電気抵抗溶接鋼管の溶接性におよぼす成分の影響*

長 谷 部 茂 雄**

Effect of Chemical Composition on Weldability*
of Electric Resistance Welding Steel Pipe

By Shigeo Hasebe**

Abstract

The characteristic of electric resistance welding process for making pipe from steel strip was considered and the effect of chemical composition on the weldability especially by low frequency current was studied.

There are many factors affecting the weldability of electric resistance welding steel pipe. The following four factors are most important from metallurgical view-point:

- a) Deformability from steel strip to round pipe,
- b) Upset-butt weldability by heavy current and short transmission time,
- c) Hardenability of welded part by rapid heating and cooling,
- d) Morphology of non-metallic inclusion in steel strip,

The deformability of steel strip seems to be mainly dependent upon the level of yield strength of steel strip. The formula between the carbon equivalent and the yield strength of welding structural steel plate will be useful.

On the upset-butt weldability the carbon content has the greatest influence. The carbon in steel strip most decreases the weldability. Silicon is the greatest element after carbon. Manganese and chromium have smaller effect on the weldability than carbon and silicon. Molybdenum and nickel have no effect up to about 1.0 weight percent respectively in steel. Phosphorus, sulphur, aluminum, nitrogen, titanium, vanadium, zirconium, niobium and cerium in steel have also no effect within the range of content in practical use respectively.

As for the hardenability of welded part the formula between the carbon equivalent and the hardness in arc-welding heat-affected zone of heavy steel plate will be useful.

The non-metallic inclusion has also great influence on the soundness of welded part. The sort of deoxidizing and desulphurizing agent, the usefulness of sulphide-fouming element, the size of steel ingot and the rolling ratio of steel strip on both directions longitudinal and transverse must be considered. The decrease of amount of non-metallic inclusion and the change of its morphology from ribbon to oval type will be effective.

In selecting the sort of steel strip for electric resistance welding pipe from metallurgical view-point, these four factors must be considered synthetically.

1. 結 言

溶接鋼管には継ぎ目の溶接の方法によって、電気抵抗溶接管、酸素アセチレンガス溶接管さらにインナートガスアーク溶接管などがある。電気抵抗溶接管は電縫管ともいわれ、その生産量はとくに戦後帯鋼の生産の増加とともに急速に増大してきた。継ぎ目無し鋼管に比較して、薄肉のものが造り易く、寸法精度もすぐれ、しかも生産コストが低いという特長がある。

低炭素の普通鋼の鋼管には、いっぽうに鍛接管があ

る。その製管速度がきわめて速く、生産性が高いという特長のために、使用圧力の低い水道などの配管用鋼管には、この鍛接管が多く使用されるようになった。鍛接管のこのような進展の影響もうけて、電気抵抗溶接管は次第にその使用範囲を広め、高圧の圧力配管用鋼管や、高温あるいは低温の配管用鋼管、また構造用鋼管としても使用されるようになってきている。鍛接管に比較して、電気抵抗溶接管には、薄肉でしかも寸法精度のよいものが造り易く、また溶接した継ぎ目の強度や加工性に対する信頼度が高いという特長があるために、適用鋼種の範囲が広がり、継ぎ目無し鋼管の一部に代って使用される傾向にある。

電気抵抗溶接管の鋼材としては、はじめ低炭素鋼の帯

* 原稿受付 昭和41年3月22日（溶接学会昭和34年度秋季および35年度春季全国大会にて発表）

** 正 員 住友金属工業株式会社和歌山製鉄所 Member,
Wakayama Works, Sumitomo Metal Industries
Co., Ltd.

Photo. 1 and 2 Shape and micro structure of butt welded part of electric resistance welded pipe made of low carbon steel strip

鋼がもっぱら使用されてきたが、低炭素のマンガン鋼¹⁾、Nb を添加した低炭素鋼²⁾、さらに中炭素鋼などの帯鋼を使用した50~60キロ級の高張力鋼管も多量に生産されるようになってきた。さらに溶接部の強度に対する信頼が増すにつれて、低合金鋼の帯鋼を使用した電気抵抗溶接管の製作が試みられている。

