酸素アセチレン焰に関する研究 (第4報)*

——ガス熔接部の水素、窒素含有量について——

大 西 巖** 水 野 政 夫**

Studies on the Properties of the Oxy-Acetylene Flame (Report 4)*

Hydrogen and Nitrogen in the Deposited Metal Made under Various Conditions
of the Oxy-Acetylene Flame

By I. Onishi** and M. Mizuno**

Abstract

It is believed that the contents of hydrogen and nitrogen in the deposited metal made by the oxy-acetylene flame are so small that the effect of these gases are very slight. This fact has been ascertained by authors by measuring the contents of these gases.

1. Hydrogen: The analysis of the deposited metal for dissolved hydrogen was made by the Glycerine Method. As is shown in Fig. 3, the results of these analyses indicate that the amount of extracted gas from the deposited metal decreases as the mixed ratio (O_2/C_2H_2) of the flame increases. This amounts, when compared with those obtained from arc welding (except the low-hydrogen type electrode), are much smaller. Table 1 gives the results of the hydrogen analysis (Vacuum Heating Extraction Method) of the metal deposited in the neutral flame. The hydrogen content decreases as the welding time increases.

2. Nitrogen: The nitrogen content of the deposited metal melted under various conditions of the oxy-acetylene flame using different filler rods is illustrated in Fig. 9. The nitrogen content increases as the mixed ratio of the flame increases. These nitrogen contents are nearly equal to or a little more than that of arc welded metal obtained from heavy coated electrode by melting it by arc. In the welding operation, the flame may introduce nitrogen from the air into the deposited metal. This tendency is recognized remarkably clear when the mixed ratio is increased and also when the filler metal with a smaller diameter is used.

1 諸 言

前報¹⁾²⁾³⁾においてガス熔接吹管は使用中火口温度が上昇し、そのため焰は次第に酸素過剰焰となることを明らかにした。この傾向は水冷装置を有する特殊吹管を除き避け得られない現象であり、混合比が変化する割合は吹管によりかなり異ってはいるが特に性能の悪いものを除き通常の吹管では正常な熔接作業における火口温度の上昇限度は約 300°C までであり、それに伴って混合比は標準焰の $O_2/C_2H_2 \approx 1.1$ より 1.4 程度にまで変化する。Fig. 1 は酸素アセチレン焰の外観と混合比の関係を示した一例で、この吹管における標準焰は $O_2/C_2H_2 = 1.08$ であり、熔接作業に際し混合比が 1.0~1.45 の範囲以外は実際問題として使用し難くなる。

著者らはガス熔接部の組成におよぼす焰の影響について実験を進めているが、本報はそのうち実用範囲内で混合比を変化させた場合における熔着金属中の水素、窒素量を求めた結果である。この問題は事新しく取立てるほどのこ

ともなく、従来から一応影響なしとされているが、しかればガス熔接部には一体如何ほどの水素、窒素が含まれているかという点になると信頼できるデータが見当らない。

2 水 素

酸素アセチレン焰の白色錐尖端における水素量は Fig. 2⁴⁾ の如くで、理論的な中性焰では 33.3% におよんでいる。従ってかかる組成の焰の下で熔融された熔着金属に対する水素溶解量を衆知の法則、数値⁵⁾を用いて概算すると次の如くである。

平衡温度 °C	1550	1600	1650	1700	1750	1800
溶解 wt%	0.00145	0.00150	0.00161	0.00168	0.00176	0.00184
水素量 cc/100g	16.1	16.7	17.9	18.8	19.7	20.6

しかしながらガス熔接はアーク熔接に比べ熔池の温度も低

* 原稿受付 昭和31年4月30日 (昭和31年度熔接学会春季学術講演会において発表)

