 上記의 상태로 소모되어 가지만, 설계적으로는 GAS의 흐름방식, GAS의 종류등에 따라 變化한다. 또, 하프늄과 鋼의 接觸도 큰 요인으로 되어있다. 이것들의 總합기술에 의해, 전극의 수명이 유지되고 있다.

이런것들로부터, 최근의 기술로서 전극의 장시간사용을 여러가지로 연구한 결과, START시의 소모 및 GAS流 動 變換시킨 결과, 그림-24에 나타내는 전극의 소모 시간을 얻을수 있었다.



그림-23 전극의 소모과정



이것은 종래의 전극을 그대로 사용하여, PILOT 발생시에 PLASMA GAS에 窒素를 혼합하여 흐르게 하는 일, 및 GAS의 流速을 저하시키는 것에 의해 실현가능했던 것이다. 절단에 들어간 경우는, 절단면의 窒化시간이 발생하지 않도록 純酸素로 바꾸고 있다.

이 상태에 의해 1회의 ARC분출에 의한 소모량이 감소하여, 전극의 소모량이 低減되며, TOTAL적으로 전극의 수명이 연장된 것이 확인되었다.

今後は, 전극의 最適徑, GAS의 흐름, 전류의 起動 등의 요인을 연구하는 일로, 더욱더 장시간 사용의 가능성이 있을 것으로 생각된다.

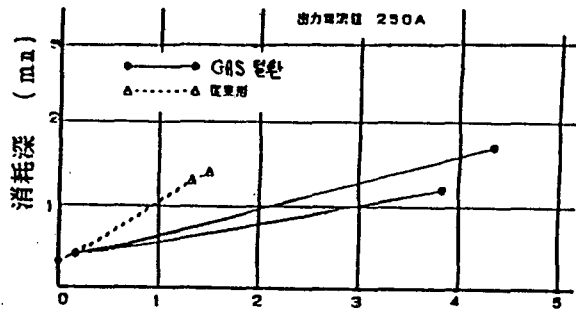


그림-24 新方式電極의 消耗量

TIP의 수명에 관해서는, 靜的 TEST로는 거의 손상되지 않는 것이 확인되고 있다. 따라서, TIP과 절단재의 접촉, SPUTTER 등의 튀어오름, 전극의 파손시 등에서의 SERIES ARC의 발생으로 손상된다. 이때문에 단일적으로 수치표현이 불가능한 요소가 현상의 構造에서는 포함되어 있다.

이때문에 실제로 사용되고 있는 사업소에서 DATA를 採取한 결과, 평균적으로는 전극의 8할 정도인 것이 확인되고 있다.

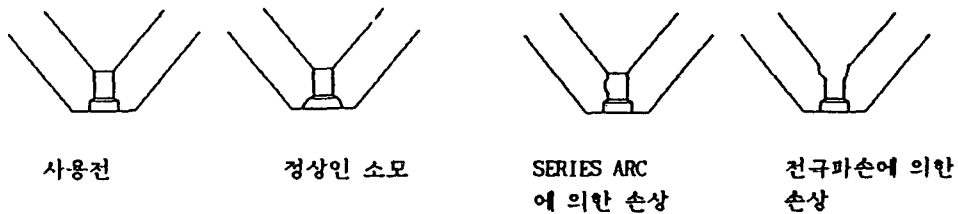


그림-26 TIP의 손상상태

TIP의 손상은 그림-26에 나타나듯이, NOZZLE부의 선단이 ARC열에 의해 퍼져가든지, SERIES ARC에 의해 NOZZLE의 내부벽이 손상되든지 또는 전극파손시에 용융된 전극의 鋼材가 NOZZLE부분의 입구에 닿아 손상시키든지에 의한다.

특히, SERIES ARC의 발생은, TIP이 새로운 것과 사용시간에 관계없이 손상시켜, 절단면이 劣化된다. 이것들에 대응하기 위해서는, 前述한 二次氣流를 이용한 수직절단 TORCH에서는, ARC를 가늘게 하는 第一 NOZZLE部를 二次氣流를 내는 第二 NOZZLE部에서 보호하도록 되어 있고, 외부로부터의 거의 받지 않는 것도 考慮되었다.

또, 二次氣流의 효과로서, SPUTTER 등이 NOZZLE部로 되돌아오는 것을 불어날려 버리는 것이 확인되어, TIP의 수명이 전극과 一對一이 되는 것이 확인되고 있다.

