

ノンガスシールドアーク溶接における溶接ヒュームについて

松 田 一 夫*, 長 谷 川 正 義*

On the Welding Fume in Non-Gas Shielded Arc Welding

Kazuo MATSUDA* and Masayoshi HASEGAWA*

(Received September 9, 1975)

The occurrence and the elimination of welding fume by non-gas shielded arc welding with flux-cored wire, are investigated.

The results are as follows; 1) The quantity of the welding fume generated by non-gas shielded arc welding is twice as large as that of shielded metal arc welding and is about 5~10 times as large as that of gas shielded arc welding. 2) The welding fume is chains of small globular particles and several of them form a secondary particle of a comparatively large size. 3) A large quantity of MgO , Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , and F^- is contained in the welding fume and especially the content of MgO is the largest(43.94%), but the elements in the fume soluble in water are quantitatively small(2.53%). 4) By the use of the fume suction nozzle, about 95% of the welding fume generated by non-gas shielded arc welding can be eliminated, and the environment in workshops can be effectively improved by the employment of this method. Furthermore, this method is economical, making it possible to reduce the amount of induction air. 5) The mechanical properties of the deposited metal and welded joint, when the welding fume is eliminated by this method, are satisfactory compared with those when not eliminated.

1. 緒 言

溶接作業時に発生する溶接煙中の目に見える部分は、一般に溶接ヒュームあるいは単にヒュームと呼ばれている。これは溶接ワイヤやフラックスなどが高温によって蒸気となり、ものによっては酸化され、冷却されて極めて微細な固体粒子となったものと推察され、溶接作業者がこれをある程度吸入することは避けられない。金属や金属酸化物の微粒子を多量に吸入すれば“金属熱”といわれる発熱性の急性症状を示し、また難溶性のヒュームを長期間にわたって吸入すれば、次第に肺機能がおかされ、慢性症状としていわゆる“じん肺”発生の危険性もあるとして、溶接ヒュームの有害性の問題が近年特に注目され

はじめ、各国においても溶接公害や作業環境の観点から、溶接ヒューム対策が積極的になされようとしている。

一方、最近の傾向として、労働力の不足と能率化のために溶接の省力化、無人化が強く要求され、これにこたえられる溶接の自動化、半自動化も急速に進められており、ことに半自動溶接は、あらゆる業種で作業所の規模の大小にかかわらず採用されつつある。

なかでもフラックス入りワイヤによるノンガスシールドアーク溶接はシールドガスをを用いないので、風の影響を受けにくく、交流電源をそのまま使用でき、またポンベなどの必要がないという極めて現場的な溶接法であるが、周知のように溶接ヒュームの発生量が著しく多量で、作業環境によっては適用困難となることが考えられる。

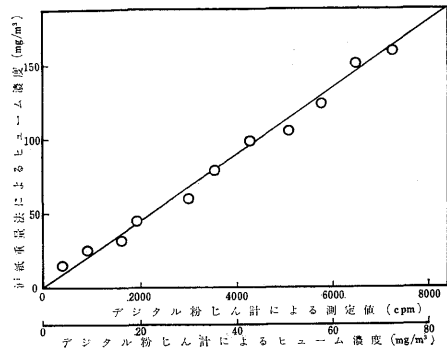
したがって、ノンガスシールドアーク溶接は造船、土

*機械・生産機械工学科 (Department of Mechanical Engineering)

第2表 各種溶接における電極ワイヤあるいは溶接棒の単位溶融量当りおよび単位時間当りのヒューム発生量

溶 接 法	被包ガス (ℓ/min)	電 極 ワイ ヤ および 被覆剤の系統	直 径 (mm)	溶接電流 (A)	ヒューム濃度※ (mg/m^3)	ヒューム発生量※ ($\text{mg}/1\text{g}$ 電極ワイヤ および溶接棒)	溶融速度※ (g/min)	ヒューム発生量※ (mg/min)
ノンガスシールド アーク溶接	—	OW-56	3.2	400	111.41	18.02	128.00	2306.19
被覆アーク溶接	—	鉄粉酸化鉄系	8.0	〃	47.94	7.46	133.00	992.29
ガス被包アーク溶接	CO ₂ (20)	DS-1	1.6	〃	15.14	2.82	111.33	313.47
	CO ₂ (15)+O ₂ (5)	〃	〃	〃	22.00	4.74	96.00	455.30
	Ar(19)+O ₂ (1)	〃	〃	〃	11.56	2.56	93.50	239.29

〔注〕 ※：4回の測定値の平均を示す，測定室の容積：20.7m³



第2図 デジタル粉じん計によるヒューム濃度と汚紙重量法によるヒューム濃度との関係

乗ずれば汚紙重量法で測定したと同様に正確なヒューム重量値を得ることができる。

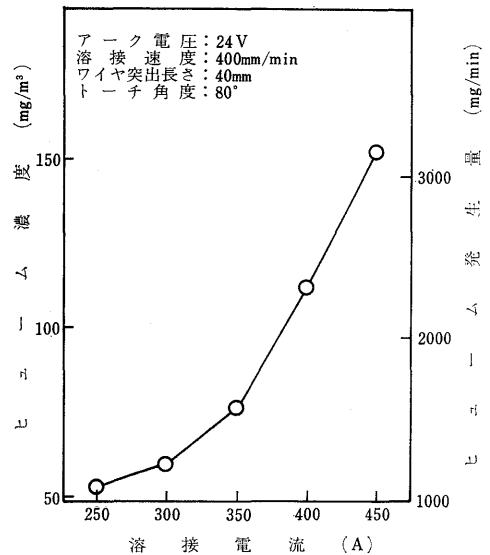
3-1-3 ヒューム濃度およびヒューム発生量におよぼす各種要因の影響

(i) 溶接電流の影響

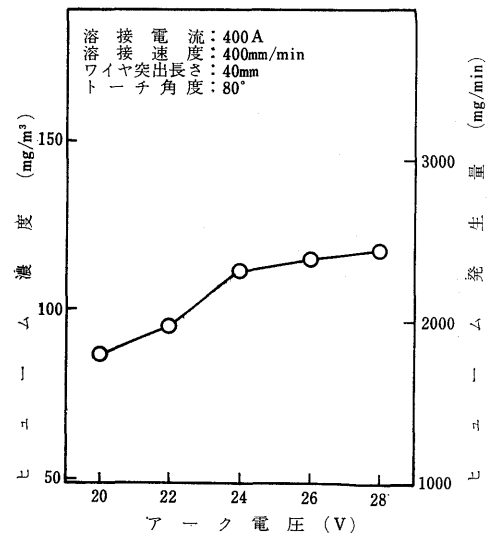
第3図は前述のフラックス入りワイヤを用い，アーク電圧24Vおよび溶接速度400mm/minに一定として，ノンガス溶接を行なった場合のヒューム量（ヒューム濃度およびヒューム発生量）におよぼす溶接電流の影響を調べた結果を示したものである。溶接電流の増加とともにヒューム量はほぼ一様に増大する傾向が認められる。これは，溶接電流の増加はアークに与えられるエネルギーの増加を意味し，アークが広がることによりアークの温度は上昇して，金属およびフラックスを構成している物質の蒸気の発生が多くなるため，ヒューム量も増大するものと思われる。