** 正員 大阪大学工学部 Member, Faculty of Engineering, Osaka University

Fig. 1. Aspects of oxy-acetylene flame

Fig. 2. Relation between mixed ratio and hydrogen content in top of white cone

Fig. 3. Volume of extracted gas from deposited metal

く、また冷却速度も至って緩慢なため、熔接終了後常温まで冷却された熔接部の水素含有量は予想外に少いであろうということ容易に推察されるところである。

(1) 混合比の影響

種々の混合比の酸素アセチレン焰で $2 \times 40 \times 110 \text{ mm}$ の焼鈍した軟鋼板中央に母材を熔融することなく長さ約 100 mm のシングル・ビードを置き直ちに水冷した試料によるグリセリン試験の結果は Fig. 3 の如くである。試験中グリセリン槽は 50°C に保持された。

ガス発生量はアセチレン過剰焰、標準焰、酸素過剰焰の順に減少している。Fig. 4 はガス発生量と混合比、および試みに Fig. 2 より求めた各混合比の白色錐尖端における水素分圧の平方根との関係を求めたもので、実験範囲内で後者はほぼ直線的に変化している。

グリセリン法によるこれらの値をすでに多数の人により発表された類似の方法で試料を作製し、試験されたアーク

Fig. 4. Relations between mixed ratio, partial pressure of hydrogen and volume of extracted gas from deposited metal

熔接のそれと比較すると、アーク熔接では1~2日、場合によっては8hr程度でガス発生がほとんど停止するのに反し、ガス熔接の場合その発生は極めて緩慢であり、また全発生量は低水素型アーク熔接棒が用いられた場合とほぼ等しいか、やや多い程度で、他の各型式のアーク熔接棒を用いた場合に比べると1/2*以下である。

(2) 全熔着金属の真空加熱抽出法による水素分析

i) 試料の作製

JIS G 3534に準じ5種類の市販ガス熔接棒を用い標準焰($O_2/C_2H_2=1.08\sim1.15$)で12mm板のV型突合せ熔接を行い全熔着金属を作製した。熔接棒の種類により作業性に難易があり、そのため同一太さのものでも肉盛層数、熔接処要時間を統一することができなかった。比較のためD棒では特に母材を熔融することなく、出来る限り短時間で肉盛した。E棒は細いため肉盛層数も多く、熔接時間も長かった。

各試片は徐冷後機械加工して熔着金属のみを取り出し分析に供した。従ってこの間(24hr)における拡散性水素の逸散があるわけであるが、試料Dの熔接時間22分(試料中最少)のものは母材を熔融することなく肉盛したため冷却後ハンマーで簡単に母材から熔着金属のみを取外すことができた。この三角塊(重量261g)のグリセリン試験の結果総量0.65cc(0.0025cc/g)のガスが捕集されたのみで、この量は後に示す抽出水素量の約10%に過ぎない。すなわち多層盛による繰返し加熱、熔接終了後の緩慢な冷却により拡散性水素の大部分は放出され尽したと見做すことができる。

ii) 分析結果

Table 1は熔接条件、熔着金属の化学組成、真空加熱抽

Table 1 Hydrogen Contents in Deposited Metal

Kinds of rod				A		B		C		D				E	
Diameter		mm		4.0		4.0		4.0		4.0				3.2	
No. of layer				7		8		7		8		6		12	
Welding time		min		69		72		54		82		22		148	
Chemical composition %		C		0.10		0.08		0.12		0.08		0.10		0.05	
		Si		0.024		0.053		0.011		0.005		0.010		0.015	
		Mn		0.34		0.42		0.21		0.31		0.31		0.13	
Hydrogen analysis	Weight of specimen		g	40.9	41.0	41.2	40.0	41.2	40.9	41.0	41.2	41.3	41.4	41.0	40.9
	Volume of extracted gas		cc	1.10	1.25	0.65	0.55	1.00	1.10	0.90	0.60	1.45	1.55	0.70	0.50
	%		cc/100g	2.20	2.48	1.36	1.32	2.36	2.62	1.36	0.91	3.24	3.57	1.15	0.91
	Hydrogen wt.% $\times 10^{-5}$			19.7	22.2	12.2	11.8	21.2	23.5	12.2	8.1	29.0	32.0	10.3	8.1
	H ₂ (mean) wt.%			0.00021		0.00012		0.00022		0.00010		0.00031		0.00009	