電気抵抗溶接鋼管には、低周波電流を使用するものと高周波電流によるものとがある³⁾が、この報告は、とくに低周波電流による溶接管の溶接性について研究したものである。まずこの溶接鋼管の溶接の特徴について考察し、ついでその溶接性におよぼす帯鋼の化学成分の影響について調査した結果を報告する。

2. 電気抵抗溶接鋼管の溶接の特徴

Photo. 1 および 2 に電気抵抗溶接管の衝き合せ面の溶接直後の形状とそのミクロ組織を示した。低炭素鋼を低周波電流で溶接した例である。加圧ロールによって圧接が行なわれて、管の内外面にはいわゆるビードが形成される。熱影響部の中が非常にせまいこと、また溶接部の中央は相当に硬化した組織であることがわかる。

Photo. 3 はおなじく低炭素鋼の溶接管の溶接部を管軸に平行な面で観察したものである。それぞれの溶接部の横断面の形状を低倍率の写真で併示した。右端の写真は、溶接熱が不足のためにほとんど溶接が行なわれていない溶接部である。中央の写真は、なお不完全な溶接の場合であり、衝き合せ面にそって等間隔に接合していない箇所が存在するのがみられる。縫い目疵あるいはステ

ITCH 疵といわれているが、この疵の間隔は溶接速度を溶接電流のサイクル数の 2 倍で除した値に一致している。すなわち溶接電流の方向の変る点において接合に十分な熱が与えられないで、疵となってみられるものである。左端の写真の溶接部のように溶接熱が十分に大きい場合には、このような疵は消滅する。低周波電流による溶接管では、このように溶接電流の第一波によって接合の良否が決まる。

なお Photo. 4 は、溶接製管後に焼ならしを加え、ついで、酸洗、冷間伸管、焼なましの処理を行なった管にみられた縫い目疵の例である。酸洗や冷間伸管によって拡大されているが、このような縫い目疵は、溶接後に焼ならしを行なってもなお消すことができないことを示している。

このような電気抵抗溶接管の溶接性に関する因子は非常に多い。帯鋼の寸法精度からはじまって、帯鋼表面のスケールの酸洗あるいは機械的ブラッシングなどによる剝離性、円形の管状への成形性いわゆるフォーミングの状況、溶接電極と加圧ロールの調整状況、大電流による短時間の衝き合せ溶接性、溶接部の硬化性、さらに非金属介在物の形態など、いずれも重要な因子である。

これらの諸因子の中でとくに重要なのは、つぎの 4 因子であろう。帯鋼の化学成分組成がこれらのいずれの因子にも関係していることはいうまでもない。

- a) 円形の管状への成形性
- b) 大電流による短時間の衝き合せ溶接性 (アップセットバット溶接性)
- c) 急熱急冷による溶接部の硬化性
- d) 非金属介在物の形態

2.1 円形の管状への成形性

成形ロールは数台以上のロールを組合わせて、帯鋼を連続的に管状に成形して溶接機に送る装置であるが、帯鋼の表面に疵をつけずに、しかも溶接面が正確に衝き合うように無理なく成形する必要がある。成形ロールの設計が重要であると同時に、帯鋼の寸法精度がきびしく要

Photo. 3 Micro structure in longitudinal direction of butt welded part of electric resistance welded pipe made of low carbon steel strip, Photo. a Completely welded part, Photo. b and c Uncompletely welded part

Photo. 4

Stitch defect expanded by acid pickling and cold drawing in butt welded part of electric resistance welded pipe (acid pickled, cold drawn and annealed after normalized)

求される。

2.2 大電流による短時間の衝撃合せ溶接性

低周波の電流による抵抗溶接管の溶接が普通の衝撃合せ溶接いわゆるアップセットバット溶接と異なるのは、製管の速度が非常に速いために、大電流で短時間の溶接が行なわれる点である。その溶接条件は電気抵抗点溶接のそれに類似している。