(ii) アーク電圧の影響

第4図はヒューム量におよぼすアーク電圧の影響を示したもので，アーク電圧が20～24Vの範囲においては電圧の増加とともにヒューム量は著しく増大し，24V以上ではわずかに増大する傾向が認められる。これは，電圧を高くして溶接すると，アーク長が長くなり，アークが空気と接触しやすくなるため，ヒューム量が増大するもの



第3図 ヒューム濃度およびヒューム発生量におよぼす溶接電流の影響



第4図 ヒューム濃度およびヒューム発生量におよぼすアーク電圧の影響

のと考えられる。

(iii) 溶接速度の影響

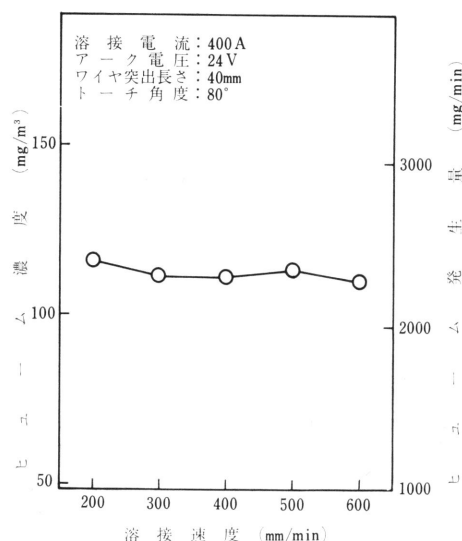
第5図はヒューム量におよぼす溶接速度の影響を示したもので、溶接速度によるヒューム量の変化はほとんど認められない。

(iv) 電極ワイヤ突出長さの影響

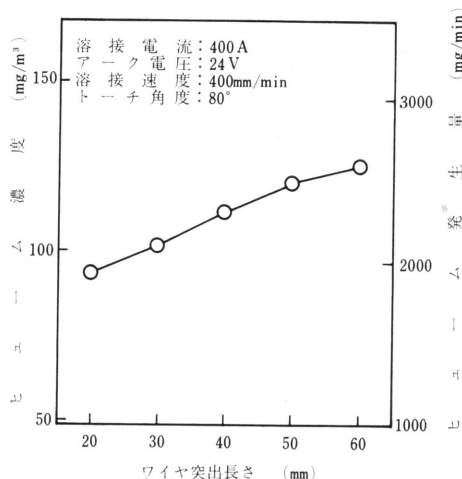
第6図はヒューム量におよぼす電極ワイヤ突出長さの影響を示したもので、ワイヤ突出長さの増加とともにヒューム量はほぼ一様に増大する傾向が認められる。これは、ワイヤの突出長さを長くして溶接すると抵抗加熱効果が増してワイヤの溶融速度が増加するため、ヒューム量も増大するものと思われる。

(v) トーチ角度の影響

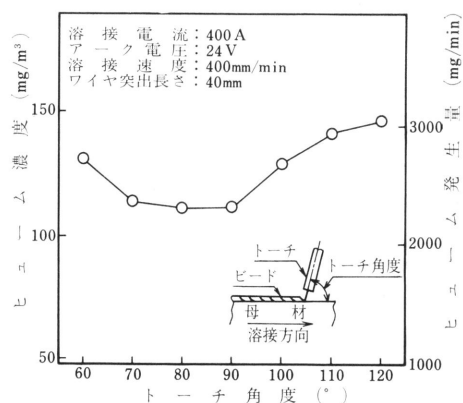
第7図はヒューム量におよぼすトーチ角度の影響を示



第5図 ヒューム濃度およびヒューム発生量におよぼす溶接速度の影響



第6図 ヒューム濃度およびヒューム発生量におよぼすワイヤ突出長さの影響



第7図 ヒューム濃度およびヒューム発生量におよぼすトーチ角度の影響

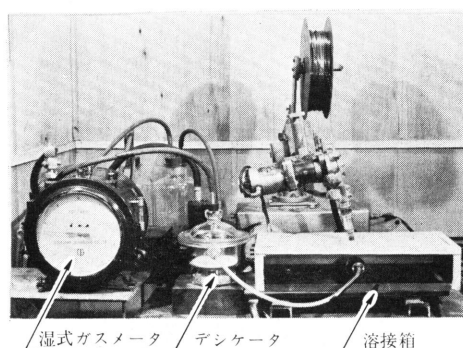


写真1 電子顕微鏡観察用ヒューム採取装置

したもので、トーチ角度が70°～90°の範囲においてヒューム量が最も少ないようである。

3-2 電子顕微鏡による溶接ヒュームの観察

ノンガス溶接時に発生するヒュームの形状および大きさを走査型電子顕微鏡(日本電子株式会社製J S M-U 3型)を用いて観察した。

電子顕微鏡観察用試料の採取にあたっては、写真1に示すヒューム採取装置を用い、溶接電流400A、アーク電圧24Vおよび溶接速度400mm/minの条件で溶接箱中でアークを発生し、真空ポンプ(吸引速度55.0ℓ/min)を用いてデシケータ(試料採取容器)中へヒュームを吸引した。電子顕微鏡観察用試料はデシケータ内にシャーレを置き、その中に金蒸着を行なった直径5mmの真空蒸発用カーボンを入れ、10秒間溶接後吸引を停止し、さらに60秒間放置後、カーボンを入れたシャーレのふたを取り除き、20秒間自然に沈降させて試料とした。なお、試料はカーボンおよび金蒸着を行なった。

写真2はノンガス溶接によるビード溶接時に発生するヒュームの電子顕微鏡写真を鉄粉酸化鉄系溶接棒およびCO₂-O₂溶接の場合と比較して示す。ノンガス溶接によるヒュームは、鉄粉酸化鉄系溶接棒によるヒュームと似

かよった形状を呈し、 0.5μ 以下の球状粒子が互に連鎖して、樹枝状の大きな二次粒子となっている。また、 $\text{CO}_2\text{-O}_2$ 溶接によるヒュームと比較すれば、形状はほぼ同じであるが二次粒子の大きさが小さいことが認められる。著者らが先に行なった研究⁽¹⁾によれば、低水素系溶接棒によるヒュームは一般に形が小さく、粒子も単一

