

高張力鋼アーク溶接部の機械的性質に及ぼす被覆剤湿度の影響

田 中 義 勝*

The Effect of Humidity of Flux on the Mechanical Properties of High Tensile Strength Steel Arc Weld Zone

Yoshikatu TANAKA

要 旨

高張力鋼アーク溶接部の機械的性質に及ぼす溶接棒被覆剤の湿度の影響について検討した結果、

- 1) 溶接棒被覆剤の湿度は溶接金属中に吸収される水素量を増加させる。
- 2) 溶接部の引張強さ・延性は溶接棒被覆剤の湿度の増加について低下する。
- 3) 溶接金属中の水素は時間経過につれて放出される。その結果、溶接金属の延性は改善される。
- 4) 溶接金属の延性・強度は銀点と密接な関係がある。

Synopsis

The effect of humidity of electrode flux on the mechanical properties of high tensile strength steel arc weld zone have been studied.

The results are summarized as follows

- 1) Hydrogen in the weld metal was increased as increasing of flux humidity.
- 2) Tensile strength and ductility of weld metal was decreased as increasing of flux humidity.
- 3) Hydrogen in the weld metal was released as time, as a result, ductility of weld metal was increased.
- 4) The ductility and strength of weld metal was closely related to fish eyes.

1. 緒 言

アーク溶接においては溶接金属中に水素・酸素等が吸収され、これらは凝固後の溶接金属および熱影響部に種々の影響を及ぼすと一般に言われている¹⁾。特に水素の影響は大きく、種々の機械的性質に悪影響を及ぼすと言われている^{2) 3) 4)}。

被覆アーク溶接における水素の発生源としては種々考えられるが、実際の溶接作業における発生源としては、溶接棒被覆剤に吸収されている水分、被覆剤の構成物質、溶接母材に付着している水分および油脂、および大気中の湿度等が考えられる。これらの中で特に被覆剤に吸収されている水分の

影響が多大であるとされており、溶接棒の管理には細心の注意が必要であるとされている所以である。

ところが、数年にわたる工作実習において、被覆剤湿度を変化させて溶接しても、型曲げ試験結果にはその影響が殆ど認められない場合が少なかつたことから、軟鋼アーク溶接部の機械的性質に及ぼす被覆剤湿度の影響について、引張試験・衝撃試験・割れ試験等により検討した結果について前報⁵⁾で報告した。

本報は前報の結果を参考にしながら、高張力鋼を母材として被覆アーク溶接した場合について、溶接金属の機械的性質に及ぼす被覆剤湿度の影響について、引張試験・衝撃試験・硬さ試験等により検討した結果について報告する。

* 教授 機械工学科

2. 実験方法

溶接母材は市販の板厚12mm低合金高張力鋼圧延鋼材を使用した。その化学成分を表1に示す。

鋼材を圧延方向に注意しながら110mm×70mmに切断し、23°の開先を取って、図1のようにV型開先裏当て付き突き合わせ溶接した。溶接棒はJIS D5016相当（低水素系）棒径4mmを使用した。溶接電流170Aで4層盛溶接とし、1・2層目はシングルビードで溶接速度約15cm/minで、3・4層目はワイービングビードで溶接速度約10cm/minで溶接した。溶接部の均一性を高めるため、一層溶接する毎に母材部を水冷して母材温度を一定に保ち、溶接方向を交互に変えて溶接した。クレーター処理は行わなかった。

溶接棒被覆剤の湿度は、電気炉による乾燥、水蒸気による加湿によって変化させて溶接した。

溶接後、図1の点線に沿って切り出し、溶接部が試験片平行部の中心になるように注意して図2に示す形状の引張試験片を作成した。同様に溶接部が切欠き部と一致するように注意してJIS Z3112による4号衝撃試験片を作成して試験した。また放出水素量試験はJIS Z3113に基づく方法により室温捕集を行った。

溶接後の時間経過に伴う引張特性および衝撃値の変化を調べるために、溶接後一定時間室温に保存した後と、-20℃に冷凍保存した後の試験片についての試験も行った。また引張破断面に見られる銀点について、破断面の拡大写真より銀点の面積率を求め、これと引張特性の関係について検討した。

