

軟鋼および低炭素不銹鋼のアーケ エア ガウジング

Arc Air Gouging of Mild Steel and Low Carbon Stainless Steel

妹 島 五 彦* 永 井 孝 彦*

Itsuhiko Sejima

Takahiko Nagai

内 容 梗 概

1954年米国から紹介されたアーケ エア ガウジング法は、現在国内において実用化され逐次その適用範囲を拡大しつつある傾向にある。著者らは軟鋼および低炭素不銹鋼についてその機械的性質に及ぼす影響について検討した結果、たとえば最も懸念された炭素電極棒使用による炭素の浸炭も、軟鋼においてはガウジング面から 0.35 mm 程度であり、熔着鋼の溶込みはこれより大きいので、炭素は拡散することになり全体としてはほとんど問題にならないし、低炭素不銹鋼 (SUS 12) においては熔着金属の炭素含量の増加も 0.08%以内にとどまり、腐蝕の問題に対してもさして影響のないことが判明した。

1. 緒 言

厚い鋼板の熔接において、X形開先を採用して表側のグループを熔接して、ついで裏側をガウジングし、さらに熔接により肉盛りすることは一般的常識であり、従来この裏ハツリにはニューマチック ツールを用いて機械的にチップングするとか、あるいはフレーム ガウジングといって酸素アセチレン炎で吹きとばす方法が採られてきた。

しかしこれらの方法によるとチップングの場合では

- (1) 作業能率が悪い。
- (2) 大きな騒音を出す。
- (3) 熔接欠陥部がつぶれて発見が困難である。
- (4) 上向き、立向きあるいは狭い場所の作業性が特に悪い。

またガス ガウジングの場合では

- (1) 高温のために母材にひずみが起りやすく、ときにはそのためき裂が発生することがある。
- (2) 火口にスパッタなどがついて作業が阻害される恐れがある。
- (3) 立向き特に上向きのガウジングが困難である。
- (4) 密閉されたドラム内側の裏ハツリなどでは万一アセチレンガス漏れがあると危険である。

などの欠点を伴っていた。これらの欠点を補うべく、1953年に米国で“アーケ エア トーチ”と称する炭素アーケと圧縮空気を用いる器具が考案された。翌 1954 年には“アーケ エア法”として日本にも輸入されたが、上記のような欠点がないうえに、次のような利点があげられる。

- (1) 軟鋼、不銹鋼、硬質合金、真鍮、青銅、モネル、鋳物などあらゆる金属のガウジングが可能といわれている⁽¹⁾。
- (2) チップングより数倍速い。

- (3) 直流熔接機さえあれば、設備費が少なくすむ。
- (4) ガウジングされた面が美麗でそのままなんらの加工をも施さずに熔接してさしつかえない。
- (5) 熟練を要しないので作業者の養成が容易である。

2. アーク エア法

アーケ エア法とは金属の酸化熱を利用する化学的作用よりも、むしろ母材と電極間に発生するアーケ熱により金属を熔融し、同時に電極の表面を電極と平行に流れる空気噴流により、金属を移動する物理的な面が多い。というのは酸化熱を比較的多く発生する金属でも、またそうでない金属でもほとんど同じようにガウジングしうるからである。

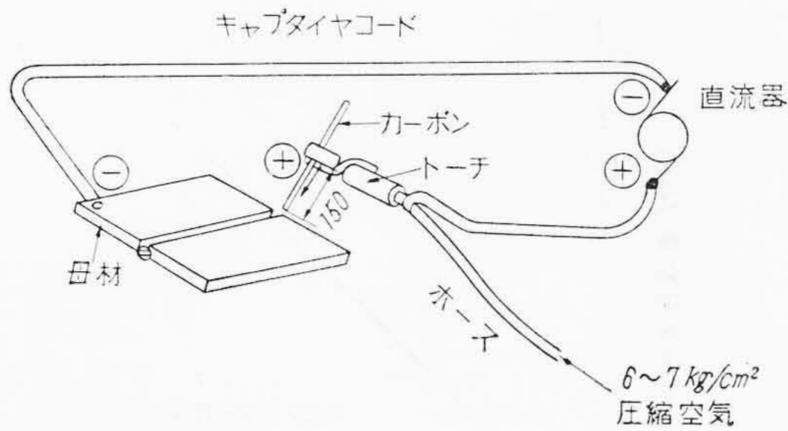
この方法に用いられる器具とは第1図に示すように、電極保持器と直流アーケ熔接機、圧縮空気およびこれらを接続するケーブルと電極棒である。電極保持器を陽極に接続し、いわゆる逆極性で使用する。極性は非常にたいせつで正極性で使用するとアーケの安定が悪く、ガウジング能率が著しく低下し、その差の大きいのに驚く。

電極棒はその先端から約 150mm の位置で保持する。交流ではアーケの安定が直流正極性の場合よりも悪く、ガウジング不可能である。交流または直流に高周波を重畳させると、炭素電極表面が赤熱され、炭素が燃焼する。そのため棒径は細くなりガウジングのみぞ幅が狭く、金属移動量が著しく減少する。

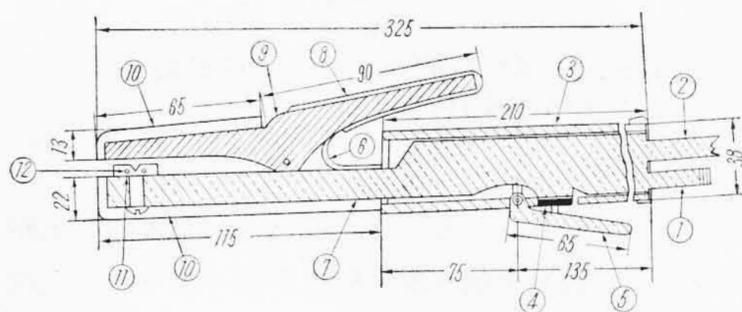
3. アーク エア トーチ

米国アーケ エア社製のトーチには同心ケーブルが備えてあるが、これはかならずしも必要でなく、本実験に用いたトーチは第2図のようなものでT社製である。リードワイヤと圧縮空気供給管とは別々にトーチに入っている。アーケ エア社製トーチにはG-3形とG-4形の2種類があり、その全長はそれぞれ 260mm, 390mm

* 日立製作所日立工場

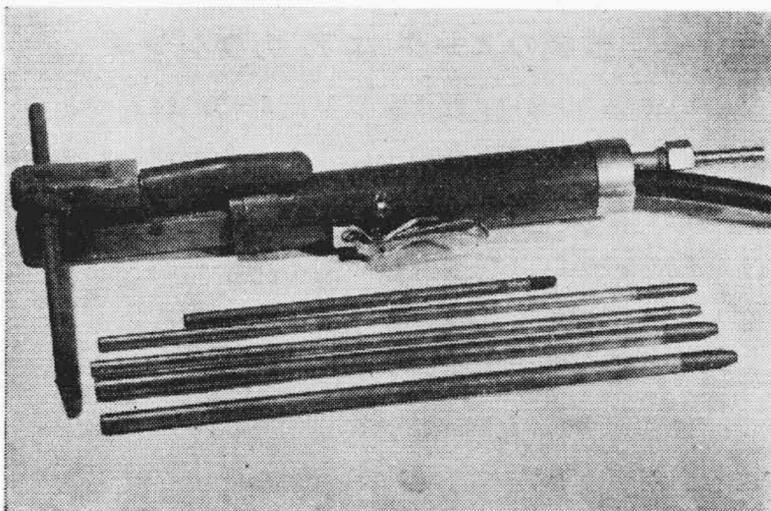


第1図 アークエアガウジング施工要領



- ① 空気流入管口
- ② リードワイヤ
- ③ ハンドル
- ④ 空気開閉バルブ
- ⑤ 同ハンドル
- ⑥ スプリング
- ⑦ 本体
- ⑧ ゴムカバー(絶縁体)
- ⑨ 上部アーム
- ⑩ 先端部絶縁体
- ⑪ ヘッド
- ⑫ 圧縮空気流出孔

第2図 アークエアトーチの断面および寸法



第3図 アークエアトーチおよび 6.5φ, 9φ 炭素電極棒

であるが、T社製トーチはその中間をとり 325mm としてある。第3図はその外観および 6.5φ, 9φ 電極棒である。

トーチ先端の電極支持金具にある直径 1.9mm の2個の穴から吹き出す圧縮空気の噴流により、アーク熱で熔融した金属を吹きとばしガウジングするが、この電極支持金具は自由に回転するところがこの装置の特長であり、電極の角度によって噴流をその方向に向けることができる。かつ、この圧縮空気はホールダおよび電極棒を空冷し、その温度上昇を防いでいる。空気の圧力はいずれの文献でも^{(1)~(4)}、6~7 kg/cm² が最適といっているが、実験の結果、4 kg/cm² あたりまで金属移動量は減少しないことがわかった。すなわち空気圧力の増減の影響は

とるにたらないで、圧力の変動の激しい工場でも使用可能である。

また軟鋼のみでなく、13Cr 鋼、オーステナイト系不銹鋼やアルミニウム合金、真鍮にも適用しうる。そのほか報告によるとマグネシウム合金や鋳鋼にも可能といわれている⁽²⁾。オキシアセチレントーチによるガウジングとほとんど同じように使いうるが、本実験のようにU形開先のグループ取りにその特長を発揮する。