の形状が多い。また、個別粒子は密集して比較的小さな二次粒子を形成している。これに比べ、ノンガス溶接によるヒュームの二次粒子は著しく大きく、したがって、口腔から吸入してもその大部分は肺内に入るまでに気管の繊毛によって取り除かれるものと推察される。

3-3 溶接ヒュームの化学分析

ノンガス溶接時に発生するヒューム量の測定の際に、戸紙ホルダ内の戸紙に付着したヒュームの化学分析を行なった。溶接ヒューム中の SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O および K_2O の分析は原子吸光光度法で、 F^- の分析はジルコニウム-アリザリン法により行なった。

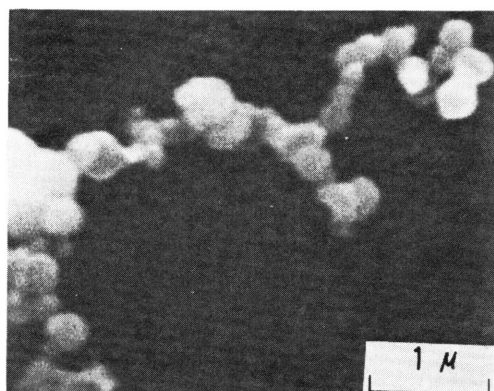
第3表は溶接電流400A、アーク電圧24Vおよび溶接速度400mm/minの条件で、ノンガス溶接を行なった場合

第3表 ノンガスシールドアーク溶接ヒュームの化学組成

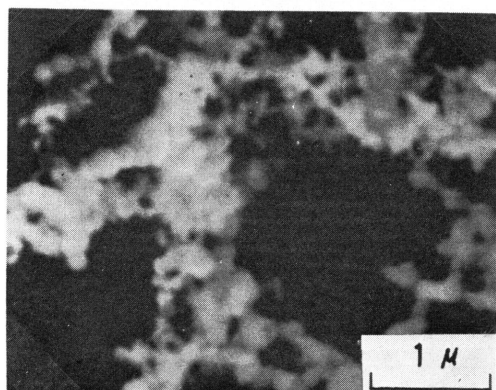
化学組成	可溶性※ (wt.%)	不溶性※ (wt.%)
SiO_2	tr.	1.37
Al_2O_3	0.16	8.93
Fe_2O_3	tr.	16.32
MnO	0.31	1.83
CaO	1.71	11.41
MgO	0.24	43.70
Na_2O	tr.	0.31
K_2O	tr.	tr.
F^-	0.11	7.25

〔注〕※：3回の分析値の平均を示す、試料重量：約50mg、溶接電流：400A、アーク電圧：24V、溶接速度：400mm/min

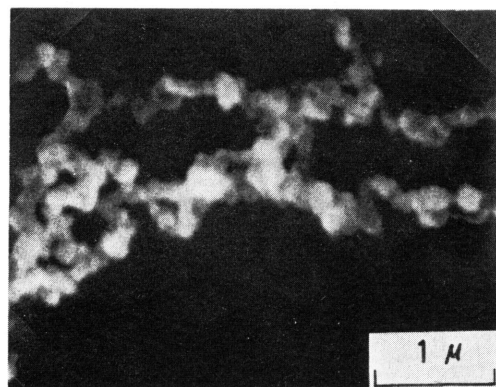
に発生するヒュームの分析値の一例を示す。著者らが先に行なった研究⁽¹⁾⁽²⁾によれば、フラックスを用いない CO_2 あるいは $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接では約67%が酸化鉄(Fe_2O_3)である。また、被覆アーク溶接では Fe_2O_3 の含有量は、低水素系以外の溶接棒による場合約40.19~60.27%で、低水素系溶接棒の場合約23.65%である。ほかに低水素系溶接棒によるヒュームの特色は、 F^- を約14.08%含んでいること、アルカリ成分(Na_2O 、 K_2O)の含有量が多いこと、またそれらに起因する水に可溶な成分が約35%と著しく多いことである。しかし、ノンガス溶接では、ヒュームの主成分は MgO 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 Al_2O_3 および F^- で、そのうち MgO が約43.94%と著しく多量に含まれていることが特徴である。また、ノンガス溶接のヒュームと低水素系溶接棒によるヒュームとを比較すれば、ノンガス溶接のヒューム中にはアルカリ成分がほとんど無く、またそれらに起因する水に可溶な成分が著しく少ない(約2.53%)ことである。したがって、ヒ



(a) ノンガスシールドアーク溶接



(b) 鉄粉酸化鉄系溶接棒



(c) $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接

写真2 ノンガスシールドアーク溶接ヒュームの電子顕微鏡写真(×20000×4/5)

ュームの体内への吸収という点からは、ノンガス溶接のヒュームはその可能性が極めて少ないものと思われる。

3-4 溶接ヒュームの除去対策

第2表に示すように、ノンガス溶接における単位時間当たりのヒューム発生量は、鉄粉酸化鉄系溶接棒による場合の約2.3倍、ガス被包アーク溶接の場合の約5.1~9.6倍と著しく多量である。そこで、最もヒューム発生量の多いノンガス溶接におけるヒュームの除去方法について検討した。

アーク溶接時に発生するヒュームによる障害を軽減する対策としては、まず作業員自身が種々の防護器具を装着してヒュームを吸入しないようにすることと、適当な排気装置を設けて作業場所の環境を維持することである。

排気方法としては、ヒュームが発生し、滞留する全空間を対象とする全体排気方法とヒューム発生源において捕捉排出する局部排気方法とがあるが、全体排気方法は作業場所全体として拡散排気するのであるから、ヒュームが前述のように微細で、また排気空気量が膨大となることにより、その設備費が膨張し、保守も困難である。

これに比べて局部排気方法は、発生するヒュームが作業場所内に拡散する前に局部的に排気するため、排気空気量も少なく、最も合理的な方法の一つとして考えられる。そこで、本研究では局部排気装置としてのヒューム吸引ノズルおよびヒューム吸込フードを試作し、溶接位置におけるヒューム吸引効果の実験を行なった。

また、市販吸引式トーチによるヒューム吸引効果の実験も行ない、試作吸引ノズルとの比較を行なった。

$$\text{吸引効率}(\eta\%) = \frac{\text{測定室内の発生ヒューム濃度}(\text{Cgmg/m}^3) - \text{排気装置を用いた場合の測定室内空気ヒューム濃度}(\text{Csmg/m}^3)}{\text{測定室内の発生ヒューム濃度}(\text{Cgmg/m}^3)} \times 100 = \left(1 - \frac{\text{Cs}}{\text{Cg}}\right) \times 100$$