2.3 急熱急冷による溶接部の硬化性

製管速度が速いために、その溶接部は急激に加熱され、冷却も接触するロールや電極にかけられた冷却水のために加速されている。溶接部はちょうど厚鋼板のアーク溶接による熱影響部のように急熱と急冷をうけている。

2.4 非金属介在物の形態

溶接部において管の内外面に出るビードは、溶接の直後に切削バイトによって削除されるのが普通である。このとき鋼板の中に層状に分布する非金属介在物や層状組織があると、衝撃合せ溶接面に沿って曲り、また衝撃合せ面上では非金属介在物が濃化し、バイトによって切削された後の溶接部の表面に露出する場合が多い。

帯鋼の母材の非金属介在物の形態、すなわち個々の介在物の大きさ、介在物の分布の状態、さらにリムド鋼あるいはセミキルド鋼におけるリムおよびコア各層の厚さなどが、このような形で溶接部あるいは溶接部付近の強度に影響をおよぼしている。

非金属介在物のいわゆる清浄度がすぐれ、非金属介在物の量が少ない帯鋼であることが好ましいことはいうま

でもない。しかしたんに非金属介在物の量とかその面積率で表わしている清浄度のみに留意するのではなく、むしろその個々の介在物の形態に注目する必要がある。経済上からも、また技術的にも、ある程度の量はさけられない非金属介在物を、微細に分散した形態に変えることを考えることもきわめて重要である。

鋼材の非金属介在物を検鏡する場合には、一般に鍛伸方向に平行な断面、すなわち多くの場合は溶接線に平行な断面で観察するのが普通であるが、溶接管の場合には圧延方向に直角な断面、すなわち溶接線に直角な断面においても観察するなどして、介在物の形態を正確に把握しなければならない。

鋼板の層状組織いわゆるバンデッドストラクチャーの悪影響も考えられよう。層状に分布する非金属介在物を伴ない易いという意味でとくに注目すべきであろう。

3. 電気抵抗溶接鋼管の溶接性におよぼす成分の影響

前項で電気抵抗溶接管の溶接性の4大因子をあげて考察したが、つぎにこれらの諸因子と帯鋼の成分組成との関連について考えてみよう。

3.1 成形性

さきにのべたような帯鋼の成形性をその材質面から考えれば、おもに帯鋼の降伏点と加工硬化性の問題である。

帯鋼の成分組成がその加工硬化性におよぼす影響についてはよく知られていないが、降伏点におよぼす影響については炭素当量の式などが多く報告されている。たとえば溶接構造用高張力鋼の降伏点におよぼすその合金成分の影響はかなりよく知られている⁹⁾。

3.2 衝き合せ溶接性

大電流による短時間の衝き合せ溶接性については、合金成分がどのように影響しているのかほとんど知られていない。したがって、この点を少しでも明らかにするために、アップセットバット溶接機を使用して、次のような実験を行なった

3.3 硬化性

溶接部の急熱急冷による硬化性については厚鋼板のアーーク溶接による熱影響部の硬化について最近まで行なわれてきた研究¹⁰⁾などが参考になろう。

3.4 介在物の形態

非金属介在物の形態については、リムド鋼かキルド鋼かというような鋼塊の凝固の形態の相異はもちろんのこと、鋼塊の大きさや形状、脱酸あるいは脱硫のために使用される添加剤の種類、さらに鋼板圧延時の縦横両方向の圧延比などの影響を考えねばならない。

脱酸剤の種類によって、たとえば Al のように、その酸化物はもちろんのこと、硫化物の形態にも大きな影響をおよぼすことが知られている¹¹⁾。

また希土類元素、Zr あるいは Ti のような硫化物形成元素といわれる諸元素を添加することによって、溶鋼中の硫化物の量を減少させるばかりでなく、鋼板中の硫化物の形を従来のリボン形から卵形に積極的に変化させることも有効であろう^{7, 8)}。

ミッシュメタルという合金で使用されている希土類元素、Zr あるいは Ti のような硫化物形成元素は、Al とおなじくかなり強力な脱酸剤でもあるために、O の含有量の高いリムド鋼やセミキルド鋼では硫化物形成元素としての効果を発揮するのは困難であるように思われる。このような場合には、溶鋼の脱硫と鋼板圧延時の縦横両方向の圧延比にとくに留意する必要がある。