トーチのガウジング面に対する操作は第1図に示したように前進法で、空気噴流の衝撃はアークのすぐ後を打つようにする。この空気噴流が金属を除去するにつれて前方に電極棒を押しに行くようにすればよい。みぞの深さは電極棒のガウジング面に対する角度と進行速度により定まる。

4. 炭素電極棒

ガウジング用電極棒には炭素と黒鉛とを適当に混合し、両者の長所をいかすよう努力が払われているが、その配合はメーカーにより異なり細部は明らかにされていない。炭素はコークスを粉末にし仮焼し、結着剤のタール、ピッチなどを混合し、約 250 kg/cm² の圧力で押し出して、成型後、数日間、約 1,200°C で焼いて製造する。黒鉛はより高温で、電気炉でさらに焼かねばならない⁽³⁾。第1表はこの炭素と黒鉛との諸性質を比較したものである⁽⁴⁾。

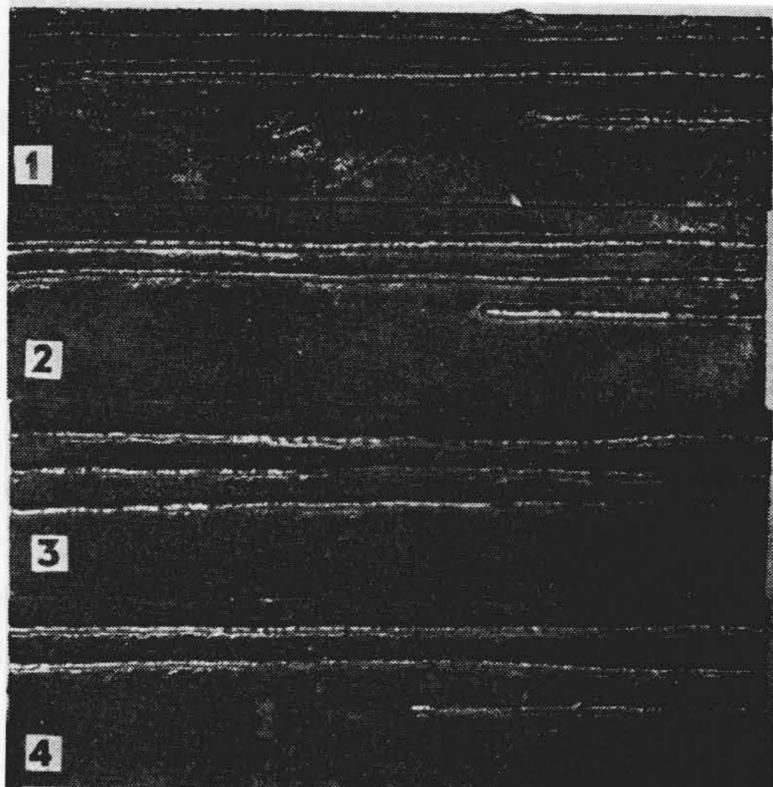
前者は非結晶体であるが、後者は結晶体である。密度はやや異なる。また前者はかたく摩耗および腐蝕に対して強いが後者はやわらかく弱い。しかし黒鉛の酸化温度は高く、酸化速度も炭素よりおそく、電気および熱伝導度が高い。この目的のためには硬くて耐蝕性、耐摩耗性の高いことが望ましいが、一方酸化温度が高く、酸化速度のおそいことも要求される。ところが電気伝導度は高い方がよいが、熱伝導度は低いことが望まれる。

以上の理由により炭素と黒鉛とを適当に混合したものがガウジング用電極棒として使われる。

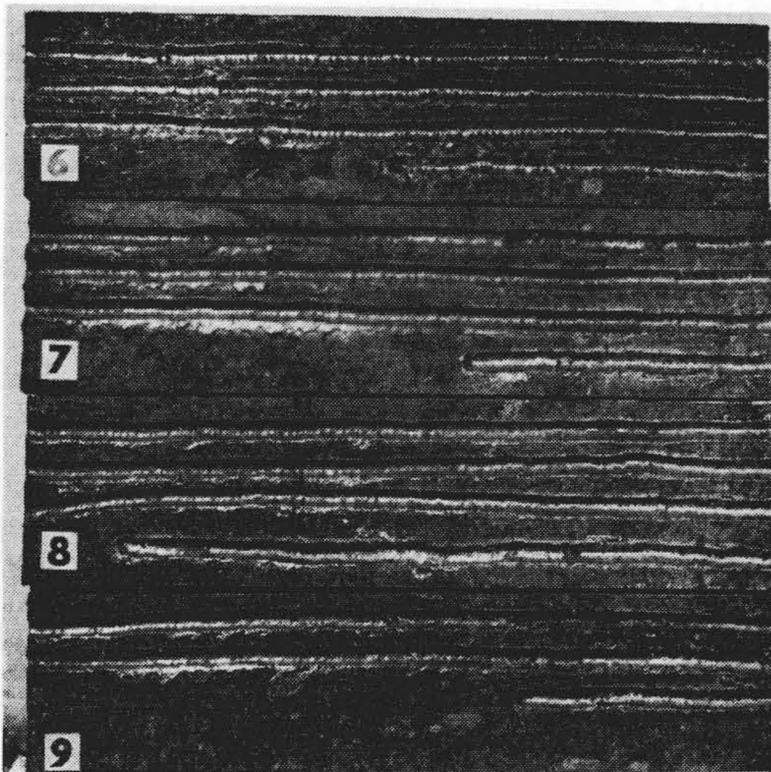
なおこれに銅メッキを施したものとそのままのものがある。銅メッキされた電極棒ではトーチ先端部ヘッドとの接触がよく、トーチを長持ちさせると同時に、棒自体

第1表 炭素と黒鉛との諸性質の比較

	炭素	黒鉛
構造	非結晶体(無定形)	結晶体
密度 (kg/cm ³)	1.55	1.59
かたさ	かたい	やわらかい
摩耗および腐蝕に対する抵抗	高い	低い
酸化温度	350~500°C	400~650°C
酸化の難易	易	難
相体電気伝導度	1	4
1,000°C における相対熱伝導度	1	30



第4図 6.5φ 電極棒による SS 41 のアー
ク エア ガウジング
(1: 190A, 2: 240A, 3: 280A, 4: 290A)

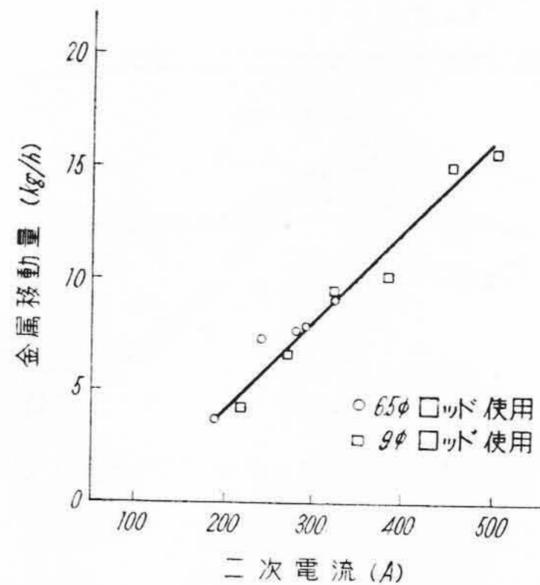


第5図 9φ 電極棒による SS 41 のアー
ク エア ガウジング
(6: 220A, 7: 270A, 8: 320A, 9: 380A)

の電気抵抗も低く、電気をよく伝えるとともに、抵抗熱としての発散が少なくなる。

本実験で使用した電極棒は銅メッキを施した I 社製、6.5φ および 9φ 棒であるが、アー ク エア社ではほかに 4φ, 4.8φ, 7.9φ, 9.5φ, 12.7φ の銅メッキ付き、または裸棒を販売している。また日立化工株式会社でも 5.0φ, 6.5φ, 8.0φ, 9.5φ, 11.0φ, 13.0φ の銅メッキ付き棒を販売しており、これらの試験の結果は優秀な特性を示している。

裸棒では炭素の電気抵抗が銅のそれに比べて著しく大



第6図 単位時間当りの金属移動量と電流との関係(SS 41)

きく、すぐ赤熱される。また赤熱された表面を圧縮空気が流れると表面を削り取り棒径が細くなり、棒先端がとがってしまう。この結果ガウジングしたみぞはV形となり、かつみぞ幅が極端に狭くなる。そしてまた細くなった電極棒は折れやすくなる。このような理由でも銅メッキされた電極棒の方がすぐれている。

5. 軟鋼のアー ク エア ガウジング

軟鋼のアー ク エア ガウジングは非常に容易で1日、2~3 時間、約1 週間の練習で作業者はその技術を習得することができた。上向きは除去される溶金に注意しなければならぬから、やや困難であるが、立向きは下向きとほとんど変わりなく、同じ要領で施工しうる。

ただこの場合進行方向を下方に向けてガウジングするようにしさえすればよい。空気開閉バルブ用ハンドルを押し、圧縮空気を出してからアー クを発生させ、あとはただ金属の移動につれて、前進法の姿勢でトーチを押し続けていけばよい。すなわち熟練を要しなくて、作業者の養成が容易であることもアー ク エア法の長所の一つである。本実験に使用した軟鋼は SS 41 で、その化学成分は第4表、No. 1 に示してある。溶接機は Lincoln Shield Arc D. C. Welder Type 600 (1,500 rpm, 220V, 三相, 二次最大電流 750 A) によった。