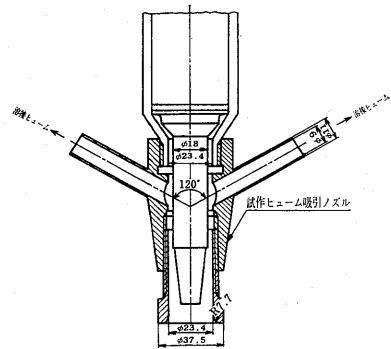
測定室としては、前述の容積20.7m³の密閉した部屋を用い、この部屋内でノンガス溶接を行ない、発生したヒュームはプロア(株式会社アンレット製B S 80)によって周囲空気とともに吸引ノズルに吸引させ、その吸込流量はオリフィスとマンオメータで測定した。吸引効率を求めるのに必要なCsおよびCgの測定方法としては、まず吸引ノズルを作動させた状態で60秒間溶接を行なった後、ただちにヒューム排出弁と空気取り入れ口を閉じ、ファンで40秒間室内空気を攪拌し、攪拌後20秒間の静止時間を置き、デジタル粉じん計と濾紙重量法で同時に測定したヒューム濃度をCsとした。つぎに吸引ノズルを取りはずし、ヒューム排出弁と空気取り入れ口を閉じた状態で溶接を行ない、室内ヒューム濃度を測定し、これをCgとした。

第9図は吸引効率およびヒューム濃度におよぼすアーク

3-4-1 試作吸引ノズルによる溶接ヒュームの除去

局部排気装置により発生したヒュームを拡散すること無く排気するためには、必ず周囲の空気が排気装置に導入されなければならない。また、この導入空気量をできるだけ少なくすることが合理的な排気装置の設計といえる。このための基本的な考え方としては、ヒュームの発生方向と排気装置の吸込方向を一致させることおよび装置をできるだけヒューム発生源に接近させて設置することである。

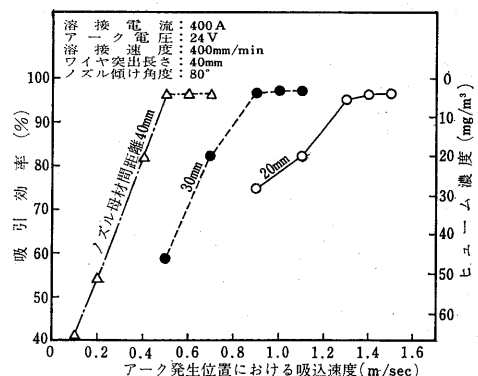
そこで、以上の2点を満足し、さらに溶接を行なう場合の作業性をそこなわないため、第8図に示す試作ヒューム



第8図 試作ヒューム吸引ノズルの形状および寸法 単位: mm

ーム吸引ノズルをCO₂-O₂全自動溶接機のトーチ部に取り付けた。吸引ノズルの吸引効率を求めるために使用した実験装置の概略を第1図に示す。ここで吸引効率ηは次のように定義する。

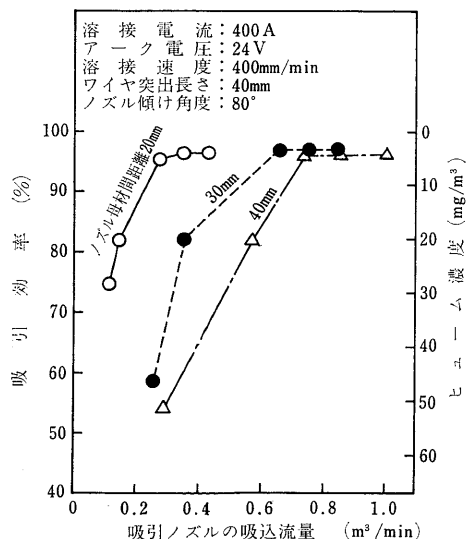
ク発生位置における吸込速度の影響を、吸引ノズル先端と母材との距離が20, 30および40mmの場合について比較



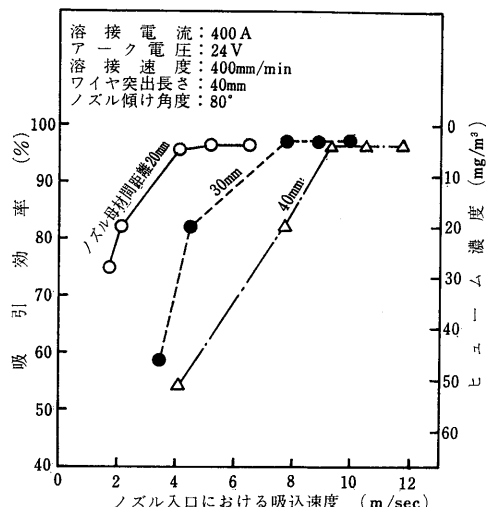
第9図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼすアーク発生位置における吸込速度の影響

して示したもので、ノズル母材間距離が20mmの場合はアーク発生位置における吸込速度が1.3m/sec、30mmの場合0.9m/sec、40mmの場合0.5m/sec以上でいずれも約95%以上の吸引効率が得られており、しかも室内のヒューム濃度は約 $4.80\text{mg}/\text{m}^3$ 以下の値を示している。この結果からノズル母材間距離が20~40mmの実験範囲では、ノズル母材間距離が増加するとともに低い吸込速度で高い吸引効率が得られることが認められる。しかし、第10および11図に示すように、約95%以上の吸引効率を得るために必要な吸込流量およびノズル入口における吸込速度は、ノズル母材間距離が20、30および40mmの場合、それぞれ $0.27\text{m}^3/\text{min}$ および $4.1\text{m}/\text{sec}$ 、 $0.65\text{m}^3/\text{min}$ および $7.8\text{m}/\text{sec}$ 、 $0.73\text{m}^3/\text{min}$ および $9.3\text{m}/\text{sec}$ であり、ノズル母材間距離が20mmの場合の吸込流量およびノズル入口における吸込速度に比べて、30mmの場合約2.4および1.9倍、40mmの場合約2.7および2.3倍であり、ノズルをできるだけヒューム発生源に接近させることによって導入空気量を減少させることができ、設備費の面においても有利であると思われる。また、第9、10および11図に示すようにアーク発生位置における吸込速度、吸込流量およびノズル入口における吸込速度を極めて大きくしても、吸引効率が100%にはならない。これは、発生したヒュームがスパッタと挙動をともにするため、捕集が極めて困難であると推察される。

溶接作業における排気方法については、たとえば、AWS (American Welding Society) ではアーク溶接またはガス溶接においての全体排気や局部排気についての規定⁽⁸⁾があって、その中で局部排気については、ア