### 5.4 절단면의 분석

절단면의 상태를 비교하기 위하여, 산소 PLASMA, 공기 PLASMA, 및 GAS 절단에 의한 각 절단면의 분석을 행하였다.

#### ① 열영향부의 깊이

각 절단에 의한 두께 12mm의 언강절단 절단면의 ETCHING MACRO 사진을 그림-27에 나타낸다. 이 MACRO 사진을 각 두께, 절단속도마다 촬영하고, 조직변화된 깊이를 측정한 결과를 그림-28에 나타낸다.

이 결과에 나타나듯이, 열영향부의 깊이는, PLASMA 절단인 경우 同一電流, 속도이면, 산소와 공기에 의한 차는 볼수없다. 이것은 공기 PLASMA와 산소 PLASMA의 入熱量이 같은것을 나타내고 있다. 한편, GAS 절단도 거의 같은 곡선으로 나타나고있는 것으로부터, 大局적으로는, 절단속도의 關數로서 취급할수있는 듯하다. 따라서 동일조건에서 열영향을 적게하려면 절단속도를 어떻게 빨리하는가에 있다고 말할수 있다.



산소 PLASMA      공기 PLASMA      GAS 절단

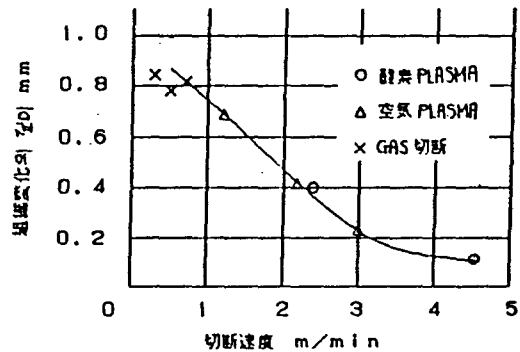


그림-28 열영향부의 깊이

#### ② 기계적 성질

각 절단면을 MICRO VICKERS로 절단면의 硬度 측정을 한 결과를 그림-29에 나타낸다. 이 결과에 따라, 공기 PLASMA로 절단된 절단면은 표면가까이서 상당히 단단하게 되어 있었다. GAS 절단의 경우는, 용융부분에 카본이 殘留하며, 경도가 상승하는 것이 알려져 있지만, 공기 PLASMA인 경우는, 카본 殘留에 의한 경도상승으로 더욱 크며, 다른 원인이 생각되어진다. 따라서, 절단면의 X선 분석을 행했다. 결과를 그림-30에 나타낸다. X선 분석에 의하면, 공기 PLASMA의 절단면 표면근방에서 다량의 질소가 검출되었다. 이것으로, 공기 PLASMA로 절단하면, 절단면이 窒化되고있는 것이 재확인되었다. 산소 PLASMA의 분석결과를 보면, 질소가 검출되지 않고, 산소가 증대되고있는 것이 확인되었다. GAS 절단과 같은 현상이며, 절단면의 부근에서는 GAS 절단과 같은 산소에 의한 燃燒가 행해지고 있는 것으로 생각되어진다.

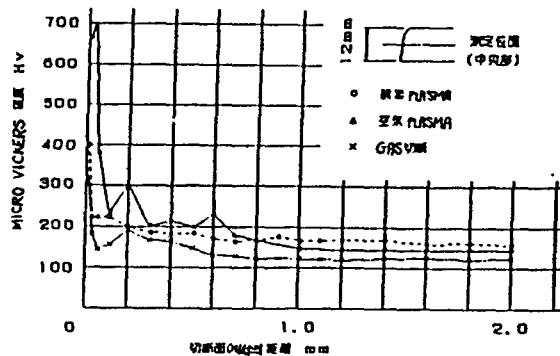
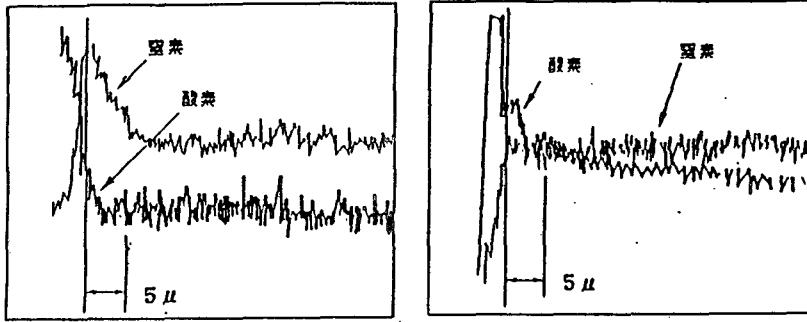


그림-29 표면경도 측정

이때문에 절단속도가 빠르고, 下面의 SLAG부착이 없어지는 것이다.