5.1 適正電流の選定

銅メッキ付き 6.5φ および 9φ 電極棒の適正電流を決定するため、SS 41 材(25×100×400mm) に第6図のように二次電流を 190~500A の間変化させ、ガウジングを行った。第4図および第5図はおのおの異なる電流によりガウジングされた試片の一例を示す。

第2表および第6~9図はその試験結果である。

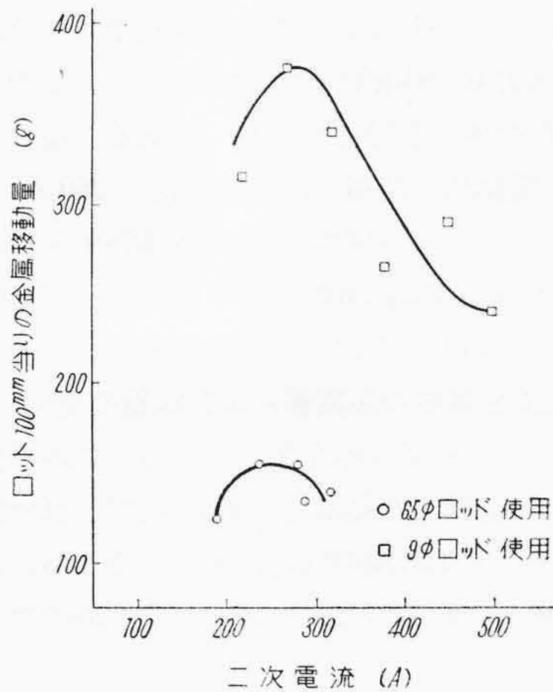
なお空気の圧力は一定 5 kg/cm² とし、下向き姿勢で、各電流における最も作業しやすい速度でガウジングを

行つた。

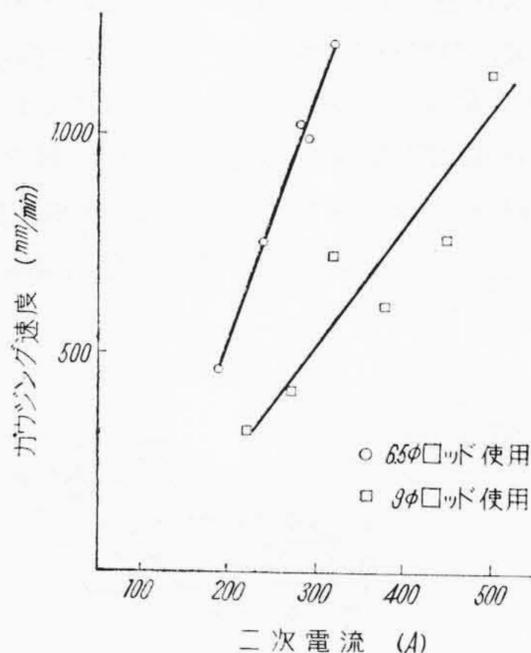
6.5φ棒を使用する場合、100A程度でもなんとかガウジング可能であるが、その作業能率が著しく低下し、

第2表 SS41材アーケアガウジング結果

試片番号	ガウジング速度 (mm/min)	みぞ幅 (mm)	深さ (mm)	切断面積 (cm ²)	熱影響部面積 (cm ²)	熱影響部切断 (%)
1	469	8.5~9	3~4	0.0471	0.0177	37.6
2	753	8.5~9.5	3~4	0.0471	0.0246	52.1
3	1,019	8.5~9.5	3~4	0.0471	0.0246	52.1
4	988	8.5~9.5	3~4	0.0471	0.0246	52.1
5	1,210	8.5~9.5	3~4	0.0471	0.0246	52.1
6	325	11~12	3.5~4.5	0.062	0.0275	44.3
7	415	11~12	4.5~5.5	0.097	0.0385	39.7
8	732	11~12	4.5~5.5	0.097	0.0385	39.7
9	619	11~14	5~6.5	0.128	0.0430	33.6
10	772	11~14	5~6.5	0.128	0.0490	38.3
11	1,140	11~14	5~6.5	0.128	0.0490	38.3



第7図 単位炭素棒長さ当りの金属移動量と電流との関係 (SS41)



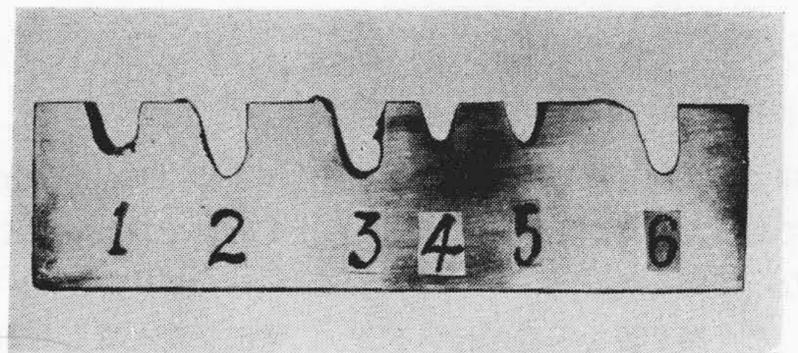
第8図 ガウジング速度と電流との関係(SS41)

少なくとも 150A以上が必要である。

いま二次電流と金属移動量の関係を図示すると第6図のようになり、二次電流の増加に伴い、金属移動量は大体直線的に増加する。それゆえ二次電流を増してやると、この電流範囲では、それに比例して作業能率があがることになる。ところが単位棒長さ当りの金属移動量を考えると二次電流との間に第7図のような関係があり、6.5φ棒では230~280A、9φ棒では260~310Aの間にそれぞれ最大値があり、それ以上の電流では減少している。このことは経済性の比較の場合に大きな意味をもってくる。

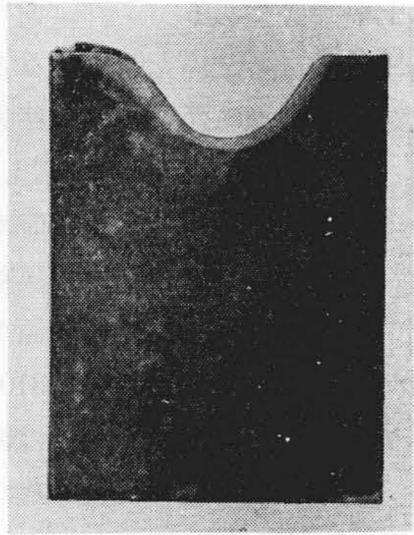
また二次電流を上げてやればガウジング速度の増加が可能で、これらの関係を図示すれば第8図のようになる。第2表においてガウジング速度を増してやっても、みぞの深さが減少していないのは、第8図のように二次電流を増加しているためである。

一般に二次電流が一定の場合にはみぞの深さは電極棒の角度とガウジング速度により定まる。というのはガウジング面に対する棒の角度を大きくし、また運棒速度をおそくしてやればみぞの深さは深くなる。このことは第9図をみれば明らかで、220A(6.5φ棒)、320A(9φ棒)と同じ電流値に対する第2表のみぞ幅、および深さと比較すると、ガウジング速度はおそくなり、これらの値は大きくなっている。そしてみぞ幅を10.5mm(6.5φ棒)、12mm(9φ棒)以内にとどめ、ガウジング可能最大深さは、各15mm、16mm程度である。これ以上パスの回数を増しても電極先端が赤熱消耗するだけで、みぞは深くならない。9φ棒では2回で15.5mmに達しており、3回目ですでに0.5mmしか深くなっていない。6.5φ

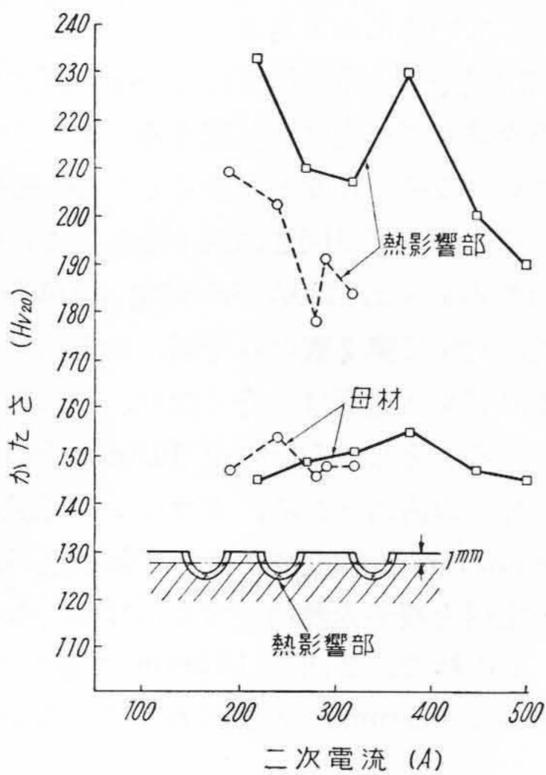


パスの回数	No.						運棒速度 (mm/min)
	1	2	3	4	5	6	
1	150	265	395	310	300	325	写真の縮尺 (4/7)
2	—	360	325	—	435	310	
3	—	—	270	—	—	325	
棒径(mm)	9	9	9	6.5	6.5	6.5	写真の縮尺 (4/7)
電流 (A)	320	320	320	220	220	220	
みぞ幅(mm)	11	12	12	8.5	9.5	10.5	
深さ(mm)	10.5	15.5	16	9	9.0	15.0	