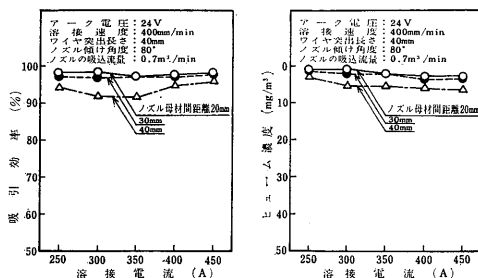
第10図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼす吸引ノズルの吸込流量の影響



第11図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼすノズル入口における吸込速度の影響

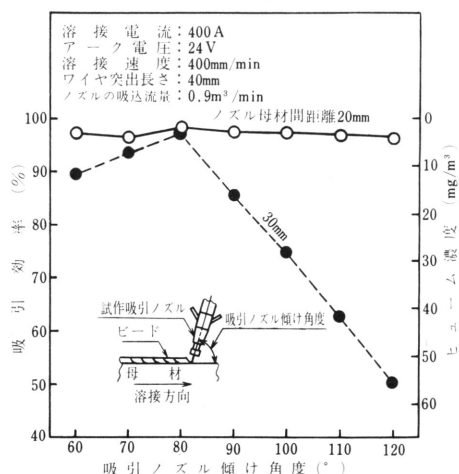
ーク発生位置で100ft/minの空気の流速が得られるような排気用風胴を設けることが定められているが、本研究における実験結果ともよく一致している。また、亜鉛メッキ鋼板など有害なヒュームを発生するアーク溶接については、ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) の勧告する数値が世界的に有名で、溶接ヒュームに対する許容濃度を、たとえば酸化マグネシウムヒューム $15\text{mg}/\text{m}^3$ 、酸化鉄ヒューム $10\text{mg}/\text{m}^3$ 、酸化亜鉛ヒューム $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、マンガニウム $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、酸化カルシウム $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、フッ化物 $2.5\text{mg}/\text{m}^3$ と規定⁽⁴⁾している。そこでフッ化物について、本実験結果から検討してみると、ノズル母材間距離が40mmの場合はアーク発生位置における吸込速度が $0.5\text{m}/\text{sec}$ で、ヒューム濃度 $4.01\text{mg}/\text{m}^3$ であり、第3表に示すヒュームの分析値より、ヒューム中のF含有量は7.36%であるからヒューム中のF濃度は $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ となり、ACGIHの勧告する数値よりもはるかに低い値を示している。

第12図は吸引ノズルの吸込流量 $0.7\text{m}^3/\text{min}$ に一定として、吸引効率およびヒューム濃度におよぼす溶接電流

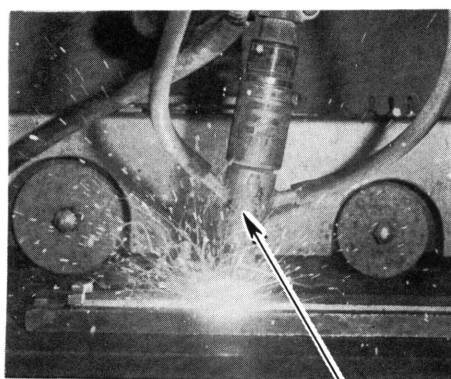


第12図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼす溶接電流の影響

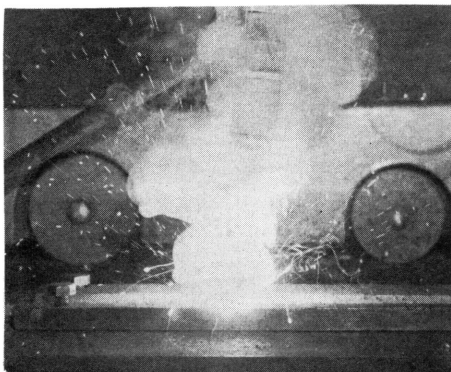
の影響を示す。ノズル母材間距離が20, 30および40mmの



第13図 吸引効率およびヒューム濃度によらず吸引ノズル傾け角度の影響



(a) 試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合
ノズル母材間距離: 30 mm
ノズルの吸込流量: 0.65 m³/min
アーク発生位置における吸込速度: 0.9 m/sec

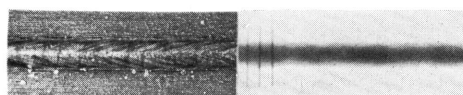


(b) 吸引しない場合

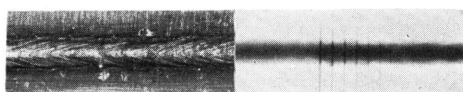
写真3 試作吸引ノズルによるヒューム吸引状況

いずれの場合についても溶接電流の影響はほとんど認められず、ノズル母材間距離が20mmの場合97.2~98.1%、30mmの場合96.7~97.8%および40mmの場合91.8~96.0%の吸引効率が得られている。

第13図は吸引ノズルの吸込流量 0.9 m³/min に一定として、吸引効率およびヒューム濃度によらずノズル傾け角度の影響を示したもので、ノズル母材間距離が20mmの場合にはノズル傾け角度の影響はほとんど認められず、吸引効率は96.5~98.2%の高い値を示している。しかし、ノズル母材間距離が30mmの場合はノズル傾け角度60~80°の範囲において吸引効率89.7~97.0%の高い値を示しているが、ノズル傾け角度が80°以上においては著しく低下する傾向が認められる。



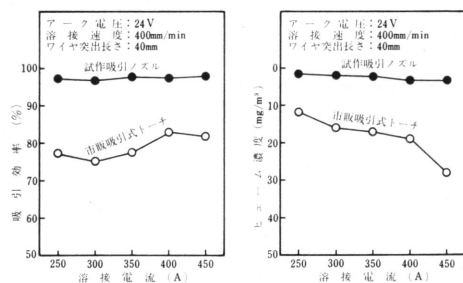
(a) 試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合
ノズル母材間距離: 30 mm
ノズルの吸込流量: 0.65 m³/min
アーク発生位置における吸込速度: 0.9 m/sec



(b) 吸引しない場合

写真4 ビードの外観およびX線透過写真

写真3は溶接電流400 A、アーク電圧24 Vおよび溶接速度400 mm/minの条件でノンガス溶接を行なった場合のトーチ部でのヒュームの状況を、写真4は得られたビー



第14図 吸引効率およびヒューム濃度によらず溶接電流の影響

ドの外観およびX線透過写真を、試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合(a)と吸引しない場合(b)とを比較して示す。ヒュームを吸引した場合のビードも外観は良好で、気孔も発生していない。