4. 衝き合せ溶接性に関する研究

4.1 実験方法

普通のアップセットバット溶接機を使用して、小径の丸棒の衝き合せ溶接試験片に、実際の溶接管の溶接部に類似した山形のビードやせまい熱影響部を与えるように溶接して実験を行なった。

アップセットバット溶接機は 40 KVA (使用率10%のとき) の容量のもので、加圧力の変動を少なくするためにとくに長いスプリングを使用し、また精巧なタイマーを利用した。

試験片の形状を Fig. 1 に示した。衝き合せ面の仕上

Fig. 1 Shape of test pieces before and after butt welding Fig. a Test pieces before welding, cutted from small ingot (melted in high frequency induction furnace, forged and normalized) or steel strip, Fig. b Test piece after welding, Fig. c Tensile test piece normalized with slow cooling

げ切削の程度を揃えた直径 5 mm の丸棒を衝き合せて、長いスプリングで溶接圧力を加え、大電流を短時間通電した。

溶接したのち、焼ならしあるいは焼なましを加えて溶接部の硬化をとりのぞき、直径 4.5 mm の引張り試験

片に削った。このような引張り試験片の引張り強さおよび延性を測定して溶接の良否を比較することにした。

供試材には、電解鉄を原料として高周波溶解炉によって溶製した 50 kg の小鋼塊をおもに使用した。C, Si, Mn, P, S, Cu, Ni, Cr, Mo, Al, N, Ti, V, Zr, Nb, さらに Ce をそれぞれ単独に添加した小鋼塊を丸棒に鍛造し、焼ならしを加えたのち、衝き合せ溶接試験片に加工した。いっぽう数種の鋼については、工場で溶製された大鋼塊からもおなじ試験片を採取して溶接実験を行ない、工場における実際の操業成績との比較も試みた。

調査した元素の種類とその添加量の範囲を Table 1 に示した。供試した鋼塊の数は大小合せて65個であった。

4.2 実験結果

溶接圧力をおよそ 8 kg/mm^2 まで、通電時間もおな

Table 1 Sort of element added independently to low carbon pure steel and range of content of these elements

Sort of element	range of content (%)	Sort of element	range of content (%)
C	0.93 ~ 0.50	Mo	0.01 ~ 1.09
Si	9.01 ~ 0.76	Al	0.00 ~ 0.10
Mn	0.03 ~ 1.70	N	0.005 ~ 0.030
P	0.007 ~ 0.110	Ti	0.00 ~ 0.16
S	0.012 ~ 0.084	V	0.00 ~ 0.24
Cu	0.01 ~ 0.97	Zr	0.00 ~ 0.18
Ni	0.01 ~ 3.58	Nb	0.00 ~ 0.18
Cr	0.01 ~ 3.54	Ce	0.00 ~ 0.15

Table 2 Chemical composition of low carbon steels containing different amount of chromium

Steel	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	Cr%
Cr 1	0.03	0.16	0.39	0.007	0.012	0.01	0.01
Cr 2	0.03	0.17	0.34	0.007	0.010	0.01	0.47
Cr 3	0.04	0.15	0.38	0.008	0.010	0.01	0.97
Cr 4	0.04	0.19	0.43	0.008	0.013	0.01	1.91
Cr 5	0.03	0.15	0.44	0.009	0.009	0.01	3.54

じく数段階におよそ20サイクル (0.33 sec) まで変えて溶接した場合の溶接部の引張り強さ、伸びおよび絞りの変化の例を Fig. 2 に示した。Table 2 のように、Cr の含有量を異にする 5 個の試料についての結果である。

この結果から、Cr の含有量が1%程度までは大きな影響のないことがわかる。また引張り強さによるよりは、伸びあるいは絞り値によるほうが、溶接の良否をよく表わしうることがわかる。