第9図 最小みぞ幅でガウジング可能な最大深さ



第10図 SS41 アークエア
ガウジング部のマクロ組織
(電極棒: 9φ, 二次電流: 270A,
ガウジング速度: 415 mm/min)



第11図 各試片の熱影響部最高かたさ
および母材のかたさ(SS41)

棒での2回目はややガウジング速度が速く 435 mm/min であったため、たいして深くならず3回目で6 mm 深くなっている。

また第2表をみるとわかるように電流を変えても熱影響部の面積はそれほど変わらない。第10図は第5図試片7の中央より切断したガウジングみぞおよび熱影響部のマクロ写真である。このガウジングは9φ電極棒により270A, ガウジング速度 415 mm/min で行った。

5.2 熱影響部最高かたさと二次電流との関係

第4, 5図の各試片を両端から200mmの位置, 試片中央部でガウジングみぞと直角に切断し, 母材および熱影響部最高かたさを測定した。最高かたさは各みぞについて第11図に示す位置で3点, 各試片について6点ないし9点を測定し, そのうち最も高い値をとった。

第3表 アークエアガウジングに及ぼす空気圧の影響
(6.5φ棒使用)

試片 No.	空気圧力 (kg/cm ²)	電流 (A)	金属移動量 (g)	棒の使用長さ (mm)	ガウジングの長さ (mm)	みぞ幅 (mm)	みぞ深さ (mm)	1時間当りの金属移動量 (kg/h)	1分当りの棒の消耗長さ (mm/min)	ガウジング速度 (mm/min)
1	1	260	0					ガウジング不可能		
2	2	260	120	100	760	8.5~9.5	3~4	5.54	77	585
3	4	260	150	100	880	8.5~9.5	3~4	7.62	83	735
4	6	260	155	100	1,070	8.5~9.5	3~4	7.15	77	820
5	8	260	155	100	1,020	8.5~9.5	3~4	6.90	74	757

第11図はその結果を示したもので, 一般に電流の上昇に伴い熱影響部最高かたさは低下する傾向にある。

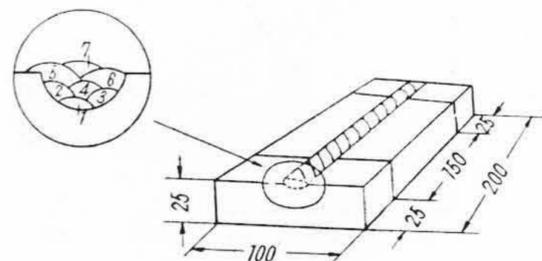
5.3 空気圧のガウジングに及ぼす影響

圧縮空気のガウジングに及ぼす影響を調べるために圧力の正確を期して, 空気の代わりにボンベ入り圧縮窒素を使用し圧力計で調節した。その結果を示すと第3表のようになり, 最適圧縮空気圧は9~7 kg/cm²と報告されているが^{(1)~(4)}, 4 kg/cm²でもかなり優秀な金属移動性を示している。しかしながら単位電極長さ当りの金属移動量は空気圧力6~8 kg/cm²で最も大きい。このことは経済性の問題を考える場合たいせつである。なおこの測定には6.5φ電極棒を使用し, 二次電流は260Aの一定電流を流した。また単位時間当りの金属移動量は著しく減少するが圧力は2 kg/cm²あたりまで下ってもガウジング可能で1 kg/cm²では不可能なことがわかった。

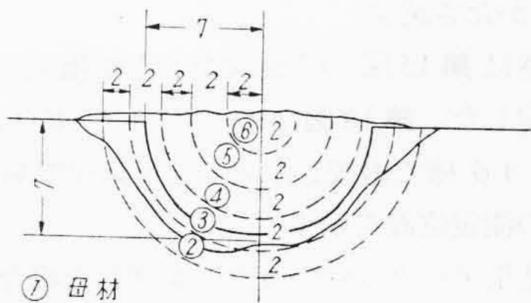
5.4 熔着金属中の炭素量および銅量の変化

電極としてカーボン棒を使っているので熔着金属中, または, その境界部の炭素含有量が増加しないだろうか, またメッキしてある銅の問題はどうだろうか, ということが当然考えられる。これを確かめるために次のような実験を行った。

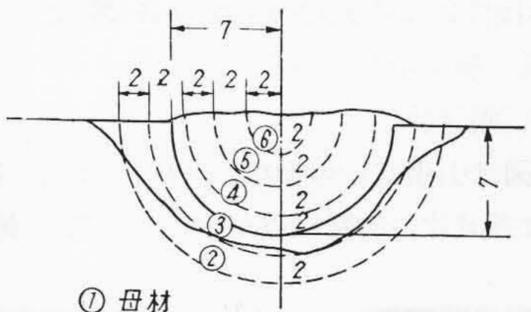
第12図のような, SS41, 25×100×200mmの試片2枚の中央にそれぞれ7Rの半円形のみぞを長手方向に機械加工およびエアガウジングし, LB-26, 4φ棒を165A, D.C, 7層で肉盛りした。2mm層ごとに試料を採取する関係上, 試片のアーケエアガウジングは慎重を期し, あらかじめ7Rのゲージを作製し, これにあわせ最初の2層は6.5φ棒270Aで, 最後の1層底部Rの仕上げは9φ棒, 240Aでガウジングした。なお機械加工した試片は肉盛り前にトリクレンで油脂類を完全にぬぐい取



第12図 化学分析用試片
(母材: SS41, 熔接棒: LB-26, 4φ)



第13図 開先を機械加工した試片，肉盛り後の切断面



第14図 開先をアーケアガウジングした試片，肉盛り後の切断面

第4表 第13図，第14図各層の化学分析結果

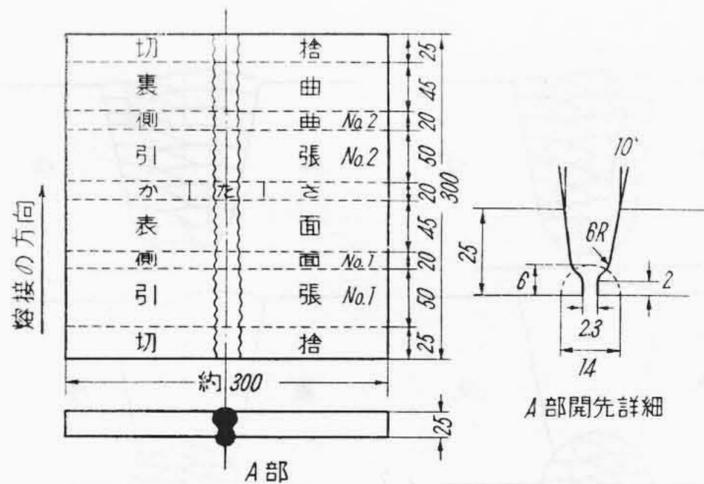
試片 No.	アーケアガウジングの場合		開先機械加工の場合					
	T.C.	Cu	T.C.	Cu	Si	Mn	P	S
1	0.151	0.19	0.105	0.23	0.11	0.59	0.021	0.015
2	0.140	0.18	0.104	0.25				
3	0.095	0.21	0.085	0.23				
4	0.044	0.22	0.050	0.23				
5	0.040	0.19	0.035	0.23				
6	0.033	0.19	0.030	0.25	0.42	0.70	0.023	0.011

った。第13図は開先を機械加工した試片熔着金属の溶込み程度，第14図はアーケアガウジングのそれを示す。

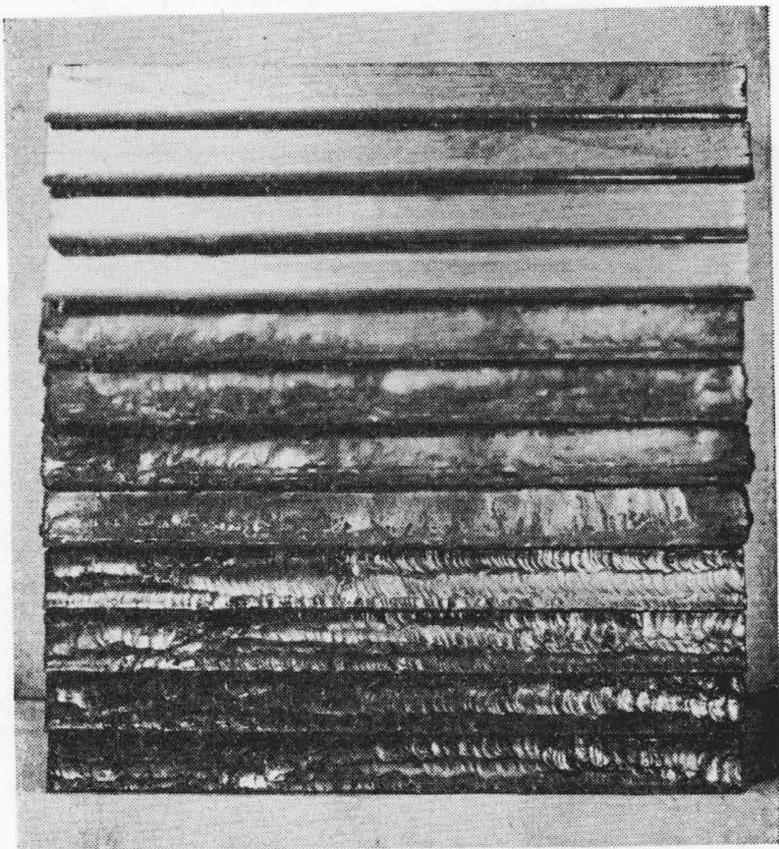
第4表は各層の分析結果である。これによると母材中のC量が0.10~0.15%で，熔着金属に入るにつれて炭素が希釈され，中央部で0.03~0.04%になっている傾向がみられるだけで，アーケアガウジングによる境界部のC量の増加は明らかでない。