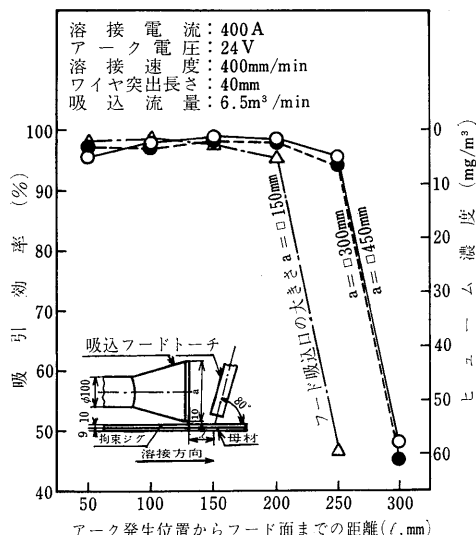
第14図は吸引ノズルを用いてノンガス溶接を行なった場合の吸引効率およびヒューム濃度によらず溶接電流の影響を示す。試作吸引ノズルによる場合の吸引効率は96.7~97.8%で、市販吸引式トーチの吸引効率75.2~

82.8%に比べ、著しく高い値を示している。

3-4-2 試作吸込フードによる溶接ヒュームの除去

ヒューム吸込フードは吸込口の大きさが150, 300および450mm角の3種類を用いた。フードの吸引効率を求めるために用いた実験装置および手順は、前述の試作吸引ノズルの場合と同様である。

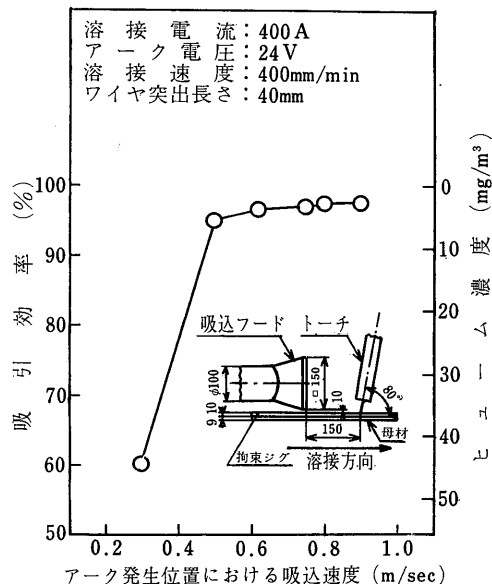
第15図は溶接電流400A、アーク電圧24V、溶接速度400mm/min、フードの吸込流量 $6.5\text{m}^3/\text{min}$ およびフー



第15図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼすアーク発生位置からフード面までの距離の影響

ド傾け角度 0° に一定として、フードの吸引効率およびヒューム濃度におよぼすアーク発生位置からフード面までの距離の影響を、フードの大きさ150, 300および450mm角の場合について比較して示す。フードの大きさがいずれの場合についてもアーク発生位置からフード面までの距離が50~200mmの範囲においては、吸引効率は約95%以上であるが、200mm以上では、フードの大きさがいずれの場合についても吸引効率は著しく低下する傾向を示している。したがって以後の実験では、溶接を行なう場合の作業性を考慮して150mm角の大きさのフードを用い、アーク発生位置からフード面までの距離を150mmに一定として実験を行なった。

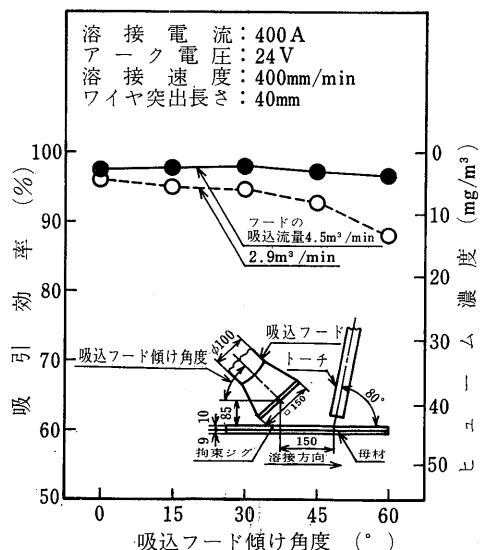
第16図は吸引効率およびヒューム濃度におよぼすアーク発生位置における吸込速度の影響を示したもので、吸込速度が $0.5\text{m}/\text{sec}$ 以上においては高い吸引効率(約95%)が得られ、ヒューム濃度も $5.68\text{mg}/\text{m}^3$ 以下の値を示している。しかし、この場合の吸込流量は $2.90\text{m}^3/\text{min}$ で、吸引ノズルによる場合と同程度のヒューム濃度を



第16図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼすアーク発生位置における吸込速度の影響

るのに必要な吸込流量は約4倍で、吸引ノズルの場合に比べ、かなり大規模な設備が必要である。

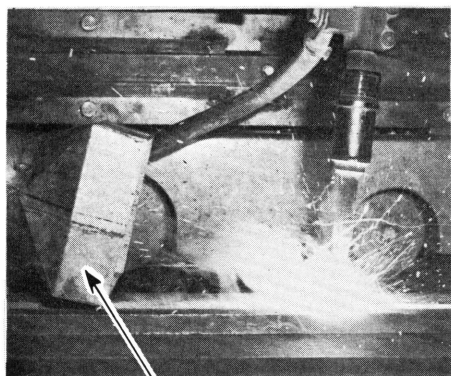
第17図は吸引効率およびヒューム濃度におよぼすフード傾け角度の影響を、フードの吸込流量が $2.90\text{m}^3/\text{min}$ および $4.50\text{m}^3/\text{min}$ の場合について比較して示したもので、吸込流量が $4.50\text{m}^3/\text{min}$ の場合は吸引効率におよぼすフード傾け角度の影響はほとんど認められず、吸引効率は97.0~97.9%の値を示している。しかし、吸込流量



第17図 吸引効率およびヒューム濃度におよぼす吸込フード傾け角度の影響

を $2.90\text{m}^3/\text{min}$ にした場合には、傾け角度が $0\sim 30^\circ$ の範囲では $94.6\sim 96.2\%$ の高い吸引効率が得られているが、傾け角度が 30° 以上においては吸引効率は低下する傾向を示している。

写真5は溶接電流 400A 、アーク電圧 24V および溶接速度 $400\text{mm}/\text{min}$ の条件でノンガス溶接を行なった場合の吸込フードによるヒューム吸引状況を示す。



試作吸込フード

アーク発生位置からフード面までの距離： 150mm
 フード傾け角度： 15°
 フードの吸込流量： $2.90\text{m}^3/\text{min}$
 アーク発生位置における吸込速度： $0.5\text{m}/\text{sec}$