Photo. 5 には、低炭素鋼の溶接部の組織と形状が溶接圧力の大小によって変化する様子を示した。いずれも通電時間は8サイクル (0.13 sec) である。溶接圧力が増加すると衝き合せ部の接触抵抗が減少し、そのために溶接熱影響部の中がせまくなっていくばかりでなく、溶接部の強度や延性も低下する。このような実験結果や工場における圧接ロール下での実測から、およそ 4 kg/mm^2 程度が適当な溶接圧力と考えられる。

Fig. 3 および 4 は、C, Si, Mn, Ni, Mo および Nb

Fig. 2 Effect of chromium content, welding pressure and current transmission time on tensile properties of butt welded and normalized specimen

Photo. 5 Change of macro structure and external appearance of butt welded test piece of low carbon steel by welding pressure a) 0.3 kg/mm², b) 0.6 kg/mm², c) 1.6 kg/mm², d) 4.0 kg/mm², e) 6.0 kg/mm², f) 8.0 kg/mm²

の影響を比較したものである。ここには伸び値のみを示した。これらの供試材の化学成分の例として、Table 3 に C, Si および Mn の影響を調査した試料の化学成分

を示した。その他の試料はいずれも Table 2 あるいは 3 の試料 Cr 1 の組成をおよその基本にして、それに各元素を単独に添加したものである。

Fig. 5~7 は、横軸に成分の含有量を取り、溶接圧力が 4 kg/mm² のところを撰んで Fig. 3 および 4 などの結果をまとめたものである。縦軸の溶接部の伸び値は、その母材部の値に比較して示した。すなわち母材部からおなじ寸法の引張り試験片を削り出し、おなじ熱処理を加えたのち母材部の伸び値を測定し、その値を 100 として比較した。

通電時間が 20 サイクル (0.33 sec) あれば、どのような成分を添加した試料も溶接はほとんど完全に行なわれている。溶接部における非金属介在物の方向が母材部と異なるためわずかの差はみとめられるが、焼ならしを加えたあとの溶接部の伸びは、その母材部の伸びとほとんどおなじ値を示している試料が多い。

通電時間が 8 サイクル (0.13 sec) あるいは 13 サイクル (0.22 sec) のように短時間の割合には、溶接部の伸び値

Fig. 3 Effect of carbon, silicon and manganese content, welding pressure and current transmission time on tensile elongation of butt welded and normalized specimen

Table 3 Chemical composition of steels containing different amount of carbon, silicon and manganese independently

Steel	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
Cr1	0.03*	0.16	0.39	0.007	0.012	0.01
C1	0.12*	0.18	0.40	0.010	0.015	0.01
C1	0.20*	0.17	0.39	0.011	0.010	0.01
C3	0.31*	0.15	0.42	0.008	0.010	0.01
C4	0.42*	0.16	0.42	0.007	0.011	0.01
C5	0.50*	0.16	0.38	0.008	0.009	0.01
Si1	0.03	0.01*	0.40	0.007	0.009	0.01
Si2	0.03	0.22*	0.41	0.009	0.011	0.01
Si3	0.04	0.44*	0.45	0.008	0.013	0.01
Si4	0.03	0.76*	0.45	0.010	0.013	0.01
Mn1	0.04	0.16	0.03*	0.008	0.010	0.01
Mn2	0.03	0.15	0.28*	0.009	0.009	0.01
Mn3	0.04	0.15	0.54*	0.009	0.012	0.01
Mn4	0.04	0.16	1.13*	0.012	0.010	0.01
Mn5	0.04	0.14	1.70*	0.012	0.013	0.01

が母材部のそれよりも低下してくる。その低下の度合いが添加成分の種類や量によって異なっている。

Cの影響がもっとも大きく、ついで Si の影響が大きい。それらに比較すると、Mn や Cr の影響は少なく、Mo および Ni についてはその量が1%程度まではほとんど影響しないといえることができる。

その他の諸元素はいずれも実用されている程度の量の範囲では、ほとんど影響しないといえることができる。

Fig. 7 には P, S および Al の場合を示したが、残りの N, Ti, V, Zr, Nb および Ce の場合もおなじ傾向であった。N以下の諸元素の場合の結果は、Fig. 7 とまったくおなじようなものとなるので、図示することは省略した。