A) 공기 PLASMA

B) 산소 PLASMA

그림-30 절단면의 X선분석

6. 공해관계에 관해서

PLASMA절단에서 문제가 되는것은, 분진, FUME, 빛, 소음등이 있다.

이것들은, 일반적으로 사용하는 電流值에서, 발생량이 크게 변한다. 전류가 적으면 적을수록 문제가 되지않지만, 크면 문제가 되며, 대책이 필요하게 된다.

각 PLASMA에서 약간의 차이가 있지만, 30A이하이면 어떤 PLASMA를 사용해도 그다지 문제는 없다.

단, 빛에 관해서는 어떤 PLASMA를 사용해도, 또 어떤 小電流의 PLASMA라도 보호안경을 써야할 필요가 있다.

6.1 發煙에 관해서

인강절단시의 DATA를 그림-31에 나타낸다. 이 그림은, 강판을 1m 절단한 경우의 발연량을 무게로 나타낸 것이다.

통상, PLASMA절단의 경우 良質절단, 특히 SLAG FREE절단을 행하면, 발연량이 많아진다.그때문에, 현재 良質절단이 행해지고 있는지 어떤지의 판단으로서, 발연량으로 판단할수 있다.

粒子徑( $\mu$ )	含有量(%)
0 ~ 0.4	10.9
0.4 ~ 0.6	25.1
0.6 ~ 0.8	22.3
0.8 ~ 1.0	15.0
1.0 ~ 2.0	14.5
2.0 ~ 3.0	5.7
3.0 以上	6.8

그림-33 粒度分布

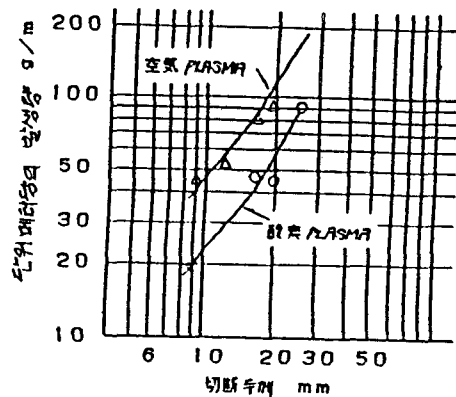


그림-34 단위길이당 發煙量

그림-32는, 最適절단을 행했을때의 상태를 나타내고 있지만, 相當量의 發煙이 있으므로 發煙對策이 필요하다. 軟鋼切斷時의 粒度分布를 그림-33에 나타낸다. 粒子徑은 대단히 작으며, 平均치로 0.7 $\mu$ 였다.

6.2 發煙을 방지하는 수단

前述한 것처럼, 發煙은 SLAG FREE 절단시에 발생한다. 따라서, 절단재에 SLAG를 부착시키는 절단법, 예를 들면 절단속도를 극단으로 늦게 하든지, 빠르게 한다. 그러나, 후처리의 문제를 고려하면, 이 방법은 특별한 경우 밖에 사용할수 없다.

다른 하나는, 發煙이 어디부터 나오고있는가를 조사한 결과, 그림-35처럼 절단재의 下面에서 약 20~70mm의 범위에서 발생하고 있었다. 따라서, 이 범위에 물을 넣으면 좋게 된다. 이것이 WATER TABLE이 된다.

그러나, 이 방법은, 통상의 PLASMA에서는 切斷部로 립에 의한 물이 절단부로 비정상적으로 들어오며, 절단면이 나쁘게 된다. 이때문에 고려된 것이 WATER INJECTION PLASMA이다. WATER INJECTION PLASMA는, ARC中에 정상상태에서 물을 최초로 넣고 있으므로, 문제가 없다. 그외의 방법은, 發煙의 처리를 고려하는것밖에 도리가 없다.