写真5 試作吸込フードによるヒューム吸引状況

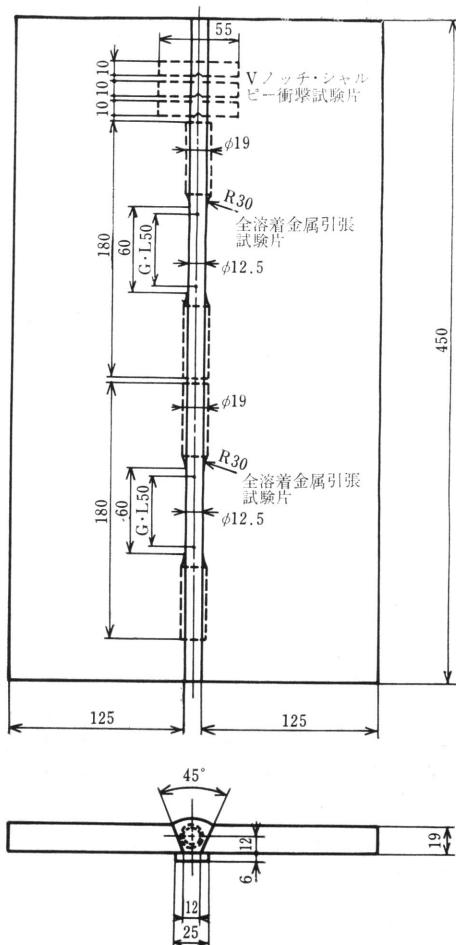
3-5 機械試験

3-5-1 板厚 19mm 軟鋼板のV型突合せ溶接

第1表に記号Bで示す板厚 19mm の $125\times 450\text{mm}$ 短冊型軟鋼板を母材として、第18図に示すように開先を削陵し、 45° のV型開先で、ルート間隔を 12mm とし、溶接電流 400A 、アーク電圧 24V および溶接速度 $300\text{mm}/\text{min}$ の条件で、試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合および吸引しない場合について、下向姿勢で多層溶接を行なった。溶接にあたっては、各層ごとにスラグを除去し、層間温度を 100°C として10パスで溶接を完了した。裏あて金は母材と同一組成のものをを用い、板を拘束して溶接を行なった。

溶接完了後、溶接部の外観検査を行ない、X線透過写真を撮影した後、同図に示すように、1枚の試験材から全溶着金属引張試験片2個とVノッチ・シャルピー衝撃試験片3個を採取し、機械的諸試験を行なった。全溶着金属引張試験片の形状寸法はJIS-Z3111-A1号に拠った。すなわち、標点距離 50mm 、平行部直径 12.5mm とした。Vノッチ・シャルピー衝撃試験では 0°C における衝撃値を求めた。

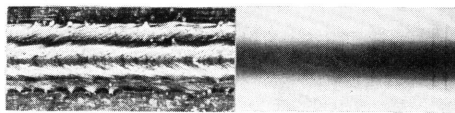
写真6はノンガス溶接により得られた多層溶着金属の外観およびX線透過写真を、試作吸引ノズルによりヒューム



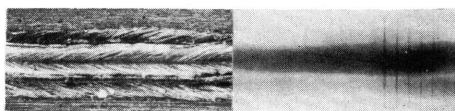
第18図 板厚 19mm 軟鋼板のV型突合せ溶接継手試験材の形状、寸法および諸試験片の採取要領 単位： mm

を吸引した場合(a)と吸引しない場合(b)とを比較して示す。ヒュームを吸引した場合も外観は良好で、気孔およびスラグ巻込みも認められない。

第4表は試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場



(a) 試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合
 ノズル母材間距離： 30mm
 ノズルの吸込流量： $0.65\text{m}^3/\text{min}$
 アーク発生位置における吸込速度： $0.9\text{m}/\text{sec}$



(b) 吸引しない場合

写真6 多層溶着金属の外観およびX線透過写真

第4表 ノンガスシールドアーク溶接により得られた全溶着金属の機械試験結果

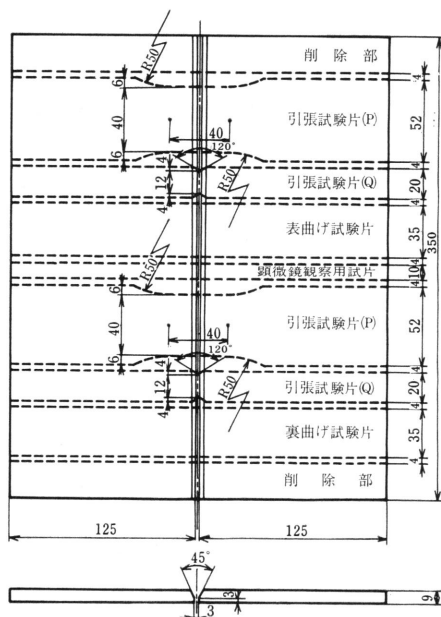
ヒューム吸引の有無	吸 引 条 件			引 張 試 験				ビッカース硬さ (荷重 1 kg)	Vノッチ・シャルピー 衝撃値 ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$, 0°C)
	吸引ノズル先端 のノズルと母材 間距離(mm)	吸引ノズルの 吸込流量 (m^3/min)	アーク発生位置 における吸込速 度 (m/sec)	降伏点 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸 び (%)	絞 り (%)		
有 (吸引ノズル)	30	0.65	0.9	45.3	54.0	21.3	61.8	175	13.56 14.36 15.33 } 14.42
無	—	—	—	47.2	55.5	22.5	64.2	174	12.16 13.39 15.89 } 13.81

〔注〕 供試母材の板厚：19mm，引張試験片：平行部直径12.5mm，標点距離50mm，ビッカース硬さは3層目の測定値を示す

合および吸引しない場合に得られた全溶着金属の機械試験結果を比較して示す。同表によれば、ヒュームを吸引した場合の全溶着金属の引張強さは、吸引しない場合の強さ ($55.5\text{kg}/\text{mm}^2$) とほぼ同程度の強さ ($54.0\text{kg}/\text{mm}^2$) を示し、伸び、絞りおよびビッカース硬さについても吸引しない場合のそれらと同程度の値が得られている。また、ヒュームを吸引した場合の0°CにおけるVノッチ・シャルピー衝撃値も、吸引しない場合の衝撃値 ($13.81\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$) と同程度の値 ($14.42\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$) を示し、ヒュームを吸引した場合の全溶着金属の切欠靱性は比較の優れていることが認められる。

3-5-2 板厚 9 mm 軟鋼板のV型突合せ溶接

第1表に記号Aで示す板厚9mmの125×350mm短冊型軟鋼板を母材として、第19図に示すように開先を削陵し、45°のV型開先で、ルート間隔を3mmとして突合せ、溶接電流 400A，アーク電圧 24V および溶接速度300mm/minの条件で、試作吸引ノズルによりヒュームを吸引し