以上は各元素をそれぞれ単独に添加した試料を供試材として実験した結果であるが、これらの諸元素のうち2種以上が共存する場合については、とくに C, Si および Mn について別に数種の小鋼塊を溶製し、また実用の大鋼塊を利用して検討を加えた。その結果は、単独添加の効果を一次加算的に合計しておよその推測をすることができた。

5. 電気抵抗溶接鋼管の材料の撰択

電気抵抗溶接鋼管の鋼板を撰択する場合に、その材質面については、おもに上記の4因子について総合的に考察すればよいであろう。

実際に工場においては、帯鋼のCの含有量が増加するとその製管成績が低下することが容易に経験される。製

Fig. 4 Effect of nickel, molybdenum and niobium content, welding pressure and current transmission time on tensile elongation of butt welded and normalized specimen

Fig. 5 Effect of carbon, silicon, manganese and copper content on tensile elongation of butt welded and normalized specimen (Welding pressure: 4 kg/mm², tensile elongation of normalized specimen without welded parts: 100)

管成績は、溶接部の非破壊検査、引張りあるいは曲げ試験、さらに押し広げあるいは扁平試験などによるのが普通である。

Cの量が報すと、成形性や硬化性にいちじるしい影響を与えるのであろうし、前項の実験のように衝き合せ溶接性も低下する。

Siの含有量についても、Cの場合と同様の現象が工場において観察される。成形性や衝き合せ溶接性へのSiの悪影響が現われているものと考えられる。このためにSiに代ってAlを使用し、同時に酸化物や硫化物の量や形態を変えて効果をあげている。

高張力の溶接鋼管を造る場合には、CやSiよりもMn、VあるいはNbなどを利用したほうがよいことも容易に考えられる。Cの含有量をできるだけ低くし、いっぽうMnを比較的多量に使用したり、VやNbを少量添加したりすることによって引張り強度を増した帯鋼を使用すると、CやSiの量を高くして引張り強度を出した場合に比較して優れた製管成績がえられている。

50キロあるいは60キロ級の溶接鋼管として、NbやVを添加した鋼板が最近よく使用されている²⁾が、電気抵抗溶接性の面からも合理的であるといえることができるよ

Fig. 6 Effect of chromium, nickel and molybdenum content on tensile elongation of butt welded and normalized specimen (Welding pressure: 4 kg/mm², tensile elongation of normalized specimen without welded part: 100)

Fig. 7 Effect of phosphorus, sulphur and aluminum content on tensile elongation of butt welded and normalized specimen (Welding pressure: 4 kg/mm², tensile elongation of normalized specimen without welded part: 100)

う。

なおのような鋼種においても、非金属介在物の量や形態を変えるために、脱酸剤や脱硫剤の撰択、硫化物形成元素の添加、鋼塊の大きさ、鋼塊の圧延スケジュールなどについて考慮することが、製管成績を一層向上させるために有効であろう。

6. 総 括

鋼板の成分組成が電気抵抗溶接管の溶接性におよぼす影響は、成形性、衝撃合せ溶接性、硬化性および非金属介在物の形態におよぼす影響などの主要な4因子に分けて考えることができる。

これらの4因子のうち、衝撃合せ溶接性についてはまったく明らかにされていない。低周波電流による電気抵抗溶接管のような大電流による短時間の衝撃合せ溶接性におよぼす鋼板の成分の影響について、アップセッドバット溶接機を使用して調査した。

Cの量の悪影響がもっとも大きく、ついでSiが衝撃合せ溶接性を低下させる。CやSiに比較するとMnやCrの影響は少なく、MoやNiについては、その量が1%程度まではほとんど影響しない。P, S, Cu, Al, N, Ti, V, Zr, Nb, Ceなどの諸元素も実用されている程度の範囲ではほとんど影響しないと考えられる。