銅についてもまた同様で，開先を機械加工した場合の銅の含有量0.23~0.25%に比べ，アーケアガウジングではむしろ低く，銅元素は混入しないことがわかった。これは第3図の少し使った6.5φ電極棒をみればわかるように，棒先端より約12~13mmあたりまで，順次アーケ熱により銅メッキがはがれていくため，この銅はほとんど完全に気化し，圧縮空気で吹きとばされるものと思われる。いずれにしても，SS-41程度の炭素を含む材料のアーケアガウジングでは電極棒炭素，銅の影響はないと考えてよい。

炭素量の問題はSUS-12のガウジングのところでもふたたびとりあげる。



第15図 試片採取位置および寸法



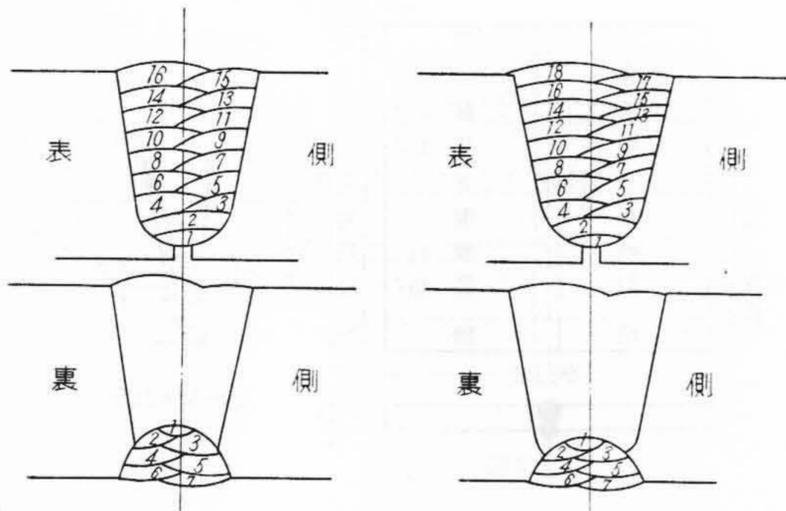
第16図 試片U形開先部正面図
(上4枚：機械加工
中4枚：ガスガウジング
下4枚：アーケアガウジング)

5.5 機械的性質に及ぼす影響

5.5.1 試片の作製および採取位置

SS 41, 25×150×300mmの12枚の試片を用意し，それぞれ4枚ずつ，第15図のA部詳細上側のように，機械加工，アセチレンガスガウジングおよびアーケアガウジングによりU形開先加工した。

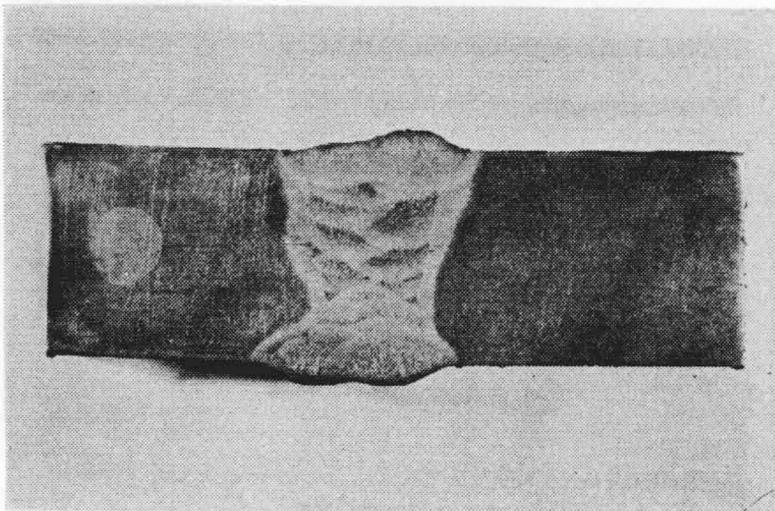
第16図は上から機械加工，ガスガウジング，アーケアガウジングした試片のU形開先部を示す。第17図はこの開先部熔接積層図であり，LB-26, 4φ (180~185A, D.C), B-17, 4φ (170~175A, A.C), で上部表側を熔接してから，裏側をそれぞれ機械加工，ガスガウジング，アーケアガウジングし，図のように熔接した。なお機械加工した開先は綿布で油脂をふく程度で，ガスガウジングおよびアーケアガウジングした面はそのまま熔接し，ワイヤブラシやグラ



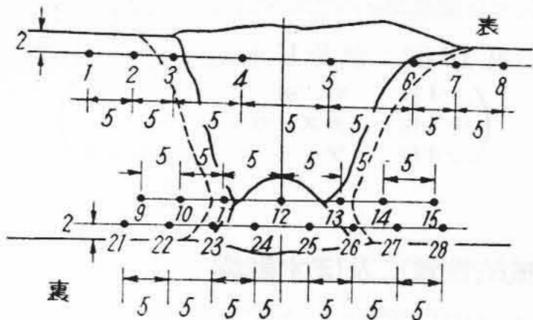
熔接棒 LB-26, 4φ
熔接電流 180~185A

熔接棒 B-17, 4φ
熔接電流 170~175A

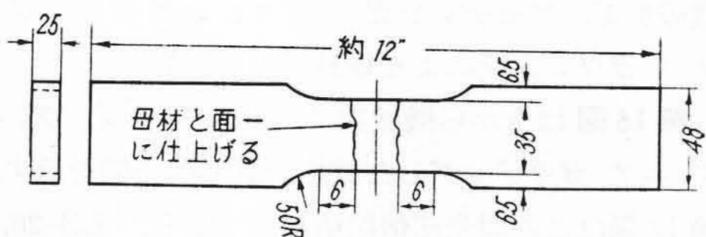
第17図 熔接積層図



第18図 アークエアガウジング, LB-26,
4φ棒で熔接したかたさ測定用試片



第19図 かたさ測定位置



第20図 引張試片

インダはかけていない。熔接方向に対する引張試片、かたさ測定用試片、側面げ、表曲げおよび裏曲げ試片採取位置は第15図に示すとおりである。各試片の寸法、形状はすべてA、B規格によった。

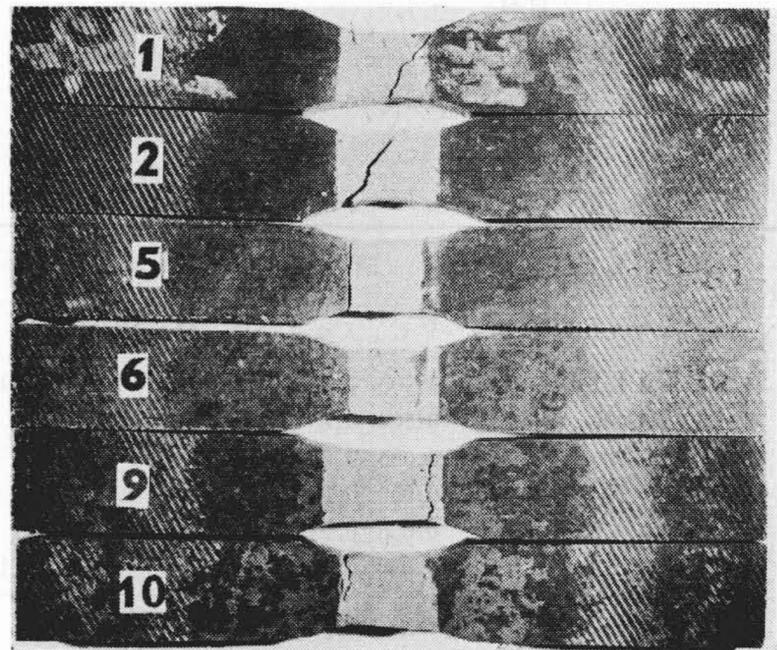
5.5.2 かたさ試験

かたさは第15図の下側すなわち熔接開始側の面を研削測定した。第18図はアークエアガウジングし、LB-26, 4φ棒で熔接した同測定用試片であり、第19図はその測定位置を示す。