出法(800°C, 2h)による水素分析結果を示したものである。この水素量と熔接時間との関係はFig. 5の如く

Fig. 5. Relation between welding time and hydrogen content in deposited metal

で、熔接時間の長いもの程水素量は少く

時間の増加と共に次第に一定値に近づく傾向を示している。そしてその絶対量は低水素型アーク熔接棒を用いたアーク熔接の場合とほぼ同じ値であるが、他の型式のアーク熔接棒を用いた場合と比較すると1/10**以下の値を示している。

(3) 現在までの所唯一の例ではあるがガス熔接部にFig. 6の如きフイッシュ・アイ類似の破面が

Fig. 6. Fracutre of tensile specimen of gas welds.

見出されたことがある。しかしこれは恐らくかゝる現象も起り得るという程度の極めて特異な例に過ぎず、一般にガス熔接部に含まれる水素は拡散性のものは少く、その量は多くとも低水素型アーク熔接棒を用いたアーク熔接の場合と同程度で、ガス熔接であるからという理由で特に考慮を払う必要はないといえる。

3 窒素

鋼に対する窒素の影響は極めて重要で幾多の研究結果⁶⁾が発表されている。本実験においても認められた如くアーク熔接、殊にその初期においては裸またはそれに近い熔接棒の使用に基く熔着金属の窒化は著しくそのため各種アーク熔接棒による熔

* 数値的な比較は同一の実験装置、方法が用いられた文献(6)によった。

** 数値的な比較は実験装置、方法の等しい文献(7)によったものである。

着金属中の窒素含有量およびそれが機械的性質におよぼす影響についても古くから多数の報告⁹⁾がある。しかしガス熔接による熔着金属中の窒素含有量を採取したものは比較的少く、僅に Portevin & Séférian,¹⁰⁾ Hoffmann¹¹⁾らのものがある程度に過ぎない。すなわち前者らは 4mmφ のアームコ鉄の熔接棒を中性燐で熔融したものは 0.02%N₂ を含むとしており、後者は Fig. 7 の如き C-N-O の関係を求めガス、アークの比較を行っている。これによるとガス熔接はアーク熔接に比べ酸素、窒素共に著しく少く、炭素含有量が

Fig. 7. C-O-N in welds

同一ならいずれも 1/2 以下であるが、それにしても 0.1% C のガス熔接部は 0.03~0.04% N₂ を含んでいることとなり、もし実際この程度の窒素がガス熔接部に含まれているならその影響は無視することはできないであろう。

(1) 試料の作製

Table 2 の如き 4 種のガス熔接棒を用い、種々の混合比の酸素アセチレン燐で JIS G 3534 に基き Fig. 8 の如き試験片を熔接し、熔着金属部から 15φ × 150mm の丸棒を削り出し、電解法による非金属介在物分析を行った後、残部を旋削して分析試料とした。

ガス熔接棒 S, D, N は一般に市販されアーク熔接棒芯線

Table 2 Chemical Compositions of Rods

Rod		Dia. mm	Compositions %			
			C	Si	Mn	N ₂
Gas	S	5	0.13	0.02	0.39	0.0083
	D	5	0.10	0.17	1.18	0.0083
	N	5	0.11	0.09	0.33	0.0074
	Z	5	0.04	0.02	0.35	0.0076
Arc	B	4	0.07	0.01	0.42	
	F	4	0.09	0.06	0.32

Fig. 8. Gas welding specimen

としても現用されている。棒 Z は亜鉛鍍金せる針金線である。なお比較のため同型の試験片をアーク熔接により製作した。アーク熔接棒 B は D 4301 に相当する規格品である棒 F は銘柄不明、赤褐色薄被覆の優秀とはいえない例である。