前述한 것처럼, 發煙은 절단재의 下面에서 발생한다. 따라서, 하만의 發煙을 吸入하는것이 된다. 이때문에 강판을 설치하는 定盤에 여러가지의 공리가 행해지고있다. 이 정반을 포함하여, 發煙의 처리 SYSTEM을 集塵 SYSTEM이라 부르고 있다. 세밀하게 나누면 여러종류가 있지만, 현재 일반적으로 사용되고 있는것은, 그림-36에 나타내는 DAMPER방식과 그림-37에 나타내는 HOOD이다.

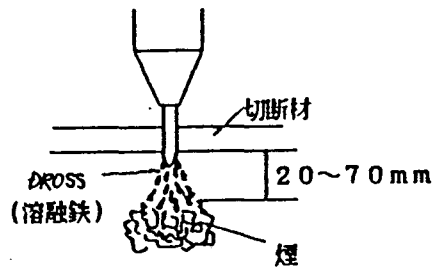


그림-35 발연의 위치

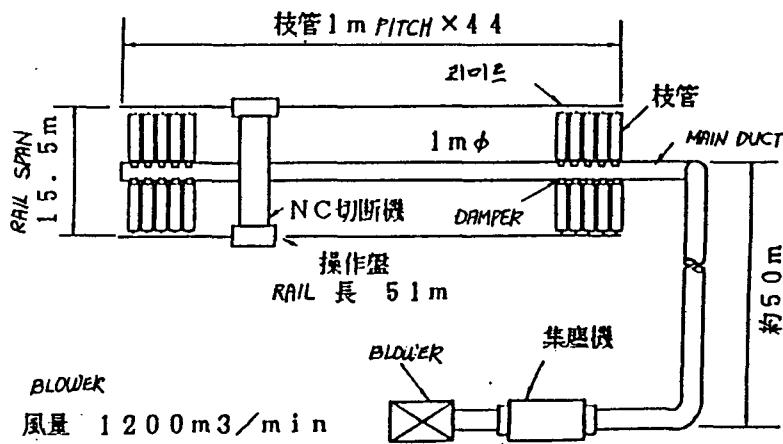


그림-36 DAMPER형 集塵SYSTEM

그림-36의 방식은,吸引部를 定盤 전체에 배치하고,절단장치의 이동에 의해 필요부분의 DUCT를 DAMPER에서 열게된다.이 형태의 정반은,각 정반의 구역마다 DAMPER가 있기때문에,이부분에서의 吸引漏出이 많으며,고성능인 집진기를 필요로한다.  
HOOD形은,절단장치자체에 吸引 HOOD를 장착하여,필요부분만을 항상 吸引하도록 되어있다.그때문에 집진기는 작은것이 좋으며,최근은,이방식이 主流로 되어있다.단,소형의 정반은 전체를 흡인해도 집진기의 능력이 작아도 좋으므로,그림-38에 나타내는듯한 전체를 흡인하는 SYSTEM이 사용되고 있다

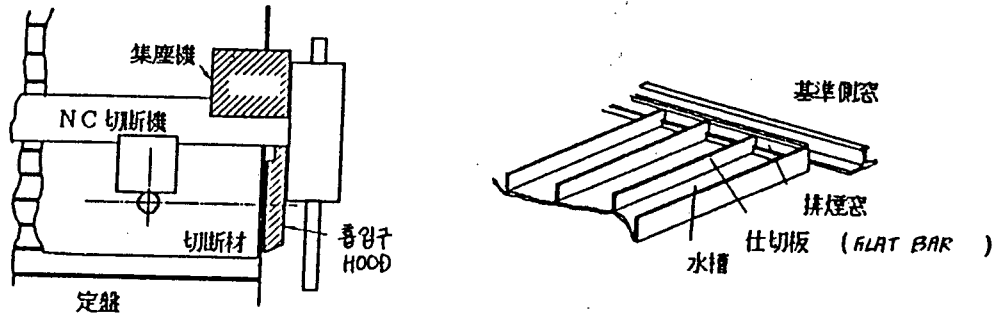


그림-37 HOOD形의 集塵SYSTEM

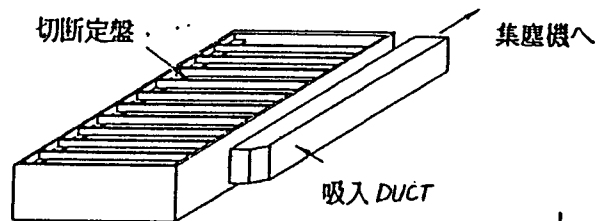


그림-38 소형정반의 흡입

### 6.3 NOx에 관하여

NOx의 發煙量을 전부 補集하면,그림-39처럼 상당한 量이 나온다. 이것은,前述한 것처럼 모든절단부에서 발생하는 것이다.