第19図 板厚 9 mm 軟鋼板のV型突合せ溶接継手試験材の形状、寸法および諸試験片の採取要領 単位：mm



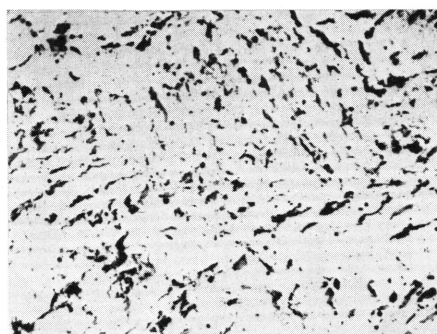
(a) 試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合

ノズル母材間距離：30mm
ノズルの吸込流量：0.65 m^3/min
アーク発生位置における吸込速度：0.9 m/sec



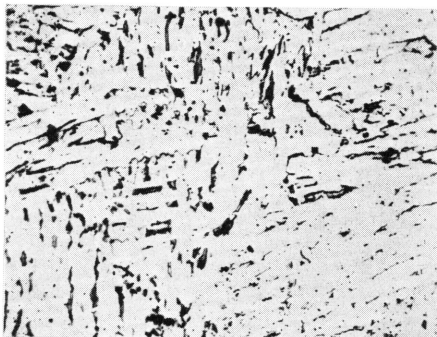
(b) 吸引しない場合

写真7 V型突合せ溶接継手の外観およびX線透過写真



(a) 試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合

ノズル母材間距離：30mm
ノズルの吸込流量：0.65 m^3/min
アーク発生位置における吸込速度：0.9 m/sec



(b) 吸引しない場合

写真8 溶接金属の顕微鏡写真 (×400)

た場合および吸引しない場合について1パスで板を拘束

して溶接を行なった。溶接完了後、溶接部の外観検査を行ない、X線透過写真を撮影した後、同図に示すように、1枚の試験材から継手引張試験片（PおよびQ各2個ずつ）4個と幅35mmの型曲げ試験片（表曲げおよび裏曲げ用各1個ずつ）2個および顕微鏡観察用試片1個を採取した。

写真7はノンガス溶接により得られた溶接継手の外観およびX線透過写真を、写真8は溶接金属の顕微鏡写真を、試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合(a)および吸引しない場合(b)とを比較して示す。ヒュームを吸引した場合も外観は良好で、欠陥のない健全な継手が得られており、溶接金属の地も比較のきれいだである。

第5表は試作吸引ノズルによりヒュームを吸引した場合および吸引しない場合に得られた板厚9mmのV型突合せ溶接継手の機械試験結果を比較して示す。同表によれば、ヒュームを吸引した場合の継手の引張強さは、吸引しない場合の引張強さ（47.9kg/mm²）とほぼ同程度の強さ（47.1kg/mm²）を有し、母材部で破断しており、伸び、絞りおよびビッカース硬さについても吸引しない場合のそれらと同程度の値を示している。また、切欠引張試験片（Q）による溶接金属の引張強さも、吸引しない場合の引張強さ（70.8kg/mm²）と同程度の強さ（68.8kg/mm²）が得られている。

型曲げ試験結果についても、ヒュームを吸引した場合

第5表 ノンガスシールドアーク溶接により得られたV型突合せ溶接継手の機械試験結果

ヒューム吸引の有無	吸 引 条 件			引 張 試 験								ビッカース硬さ (荷重1kg)	型 曲 げ 試 験			
	吸引ノズル先端のノズルと母材間距離 (mm)	吸引ノズルの吸込流量 (m ³ /min)	アーク発生位置における吸込速度 (m/sec)	試験片形状	標点距離 (mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	破断位置 母材	表曲げ		裏曲げ			
											角度 (°)		割れ長さ (mm)	角度 (°)	割れ長さ (mm)	
有 (吸引ノズル)	30	0.65	0.9	P Q	40 —	31.2 60.8	47.1 68.8	11.3 —	44.5 —	母材	203	180	0	180	0	
無	—	—	—	P Q	40 —	32.0 58.9	47.9 70.8	12.6 —	47.8 —	母材	201	180	0	180	0	

〔注〕 供試母材の板厚：9mm

も、表曲げ裏曲げとも180°曲げて無欠陥でじゅう分な延性を示している。

以上の機械試験結果より、ヒュームを吸引した場合の全溶着金属および溶接継手の機械的諸性質は吸引しない場合のそれらと比較していずれも同程度で、ヒュームを吸引したことによる全溶着金属および溶接継手の機械的性質の劣化は認められない。

4. 結 言

フラックス入りワイヤによるノンガスシールドアーク溶接時に発生するヒュームに関する基礎的諸実験を行ない、さらに、溶接ヒュームの除去方法について検討した。得られた結果は次のとおりである。

(1) ノンガス溶接時に発生するヒューム量は著しく多量で被覆アーク溶接の場合の約2倍、ガス被包アーク溶接の場合の約5～10倍である。

(2) ノンガス溶接のヒュームは0.5μ以下の球状粒子が互に連鎖して、樹枝状の大きな二次粒子となっている。

(3) ノンガス溶接のヒュームはMgO、Fe₂O₃、CaO、Al₂O₃およびF⁻が主成分で、そのうちMgOが約43.94%と著しく多い。また、水に可溶な成分は著しく少ない(約2.53%)。

(4) 吸引ノズルまたは吸込フードを用いることにより、ノンガス溶接時に発生するヒュームの約95%程度を除去

することができる。

(5) 吸引ノズルによるヒュームの除去方法は導入空気量が少なく経済的で、かつ、作業性をそこなわない合理的な作業環境改善方法の一つである。

(6) 吸引ノズルによりヒュームを除去した場合に得られた全溶着金属および溶接継手の機械的性質は、除去しない場合のそれらと比較していずれも同程度で、ヒュームを除去したことによる機械的性質の劣化は認められない。

本研究は、昭和50年度本学特別研究費の交付により行なわれたことを特に記し、本学関係者各位に対して深甚の謝意を表します。また、本実験の遂行に際して熱心に協力された本学機械工学科卒業研究学生清水吉秀君、白井豪君、竹川充君、外山悟君、丸山栄君ならびに生産機械工学科卒業研究学生小島木三君に謝意を表する。

文 献

- (1) 松田、長谷川：“被覆アーク溶接時に発生する溶接ヒュームについて”，中部工業大学紀要，第10巻A，(1974年12月)
- (2) 益本，松田，長谷川：“亜鉛メッキ鋼板のアーク溶接”，溶接学会誌，第42巻(1973)，第12号
- (3) “Safety in Welding and Cutting” USA Standard Z49.1—1967, American Welding Society.
- (4) 多田：“ACGIH(1966)の有害物許容濃度表”，労研維持会資料，No.398，1967.