(2) 分析結果

窒素分析は学振蒸溜法¹²⁾によって行い、Phenol-Chrolamine による比色法¹³⁾を一部併用した。

アーク熔接棒による全熔着金属中の窒素含有量は

試料 B (熔接棒 B によるもの) 0.0067% N₂

試料 F (熔接棒 F によるもの) 0.0665% N₂

で、ガス熔接による混合比と熔着金属中の窒素量との関係は Fig. 9 に示した如くである。

Fig. 9. Amount of Nitrogen content in deposited metal

ガス熔接棒としては比較のため熔融時において窒素の吸収を促進する性質を持った元素 (Si, Mn など) を多量に含んだもの、製鋼時の脱酸剤として多量のアルミニウムを使用したもの、亜鉛鍍金をしたものなどを用いたが、化学組成と窒素量の関係は明らかにされず、どの熔接棒も大体同じ傾向を示している。しかし混合比が増大するに伴い熔着金属中の窒素含有量はやや増加する傾向を示しているが、その絶対量は 0.008~0.01% 程度に過ぎず、厚被覆アーク熔接棒によるアーク熔接の場合より若干多いが Portevin & Séférian, Hoffmann らの値に比べると非常に少ない。

(3) 一般に鋼中の窒素含有量は Hoffmann¹⁴⁾ によれば

錬鉄 0.003~0.005%N₂ 坩堝鋼 0.001~0.008%N₂

平炉鋼 0.001~0.008%N₂ 電気炉鋼 0.008~0.016%N₂

転炉鋼 0.01~0.03%N₂

とされており、Table 2 に示した熔接棒中の窒素量は大体平炉鋼の窒素含有量の範囲内にあるが、熔着金属中の窒素量はアセチレン過剰燐、標準燐が用いられた場合においてもそれより僅かながら増加している。白色錐尖端における燐は一次燐であり理論上は空気従って窒素の混入は考え

られない。しかしこの位置より離れるに従い熔中の窒素含有量は次第に増加する¹⁵⁾。熔池は大体白色錐尖端附近のガス組成で覆れているとはいえウイーピングを含めた熔の動揺、熔接棒の挿入による熔の攪乱、あるいは熔接が進むに従い白色錐尖端から離れ外熔の下である期間赤熱状態に保たれた後、空気中で常温まで冷却する間などにおいて窒素と接触する機会が与えられることはあり得る訳である。

酸素アセチレンの混合比が次第に増大すれば熔の組成としてのC-O-H系は当然変化するが、これと熔着金属中の窒素量は無関係であり、混合比の増大に伴う熔着金属中の窒素量の増加はむしろその時の噴出ガスの状態によって支配されるものである。すなわち熔は酸素過剰熔となるに従い硬化し、熔池を掘下げ攪拌作用が激しくなる。また同時にガス流量も変化し、乱流となり空気の混入が助長される。これらの事項が附加されるため熔着金属中の窒素量は次第に増加の傾向を辿ることとなる。

ガス熔接に際し熔着金属中の窒素量が熔接棒のそれより、また混合比の増大と共に僅かながら増加するのは上記の如き理由に基くものであるが、混合比1.0~1.4の範囲内ではその増加量は極めて微々たるものであり、ほとんど考慮しなくてもよいと考えられる。

4 結 言

熔着金属の組成におよぼす酸素アセチレン熔の影響を調査する一端として水素、窒素の含有量を求めたのであるが真空加熱法による水素、蒸溜法による窒素の分析値はいずれも真空熔融法に比べその結果が高くなる傾向¹²⁾を持っているにも拘らずガス熔接の熔着金属について我々の得た実験値は非常に低いものであった。本実験より得られた結果を要約すると大略次の如くである。