3. 実験結果および考察

3. 1 被覆剤湿度と水素量および機械的性質

室温捕集による放出水素量試験における溶接後の経過時間と放出水素量との関係を被覆剤湿度1%と3%の場合について図3に示す。水素の放出は溶接直後から活発で約10時間後までの放出量が多く、その後の放出は穏やかになる。しかしJIS Z3113に規定されている48時間以降でも依然として放出は続いており、完全放出までには相当長時間を要すると考えられる。また、被覆剤湿度の高い3%の方が放出水素量が多く、被覆剤湿度が溶接金属に吸収される水素量に大きく影響していることがわかる。

被覆剤湿度と溶接後24時間の放出水素量との関

C	Si	Mn	P	S
0.13	0.36	1.42	0.021	0.003
Ni	Cr	Mo	V	Al
0.02	0.01	0.01	0.05	0.04

表1 母材の化学成分 (wt%)

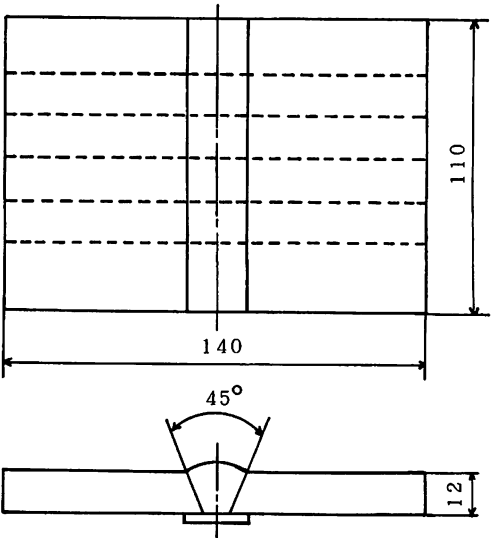


図1 溶接および試験切り出し法

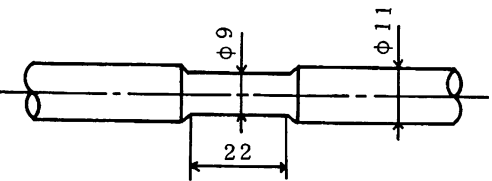


図2 引張試験片の形状

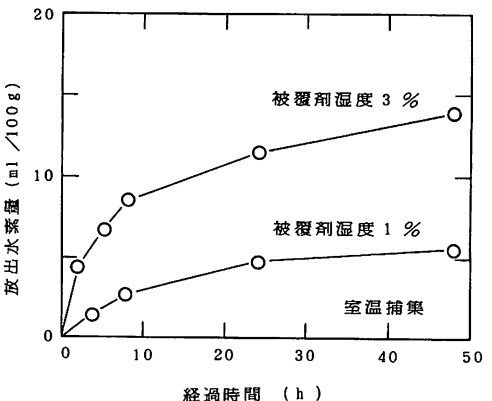


図3 経過時間と放出水素量の関係

係は図4に示すように、被覆剤湿度にほぼ比例して放出水素量が多くなっている。被覆剤湿度1%は溶接棒を普通に大気中に保管した状態、湿度0%は電気炉で乾燥した状態、他は水蒸気中で加湿した状態である。湿度0%の場合の放出水素量は約4 ml/100 gで、前報⁵⁾のイルミナイト系溶接棒の場合の40 ml/100 gに比べて著しく少なく、低水素系被覆剤では被覆剤構成物質の中に水素源となる物質が非常に少ないことがわかる。一方、加湿による放出水素量の変化量は、イルミナイト系の場合5%加湿で約48 ml/100 gとなり、増加量約8 ml/100 gであるのに対し、低水素系では5%加湿で約18 ml/100 gであり、増加量は14 ml/100 gであって加湿の影響は大きい。このことから、低水素系溶接棒は管理に特に注意する必要があることがわかる。