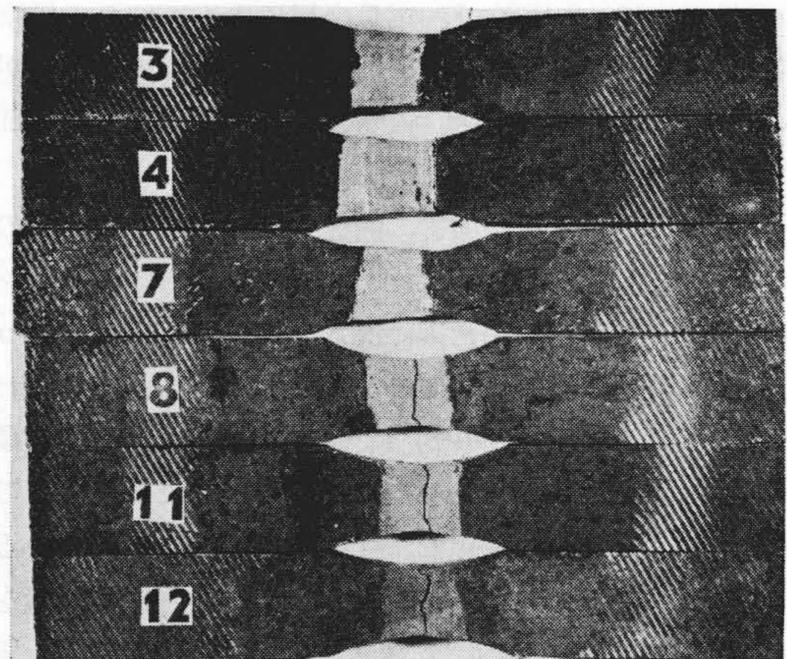
この結果アークエアガウジングした場合と機械加工ならびにガスガウジングした場合とでは大差がない。そしていずれの熔接棒でも熱影響部最高かたさは190Hvを越えることなく、熱影響部熔着金属をとわずB-17熔接棒による試片の方がLB-26より5~15Hvぐらい低い値を示している。

5.5.3 引張試験

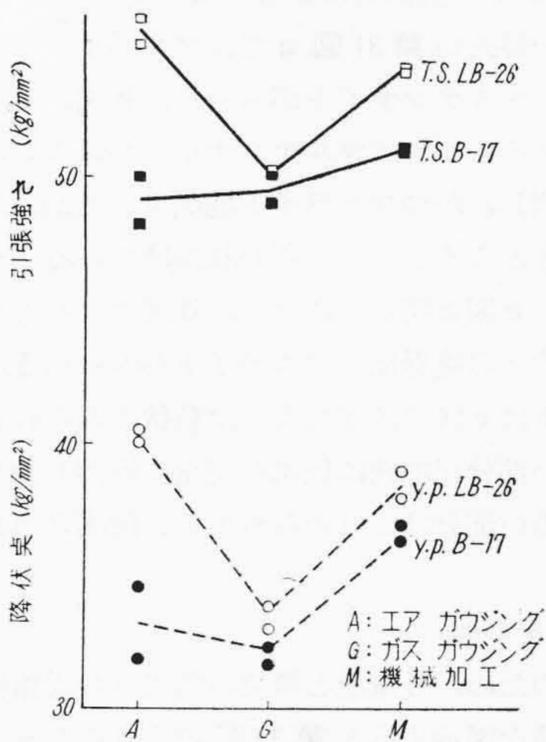
第20図は引張試片の形状、寸法を示し、第21, 22図からは各試片の破断位置がうかがえる。第23図は



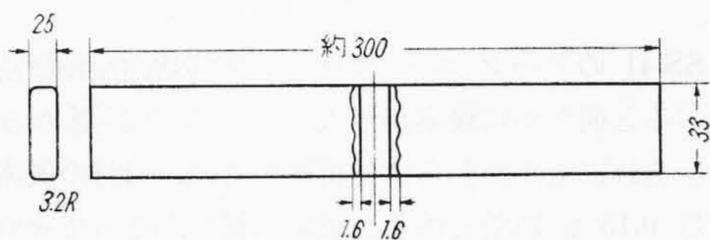
第21図 LB-26 熔接棒による引張試片
(①,②: アークエアガウジング)
(⑤,⑥: ガスガウジング)
(⑨,⑩: 機械加工)



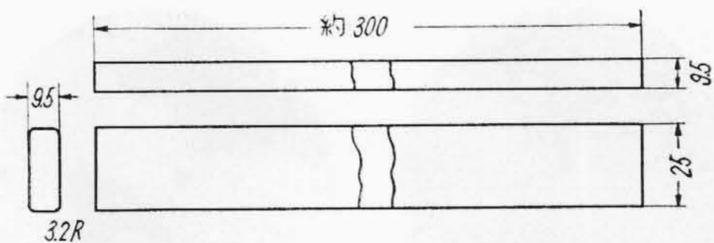
第22図 B-17 熔接棒による引張試片
(③,④: アークエアガウジング)
(⑦,⑧: ガスガウジング)
(⑪,⑫: 機械加工)



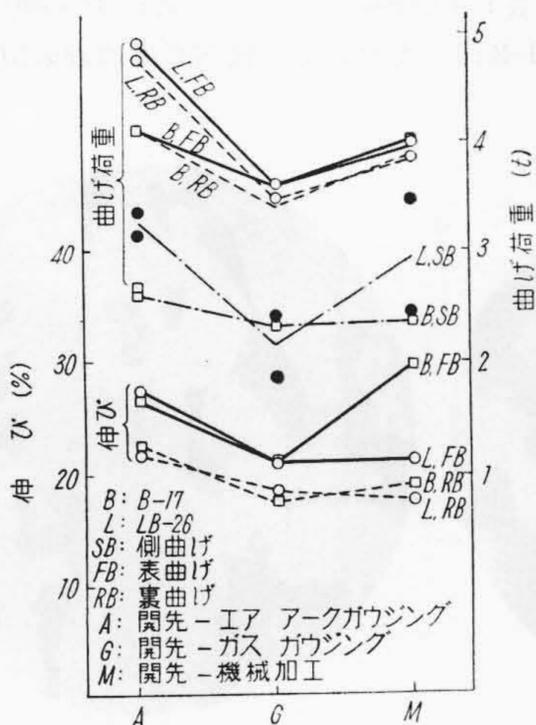
第23図 引張試験結果



第24図 表および裏曲げ試片



第25図 側曲げ試片



第26図 側および表、裏曲げ試験結果

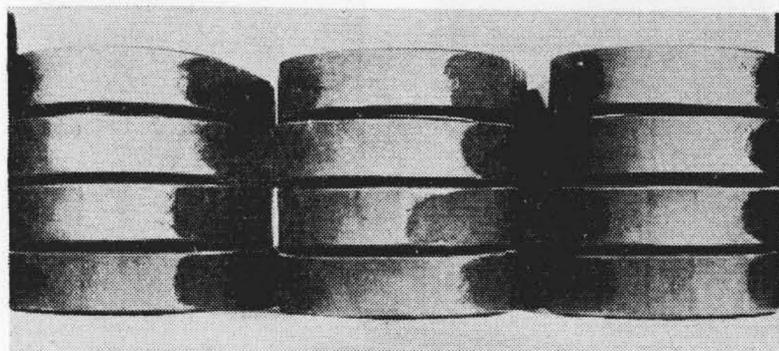
同試験結果を図示したものである。

硬さ試験のところでもふれたが、引張強さ、降伏点ともに LB-26 による場合の方が B-17 によるそれより高い。また LB-26 では降伏点、引張強さともにアーケエアガウジングした場合が最も高く、機械加工、ガスガウジングの順に低くなっている。B-17 ではこれらは機械加工による場合が最も高く、ガスガウジングとアーケエアガウジングによるそれらの間には大差はない。

5.5.4 曲げ試験

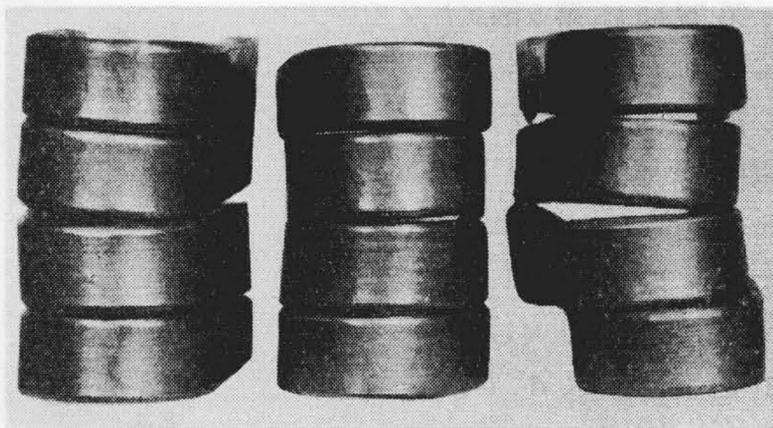
第24, 25図はそれぞれ表および裏曲げ試片と側曲げ試片の形状、寸法を示す。なお側曲げは 20R, 表および裏曲げは 40Rで行った。第26図はこの結果を図示したもので、曲げ荷重は LB-26, B-17 をとわず、側曲げおよび表、裏曲げともにアーケエアガウジングの場合が高く、ついで機械加工、ガスガウジングの順に小さくなっている。伸びは開先機械加工、B-17 溶接棒使用、表曲げの場合を除いて一般にアーケエアガウジングでは他の二者によるより高い値を示している。第27, 28図はそれぞれ表および裏曲げ試片と側曲げ試片の外観である。