1. 熔着金属中に溶解する水素は混合比の増大に伴い、熔の水素分圧が減少するため次第に減少する。
2. 熔接条件の根本的な相異からガス熔接部に含まれる水素は特に多層熔接にあっては拡散性のものは少なく、大部分は残留水素でその量は熔接処要時間の短いものほど多い。
3. しかしながら熔着金属中の水素量は低水素型アーク熔接棒を用いた場合とほとんど同程度であり、他の型式のアーク熔接棒が用いられた場合と比較すると
拡散性水素は $0.03 \sim 0.05 \text{ cc/g}$ でアーク熔接の場合の $\frac{1}{2}$ 以下、
残留水素は $0.0001 \sim 0.0003\%$ でアーク熔接の場合の $\frac{1}{10}$ 以下、
であり、格別重要視する必要はなく低水素型アーク熔接棒による熔接部と同様に取扱えばよい。

4. 熔着金属中の窒素量におよぼす混合比の影響は直接的なものではなく、混合比の増加に伴って起る熔の乱れ、熔の硬化による熔池の攪拌などに基くものである。
5. 熔着金属中の窒素含有量は $0.008 \sim 0.01\%$ 程度で厚被覆アーク熔接棒のそれより若干多い程度であり、裸に近い熔接棒の如く著しくない。
6. 0.01% 程度の窒素は鋼に種々の影響をおよぼす最低値とされている。¹⁶⁾ 従ってこの程度の窒素は単独では熔接部に大した影響をおよぼさないと考えても差支えなからう。しかし熔着金属中の炭素、酸素などに関連させた場合については考慮する必要が起るかも知れない。

本実験に際しては除全福、大西寿智両氏の御協力を仰いだ。また真空加熱法による水素分析は日本熔接棒株式会社御援助によった。

文 献

- 1) 大西、水野、太田、坪井；酸素アセチレン熔に関する研究（第1報）、熔接学会誌、23巻 7, 8号（昭29. 7~8）
- 2) 大西、水野、坪井、太田；酸素アセチレン熔に関する研究（第2報）、熔接学会誌、23巻 9, 10号（昭29. 9~10）
- 3) 大西、水野、中川；酸素アセチレン熔に関する研究（第3報）、24巻 1号（昭30. 1）
- 4) G.V. Slottman & E.H. Roper; Oxygen Cutting (1951).
- 5) A. Sieverts; Zeits. Physik Chemisch. 1907, 1911. H. Schenck; Phys. Chemi. der Eisenh. Bd. I.S. 155, 1932.
- 6) 岡田、若林；大阪大学工学報告、Vol. 1 (1951)
- 7) 鈴木；軟鋼熔接棒と熔着鋼の水素量との関係、熔接学会誌、23巻 7, 8号（昭29. 7~8）
- 8) 今井、石崎；鋼に対する合金元素としての窒素、金属学会誌、A-15巻 8号より内外文献の輯録が掲載されている。
- 9) Arcos Reviw; Impact Test of Welded Metal, No. 79~82, その他。
大西（熔接協会誌、1934）、関口（熔接協会誌、1937, 1938）、永井（熔接学会誌、1952）など。
- 10) A.M. Portevin & D. Séférian; Welder, July, 1936.
- 11) Hoffmann; Die Elektroschweissung, S. 223, 1931.
- 12) 学振第19小委員会報告Ⅲ；鉄および鋼ガス（窒素、水素、酸素）分析方法に関する研究（昭和11年）
- 13) 後藤、渡辺；光電光度計による鉄鋼の迅速分析法（第2報）、金属学会誌 第16巻 5号（昭27. 5）
- 14) Hoffmann; Die Elektroschweissung, 8, 1935.
- 15) 大西、水野；酸素アセチレン熔の組成について、昭和27年5月熔接学会名古屋講演会にて一部発表
- 16) 今井、石崎；鋼の合金元素としての窒素（第1報）、金属学会誌、第13巻 8号（昭24. 8）