현재,集塵SYSTEM에 의해 發煙과 함께 吸引되도록 되어 있다. NOx도 發煙과 같이 절단재의 하부에서 발생하는 量이 많고,하만의 氣體를 吸引하는것으로 작업환경이 안전하게 보호된다. 이 경우,排氣 GAS는 공장밖으로 내는것이 좋다.

一例로서,그림-40에 집진기를 사용한 작업현장에서의 NOx측정결과를 나타낸다.

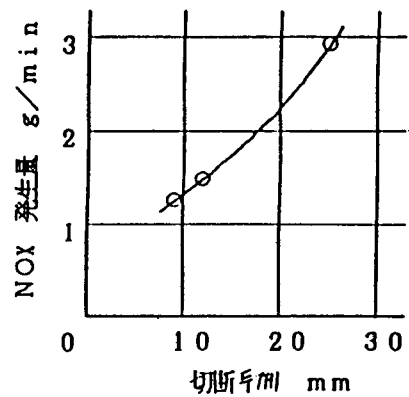


그림-39 NOx의 發生量

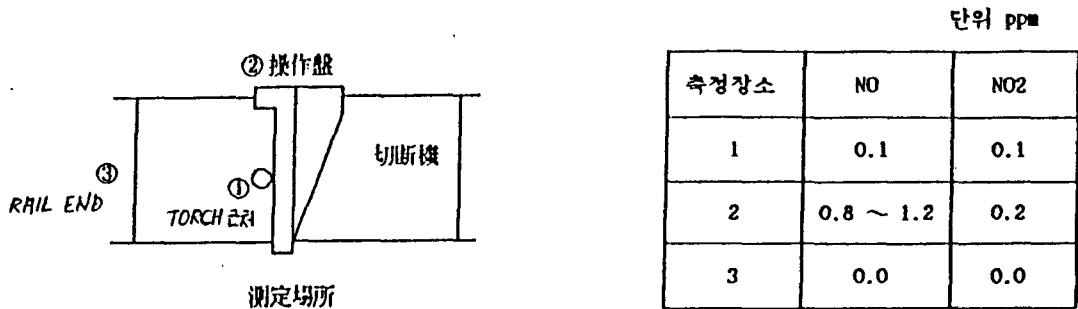


그림-40 실작업장에서의 측정치

水中절단인 경우는, 공기가 주위에 없으므로 공기와의 접촉에 의한 NOx는 불가능하다. 물의 분해에 의한 산소와의 화학반응이 되지만, 水中에서의 산소 PLASMA에서는, 질소가 없으므로 공기중의 질소를 밀러들게하여 약간 발생한다. 이 영향에 의해, 물이窒酸化하기 때문에 이것들의 대책이 필요하게 된다. 그림-41에 일본산업위생학회에 의한 勸告値를 나타낸다. NOx탄, 一酸化窒素와 二酸化窒素의 혼합물을 말하는것으로, 値로 한다면, 적은쪽을 취한다. 그림-41에 나타난 勸告値는 공장建屋內라고 이해해도 좋다.

구분 GAS	일본산업위생학회 (ppm)	美國勞動專門官 會議 時間加重평균
一酸化炭素	50	50
오존	0.1	0.1
一酸化窒素		25
二酸化窒素	5	5

그림-41 GAS의 許容濃度勸告値

#### 6.4 음에 관하여

음의 크기도 공기중에서 절단하는가, 수중에서 절단하는가, 또는 사용전류에 따라서도 크게 변한다.

一례로서, 250A로 절단한 경우의 측정치를

그림-42에 나타낸다. 이 예에서 음은, TORCH의 先端部에서의 음과, 切斷部에서의 음이 있으며 전체를 수중에 넣은 경우, 250A CLASS도 80dB를 웃도는것이 가능하다는것을 알수있다.

100A이하의 절단에서는, 그다지 문제는 없다.

또, 현재의 PLASMA에서는 酸素, 空氣, 窒素 PLASMA가 負荷전압이 높으므로 같은 전류라도 아르곤 水素 PLASMA에 비교하여, 큰소리를 낸다.