表および裏曲げ試片には全然き裂は入らなかった。



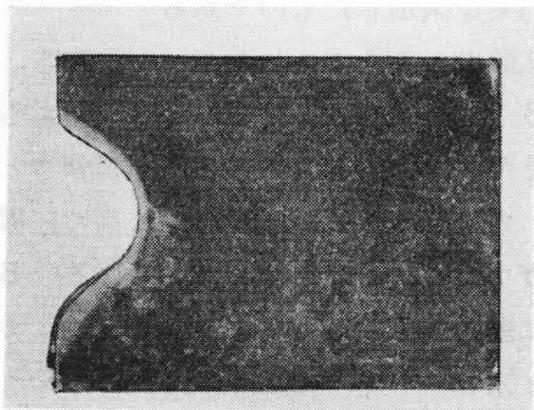
〔最上段: B-17, 裏曲げ, 2段目: 同, 表曲げ〕
〔3段目: LB-26, 裏曲げ, 最下段: 同, 表曲げ〕
左: アークエアガウジング
中: ガスガウジング
右: 機械加工

第27図 表および裏曲げ試片

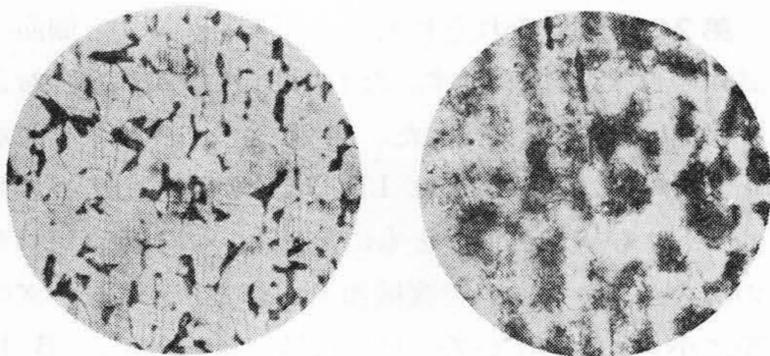


〔上2段: B-17, 下2段: LB-26〕
左: アークエアガウジング
中: ガスガウジング
右: 機械加工

第28図 側曲げ試片



第29図 第5図試片7の断面図



左: a(x150)

右: b(x150)

第30図 ガウジング底部断面の顕微鏡組織



左: a(x500)

右: b(x500)

第31-1図 ガウジング底部断面の顕微鏡組織

側曲げ試片では、2, 3 に 0.5~1.3 mm 程度のき裂がみられたが、これは裏ガウジング後の熔接溶込み不十分のためであり、ガウジングによる影響とは考えられない。

5.5.5 顕微鏡写真

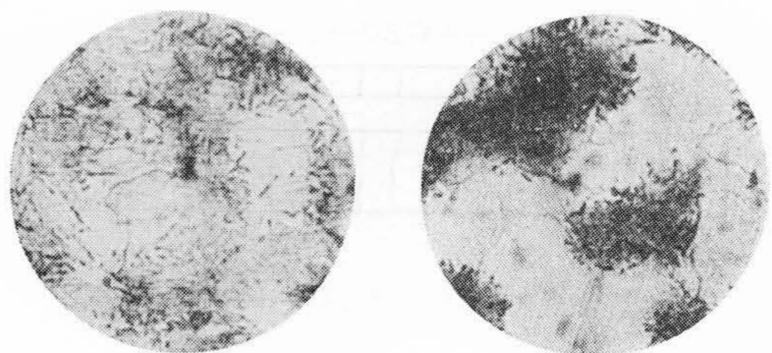
第29図は第5図試片7の中央より切断したガウジングみぞおよび熱影響部で、ガウジングには9φ電極棒を使用、電流 270A を流し、その速度は 415 mm/min であった。第30図、a, b はみぞ底部断面を150倍に拡大したもので、第31図 a, b, c, d, e, f, はさらにこれを拡大し、その倍率は500倍である。第30図 a から炭素電極使用のための炭素浸入は 0.35 mm 程度と思われる。アークエ

ア ガウジング熱影響による組織の変化をみてみると、表面に一番近い第31図 a ではソルバイトの間に針状になったマルテンサイトがみられ、b 図、c 図と母材に近くなるにつれてマルテンサイトが減少し、ソルバイトが増し、かつフェライト地が少し出始めている。c 図でもところどころに現われかけているパーライトは d 図、e 図と明らかになり、d 図ではパーライトとフェライトの境界部にソルバイトがみられる。このソルバイトは e 図ではまだ少しは粒状にみられるが、f 図の白い部分が地鉄に炭素を完全に固溶したフェライトで、黒い部分はこれから析出した炭素との共析部である。

5.5.6 その他

参考のため、各電流と単位時間当りの電極消耗長さとの関係を図示すると第32図のようになり、各径の棒について直線的な関係にある。この棒の長さを消耗するカーボン容積に換算すると第33図のようになる。

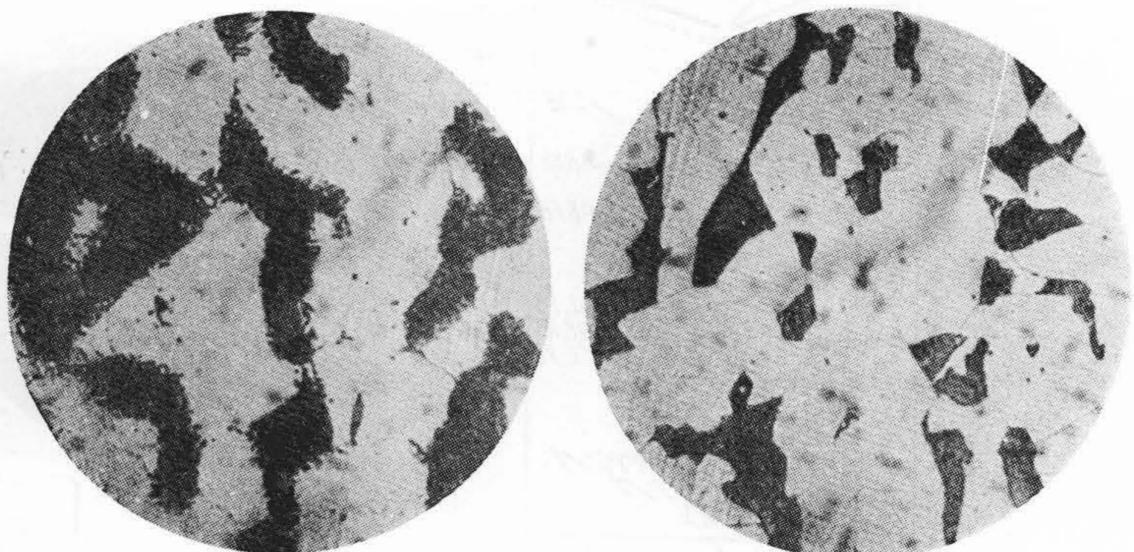
SS 41 のアークエアガウジング部断面を顕微鏡で調べると明らかに炭素が浸入しているのが認められる。それにもかかわらず分析結果では、母材の炭素含有量 0.15% に対し熔着金属境界部でかえってその含有量が減少しているの、さらに炭素含有量の低い



左: c(x500)

右: d(x500)

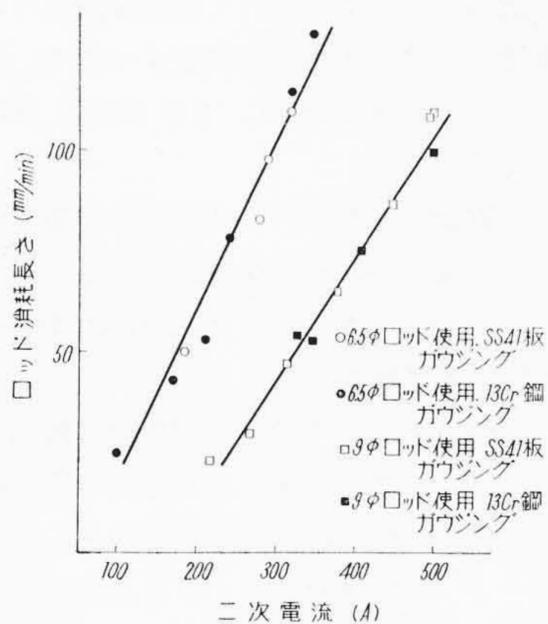
第31-2図 ガウジング底部断面の顕微鏡組織



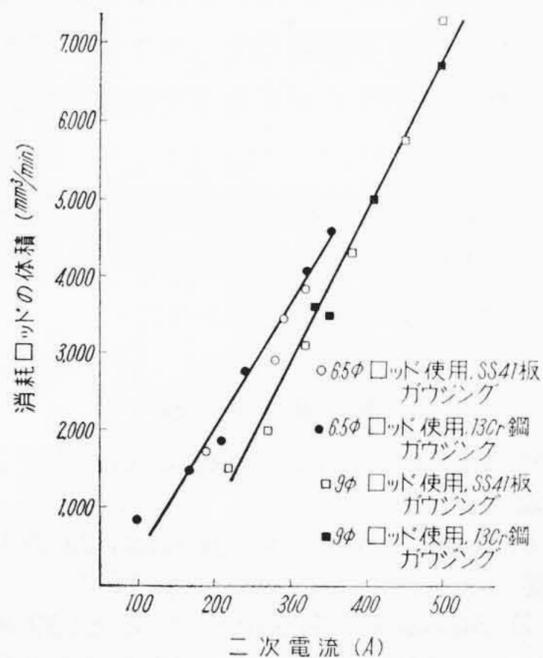
左: e(x500)