溶接金属にこれだけ吸収された水素は機械的性質にも図5に示すような影響を及ぼす。すなわち

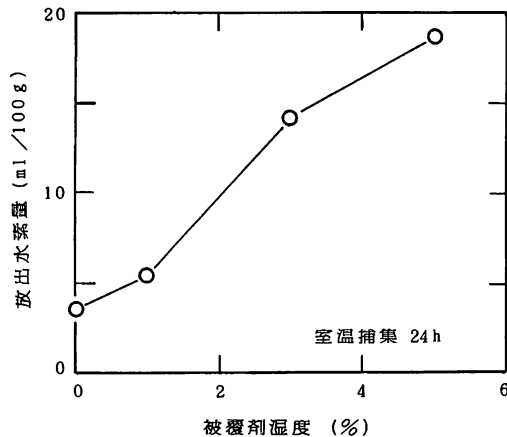


図4 被覆剤湿度と放出水素量の関係

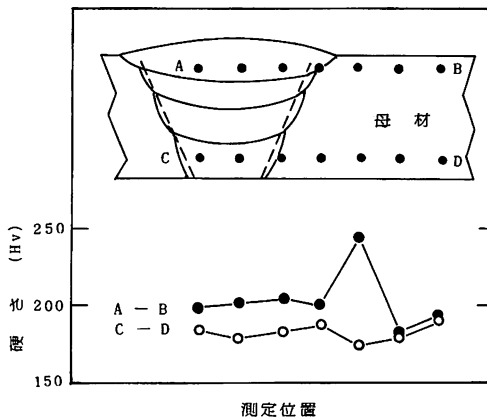


図6 溶接部の硬さ

5%加湿の場合0%の場合に比べて、引張強さ(σ_B)で約15 MPa、伸び(δ)で約10%、絞り(ϕ)で約20%、衝撃値(E)で約80 J/cm²それぞれ低下している。この結果は、加湿の影響が殆ど認められなかったイルミナイト系被覆剤の結果と明らかに異なっている。この相違はイルミナイト系溶接棒では乾燥状態の被覆剤でも溶接金属には前述のように約40 ml/100 gの水素を吸収しており、5%加湿による増加量はこれの約20%であるので加湿の影響が顕著でないのに対し、低水素系被覆剤では、乾燥状態では溶接金属に約4 ml/100 gの水素が吸収されており、5%加湿による増加量はこれの約4倍となるため低水素系被覆剤では加湿の影響が明らかに現れるものと考えられる。但し、図4の放出水素量試験はシングルビード溶接で行った結果であるのに対し、図5の機械的性質は4層盛溶接した溶接部の試験結果であるから先の溶接金属層は次の層の溶接熱を受け、水

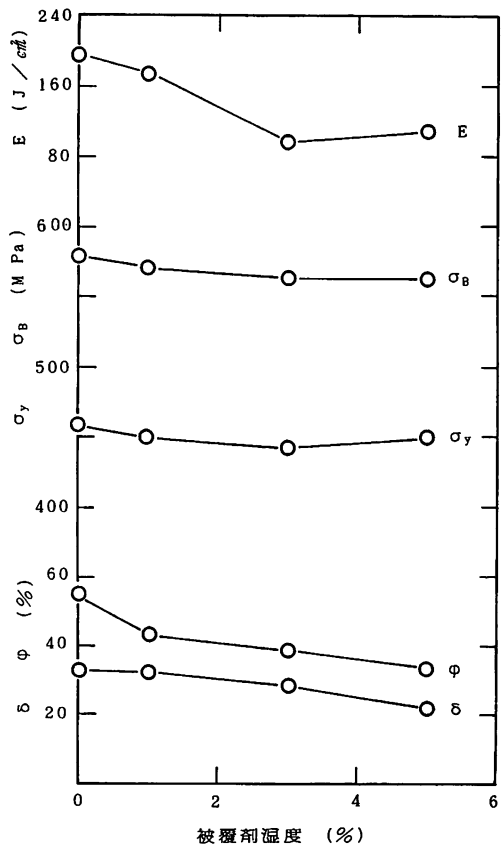


図5 被覆剤湿度と引張特性・衝撃値の関係

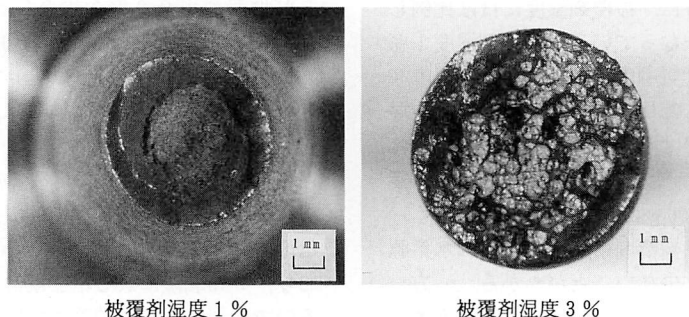


図7 引張破断面

素を放出するというを順次回数繰り返すことになるので図4の場合よりも吸収されている水素量はかなり少なくなっていると考えられる。

溶接金属の硬さに及ぼす被覆剤湿度の影響は特に認められなかった。図6に溶接部を僅かに腐食した後、溶着金属・熱影響部・母材部の硬さ測定結果の一例を示した。1層目の溶接部(C-D)では上層の溶接熱による焼戻しを受けるために熱影響部でも硬化は認められない。また、2層目、3層目でも同様である。しかし、最上層(A-B)では熱影響部に著しい硬化が見られた。