帯鋼から円形への成形性はおもに帯鋼の降伏点の問題であり、たとえば溶接構造用鋼板の降伏点に関する炭素当量の式などが参考になろう。急熱急冷による溶接部の硬化性については、厚鋼板のアーカ溶接熱影響部の硬度に関する炭素当量の式などが知られている。非金属介在物の影響もきわめて重要である。脱酸剤や脱硫剤の選択、硫化物形成元素の添加、鋼塊の大きさ、鋼板の縦横方向の圧延比などについて考慮して、非金属介在物の量を減らし、またその形態をリボン形から卵形に変えることが有効である。

電気抵抗溶接管の鋼板を選択する場合に、その材質面については、これらの4因子を中心に総合的に考察しなければならない。

7. 結 言

以上とくに低周波電流による抵抗溶接鋼管の溶接性について調査を行なったが、高周波電流による場合にも参考になるものと考えられる。

いわゆる電縫鋼管の溶接部の諸性質については、なお充分なデータが紹介されているとはいえない。たんにアーカ溶接部とおなじく急熱急冷をうけているというばかりでなく、非金属介在物に関して上にのべたような特異な性格をもっている。それだけに機械的性質だけにしても、なお低温あるいは高温におけるデータが充分ではない。

鋼管のみでなく、型鋼をおなじく帯鋼から溶接して造ることもすでに試みられている。今後溶接部の性質が改善され、溶接部の強度に対する認識が深まるとともにさらに広範囲に使用されるようになる。

参 考 文 献

- 1) 長谷部：“溶接構造用50キロ高張力鋼の電縫鋼管について”，住友金属，11（1959），245～251
- 2) 波木，長谷部：“当社の高張力鋼板について”，住友金属，15（1963），207～217
- 3) 松川，長谷部：“電縫管の溶接”，溶接技術，8（1960），86～90
- 4) たとえば，長谷部，岩永：“炭素鋼板の機械的性質と溶接性に及ぼすV, Nbの影響”，溶接学会誌，33（1964），824
- 5) たとえば，溶接構造用高張力鋼板規格 WES-135，溶接協会，1964
- 6) J.M. Middleton, H.T. Protheroe: “The hot-tearing of steel”, J. Iron & Steel Inst., 168（1951），384-400
- 7) E. J. Lichy, G. C. Duderstadt, N.L. Samways: “Control of sulfide shape in low carbon Al-Killed steel”, J. of Metals, 17（1965），769-775
- 8) H.A. Vogels, W. Dahl, H. Hengstenberg, F. Brüning: “Zusammen wirken von Verformungsbedingungen, Seigerungen und Einschlüssen in ihren Einfluss auf die an Längs- und Querproben ermittelten Eigenschaften von Grobblechen”, Archiv für das Eisenhüttenwe., 33（1962），649-659

1966年 I.I.W. 年次大会速報 (I.I.W. 事務局発 Press Release による)

オランダ組織委員会により組織された1966年 I.I.W. 年次大会（第19回）は、7月11日、オランダ皇太子はか同国政府関係閣僚出席のもとに開会式が行なわれ7月16日まで開催された。この大会には世界27カ国から約800人が参加した。

開会式に続いて特別講演（Houdremont Lecture）が行なわれ Prof. Dr. J. Ruge（ドイツ）が，“Transformations and reactions in the heat affected zone during the welding and oxygen cutting of steel”と題して講演した。

この大会には Commission V により Colloquium “Testing, measurement and control of welds in heavy steel section” が企画されその一環として Prof. Dr. H.G. Geerlings（オランダ）が “Non-destructive testing in the oil industry” と題して特別講演（Ouwkerk Lecture）した。

その他、理事会の会合、16の Technical Commission の会合、またいろんな Ladies Programme など大会は盛会裡に催された。

主な決定事項は次のとおりである。

- Prof. K. Ruhl（ドイツ）の後任として Mr. F.L. Plummer（アメリカ，本会名誉員）が1966～1969 I.I.W. 会長に選任された。
- 次の諸氏が新しく副会長に選任された。
Mr. G. Parsloe（英国，前事務総長）
Prof. W. Soete（ベルギー，本会名誉員）
Mr. R.M. Goodrham（カナダ）
- Mr. P.D. Boyd が Mr. G. Parsloe の後任として事務総長に任ぜられた。

次回大会（1967年）は7月8日～15日，London で開催される。