右: f(x500)

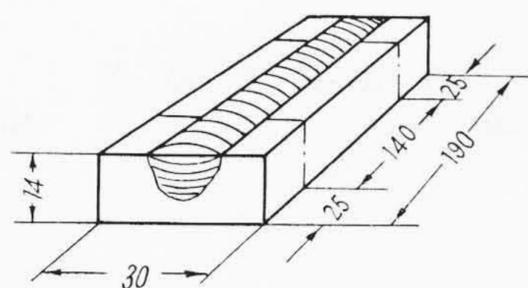
第31-3図 ガウジング底部断面の顕微鏡組織



第32図 単位時間当りの炭素棒消耗長さ
と電流との関係



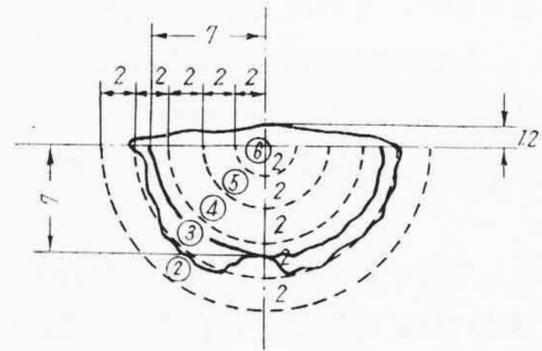
第33図 単位時間当りの炭素棒消耗体積
と電流との関係



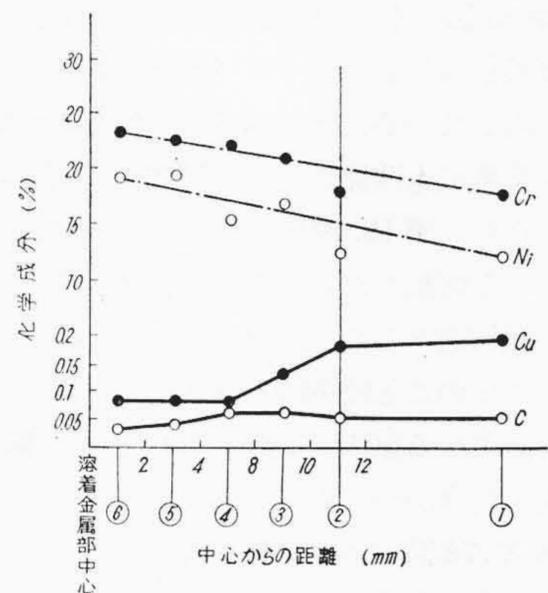
第34図 化学分析用試片
(母材: SUS-12, 熔接棒: 25-20)

SUS-12 を用いて測定を繰返した。

第34図のような試片中央に7Rの半円形開先を長手方向にアーケアガウジングし、25~20Cr-Ni, 3.2φ棒(日立研究所製)を110~120A, D.C, 7層で肉盛りした。なおガウジングの条件は軟鋼用分析試片作製時と同じにした。肉盛り後試片両端各25mmを切捨て中央より第35図のように2mm層ごとに分析試



第35図 開先をアーケアガウジングした
試片肉盛り後の切断面



第36図 第35図各層の化学分析結果

料を採取した。第36図は同分析結果で、SUS-12のCu, およびCが熔着金属中心部に近づくにつれて少なくなっている状態と、参考までに併記した25-20Cr-Ni熔着金属中のCr, Niが母材に近づくにつれて希釈されている状況がよくわかる。なお炭素含有量は母材に対して0.01%, 熔着金属に対して0.03%増しているが、炭素含有量0.08%以下の不銹鋼では、炭化クロムの析出による粒間腐蝕の心配も非常に少ないといわれている⁽⁵⁾。

6. 考 察

最小みぞ幅でガウジング可能な最大深さは第9図のように、これより、もし切代を増してもよい場合は15mm, 16mmの鋼板の切断が可能である。

SS41アーケアガウジングの二次電流と熱影響部最高かたさとの間には一応第11図のような関係が認められ、二次電流の増加につれて最高かたさは低下する傾向がみられるが、これは同一電流でもガウジング速度にも影響を受けると思われるので今後さらに検討を必要とする。

アーケアガウジングはフレームガウジング法と異なり、アーケ熱で熔融した金属を圧縮空気で吹きとばす物理的作用によっている。このような意味で圧縮空気

が必要となるから、その圧力は熔融金属を吹きとばすにたればよい。1kg/cm²では不可能であるが、2kg/cm²あたりから可能となり始め、4kg/cm²でもかなり優秀な金属移動性を示すが、経済的には6~8kg/cm²まで上げた方がよい。

電極棒としてカーボン棒を使用するためのCの母材への浸入は0.35mm程度にとどまるようで、熔接による母材への溶込みはこれよりはるかに大きく、かつ熔着金属へ拡散され、全体として炭素含有量の増加はSS41程度では無視してもよい。SUS-12に25-20熔接棒を肉盛りした第36図の化学分析結果では、その最高含有部の炭素量は母材に対してわずか0.01%、熔着金属に対して0.03%増しているだけである。このための機械的性質に及ぼす影響にも関係なく、普通アーク溶接時の熱影響と大差がない。第18,19図の開先をアークエアガウジングしてから溶接した試片の熱影響部はガスガウジングおよび機械加工してから溶接した試片よりやや高くなっており、このことは第23図の引張強さおよび降伏点が高くなっている原因とも考えられるが、第26図曲げ試験結果ではほかの二者より優秀な伸び率を示している。また第27,28図の曲げ試片外観をみると、ほかの二者に比していずれもそんな色ないことがわかる。ガウジング速度と電流との間には一応第8図のように直線関係があり、電流の上昇に伴い速度の増加が可能であるが、この速度には人為的な要素が多分に加わり、一定電流に対して速度を増してやることのできないが、おそくすることは可能である。

普通一定電流ではその速度をおそくするほど、ガウジングされるみぞ幅はたいして影響されないが、その深さは深くなる。それゆえ、アークエアガウジングの能率を表わす単位としてみぞの長さをもって表わす方法も報告されているが⁽⁷⁾、これは不適當と思われるので、ガウジングされた金属移動量で表わすことにした。

ガウジングによる単位時間当りの金属移動量は使用電極棒径に関係なく、二次電流との間に直線関係が成立する。すなわち二次電流の増加につれて金属移動量は増している。ところが一方電流値の増加につれて、電極棒消耗率も激しくなり、各棒の適正電流範囲(6.5φ棒では230~280A, 9φ棒では260~310A)をこえるとますます消耗する。適正電流決定の必要性もここにある。

7. 結 言

以上に述べたことを要約すると次のとおりである。

(1) 電極棒炭素の影響はとるにたらない程度で、かつガウジングされた面がきれいで、熔融金属さえ完全に除去してやれば、そのままなんらの加工を施さずに溶接してさしつかえない。

(2) 二次電流の増加につれて金属移動量は増すが、経済的見地からは適正電流を決定すべきで、その範囲は6.5φ棒では230~280A, 9φ棒では260~400Aが適当である。

(3) 一定電流ではガウジング速度の増加につれて、みぞ幅は変わらないが、その深さは浅くなる。

(4) アークエアガウジング法の適用は熔接継手の機械的性質に悪影響を及ぼさない。

その引張強さおよび降伏点は開先を機械加工、またはガスガウジングしたそれよりも高い値を示しており、一方表、および裏曲げ、伸び率は低下していない。

(5) アークエアガウジングによる炭素の浸入は最大その表面から0.35mm程度で、熔接による溶込みははるかにこれより大きく、熔着金属に拡散され、炭素含有量が0.08%まで許容される。不銹鋼にはこの方法を適用してもよい。なおこれより炭素含有量が低く規定されている不銹鋼では、ガウジング後その表面0.35mm程度をグラインダなどで除去してから溶接するようにすればよい。

最後に本実験に当って終始御指導御鞭撻を賜った日立製作所日立工場小沼部長、芳川部長、鳥山課長はじめ関係者各位の御協力に深謝する。

参 考 文 献

- (1) Arc Air Co: Catalogues about Arc Air Gouging
- (2) A. R. Hard: Welding Journal 33 261 s (1954)
- (3) 熔接ニュース: 第296号 p. 17
- (4) M. D. Stepath: Welding Journal 33 860 (1954)
- (5) Evans: Metal progress 48 1,119 (1954)
- (6) Frank Newberry: Welding Engineer, p. 48 (Nov. 1956)
- (7) 田中製作所: アークエアガウジング棒試験結果

日 立 造 船 技 報

Vol. 20

No. 1

目 次

- ◎非磁性アンカーチェーンについて
- ◎木船強度の実験研究
- ◎湿気の居住区防熱装置に与える影響について
- ◎マルチチャンネル抵抗線ひずみ計
- ◎アルミ・フレーム木製外板構造の実験研究
- ◎ディーゼル機関部品の表面あらさについて
- ◎かじ性能に及ぼすかじ取速度の影響について

本誌につきましても御照会は下記発行所へ御願いたします。

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町