前述한것처럼, 음은 TORCH先端部및 切斷部에서 나오며, TORCH先端部는 제트音과 같이 全周波數를 가진 騒音(WHITE NOISE)이 된다. 또, 切斷中도 거의 같다.

TORCH先端의 음은, 前述한 二次氣流 TYPE의 TORCH를 사용함으로써, 消音效果가 나고있는것을 알았다.

절단상태	측정거리	
	1 m	2 m
DRY절단 従來形	102	94
半水沒	94	88
水中	78	72
DRY절단 二次氣流付	98	92

그림-42 소음 測定値

6.5 배수에 관해서

배수에 관한 물은, 직접 PLASMA TORCH에서 나오는것은 문제없으며, 주변 機器로부터의 물, 및 정반의 물이 문제가 된다. 정반의 물은, 금속을 포함하고 있으며, 이 금속을 물과함께 흐르게하는 일은 대부분의 나라에서 條例에 의해 금지되어 있다. (당연히 許容値는 있다) 반년이상 절단정반의 아래에 물을 채워, 절단하고있는 물을 임의로 떠서 분석한 결과를 나타낸다 그림-43은, 물을 濾過시켜 FILTER上의 잔류물의 분석결과를 나타낸것이며, 그림-44는 여과한 후의 물의 분석결과를 나타낸것이다.

단위 mg / l

全 鐵	全 크롬	銅	망간	니켈	카드뮴	아 인	鐵
810	130	5.4	2.2	45	검출되지않음	0.55	0.36

그림-43 濾過殘骸物

PH	6.3	아인	0.08mg / l
HOECHTTHEN	0.8mg / l	납	검출되지않음
COD (O)	2.7mg / l	全水銀	검출되지않음
全CYAAN	검출되지않음	全鐵	검출되지않음
全 크롬	검출되지않음	망간	검출되지않음
六價 크롬	검출되지않음	카드뮴	검출되지않음
銅	검출되지않음	니켈	0.6mg / l

이 결과에서 나타나듯이, 정반의 물을 임의로 뜨면 상당한 금속이 함유되어있는것을 알수 있다. 이때문에, 임의로 물을 배출하는것은 불가능하므로 주의를 要한다. 濾過殘骸物은, 중량이 있으므로 沈澱시키는것이 가능하다. 따라서, 충분히 침전시켜 上水만을 배수시킬 필요가 있다.

7. 금속의 방향

이상, 연강재에 적용되는 酸素 PLASMA에 관해서 여러가지 조사결과를 보고했지만, 前述한 것처럼, PLASMA절단이 연강에 사용되고부터 거의 10년이 되었으며, 그간 여러가지의 改善改良이 행하여져 왔다. 또 사용범위도 확대되고, I 에서 V 절단으로 확산되었으며, Y 절단에도 적용되게끔 되었다. 이와같은 사용범위확대는, 단순히 절단법만의 개발로는 실용화될수 없으며, 높이 집출기, TORCH 旋回裝置, 開先각도설정장치등의 주변기기의 개발이 수반되어야한다.

또, PLASMA 機器에 관해서도, 當初는 電流制御가 過飽和形에서 THYRISTOR, CHOPPER, INVERTER로 이행되어져오고 있으며, 電流制御性의 향상이 행해져왔다. 이것들의 결과, 최근의 절단면 수직절단 PLASMA가 개발된 것이며, 今後 이 TYPE의 고품질절단이 主流로 될것으로 예상된다.

한편, 두께범위도 절단전류의 증대, 또는, 低電流범위의 고품질화도 활발히 행해져오고 있으며, 절단 두께범위의 확대가 계획되어가고있는 것으로 추정할수 있다.

今後는, 전극의 소모량 감시장치관계가 실용화되며, PLASMA切斷의 完全無人化로 향하여 크게 진전될 것으로 기대된다.

參考文獻

銲接技術	酸素 PLASMA切斷에 관해서	中野 1982 6월 號 P 20 - 26
銲接技術	PLASMA切斷의 現狀과 今後의 方向	中野 1985 6월 號 P 24 - 25
JOYTECH	軟鋼에 있어서 PLASMA切斷의 現狀과 今後에 관해서	中野 1990 2월 號 P 18 - 22
銲接技術	入門教室 PLASMA切斷	中野 1988 5,6, 7月號
銲接技術	PLASMA切斷에 있어서 消耗品の 壽命	中川 1993 3월號 P 106 - 113