被覆剤湿度の延性への影響は引張試験片の外観からも明瞭であり、図9に示すように被覆剤湿度0%ではaのように伸び・くびれ共に大きい。一方被覆剤湿度5%の場合はbのように伸び・くびれ共に非常に少なくなっている。また破断面の様子は、被覆剤湿度0%・1%の場合は殆ど銀点が見られず全面にわたって延性破面であるが、被覆剤湿度3%ではかなりの銀点が見られるようになり、被覆剤湿度5%では銀点が破断面のほぼ半分を占めるようになる。図7に被覆剤湿度1%と5%の場合の典型的な破断面の様子を示した。銀点は図7のように小さいのが多数連なっている場合と、直径1~2mmの大きな円状の場合がある。銀点をSEMにより拡大して観察すると、中心部に非金属介在物と思われる物体、あるいは空洞が認められる。

3. 2 溶接後の経過時間と引張特性

溶接後室温に長時間保存した場合と、 -20°C に長時間保存した場合について、時間経過に伴って引張特性が変化してゆく様子を被覆剤湿度3%の場合について図8に示した。室温に保存した場合は時間経過につれて引張強さ(σ_B)・伸び(δ)・絞り(ϕ)共に顕著に向上することがわかる。図

9に被覆剤湿度5%の場合の溶接直後と、溶接後室温で3ヶ月保存した場合の引張試験片の外観を示した。図9のように3ヶ月後では伸び・くびれとも被覆剤0%の場合と同様に大きくなっている。一方、 -20°C に保存した場合は時間経過につれて引張強さ・伸び・絞りとも向上するがその度合は室温保存に比べるとかなり少ない。時間経過に伴って引張強さ・延性が向上するのは、溶接直後は溶接金属中の水素のために低下したこれらの性質が、時間経過に伴って溶接金属中の水素が放出されるために改善されることを示すものであり、 -20°C 保存の場合に改善の度合が少ないことは低温では水素の放出が遅れることを示している。衝撃値についても溶接後の時間経過につれて同様に改善される傾向が認められた。このように、被覆剤の湿度に起因する水素によって低下した機

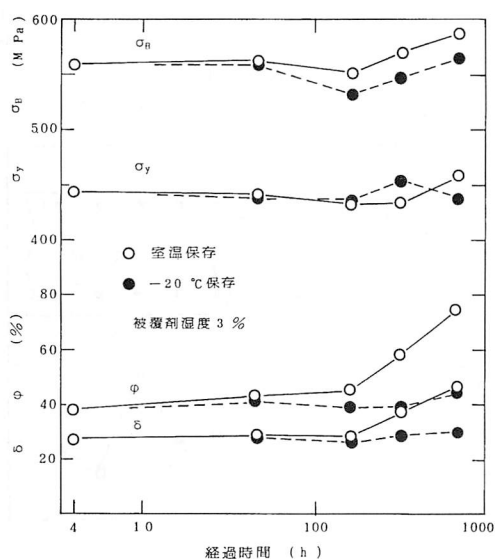


図8 経過時間と引張特性の関係

機械的性質の改善が、低温では長時間を要することは、前報⁵⁾でも指摘したように寒冷地での溶接では特に注意する必要があると考えられる。

3. 3 銀点面積率と引張特性

引張試験片の破断面に現れる銀点の面積を求め、全破断面積に対する銀点の面積率 (A_f) を求め、これと引張特性の関係を示すと図10のようになる。銀点面積率は0%~50%に及び、イルミナイト系被覆剤の場合の約18%に対して2倍以上の値を示している。すなわち被覆剤湿度が銀点発生に及ぼす影響は低水素系被覆剤の方がイルミナイト系被覆剤より著しく大きい。図10によると、伸び (δ)・絞り (ϕ) は銀点面積率の増加につれて直線的に急激に低下し、伸び・絞り共に銀点面積率50%では銀点面積率0%の場合の半分以下に低下している。また、溶接直後・室温保存・ -20°C 保存の区別なく、単にその試験片の銀点面積率のみによって伸び・絞りが決まることを示している。この傾向はイルミナイト系被覆剤の場合と同様である。一方引張強さ (σ_B)・降伏点 (σ_y) も銀点面積率の増加につれて僅かであるが低下する傾向が認められ、この点はイルミナイト系被覆剤では引張強さ・降伏点は銀点面積率の変化との関連が認められなかったことと異なっている。これはイルミナイト系被覆剤の場合は銀点面積率が最大でも約18%と、低水素系被覆剤に比べて少ないためにその影響が殆ど認められないものと考えられる。

4. 結 言

高張力鋼アーク溶接部の機械的性質に及ぼす溶接被覆剤の影響について検討した結果を要約すると次のとおりである。

1. 溶接棒被覆剤の湿度が高くなると、溶接金属に吸収される水素量は増加し、引張強さ・伸び・絞り・衝撃値を低下させる原因となる。
2. 溶接金属に吸収された水素は、溶接後の時間経過につれて放出されるために、引張強さ・伸び・絞りは改善される。しかし -20°C 保存では室温保存に比べて改善の度合は少ない。
3. 伸び・絞りは破断面の銀点面積率と非常に密接な関係があり、溶接直後・室温保存・冷凍保存の区別なく、銀点面積率と直線的関係が成り立つ、また、引張強さ・降伏点においても同様の傾向が認められた。

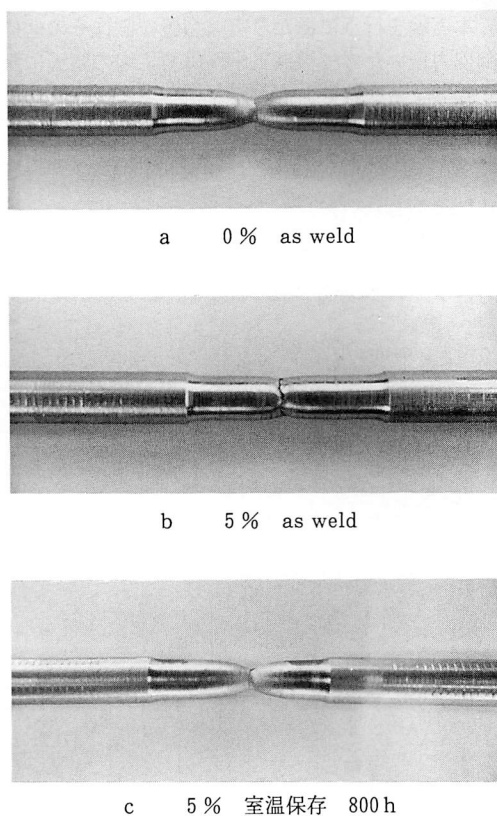


図9 引張試験片の外観

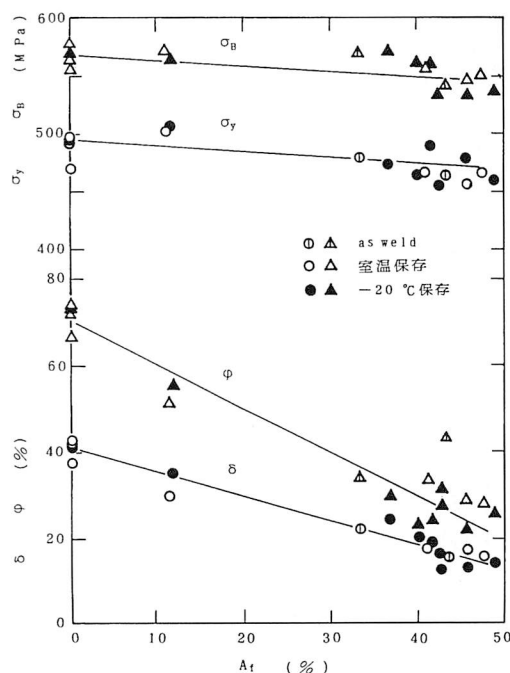


図10 銀点面積率と引張特性の関係

本実験を行うにあたり実験装置の製作その他に御協力頂いた本校機械工学科実習工場の諸氏に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 常富：鉄と鋼55 (1969) 589
- 2) 溶接便覧 (1977) 801丸善
- 3) 新：溶接冶金学 (1972) 丸善
- 4) 寺崎, 大森：日本金属学会会報22 (1983) 103
- 5) 田中：苫小牧工業高等専門学校紀要第24号 1
(平成3年11月26日受理)