たためと考えられる。またこの場合には電流が大きくなつても、熔込み d_1 があまり大きくならないがこれは熔融溶剤が母板と電極線の間に介在するためでないかと考えられる。

次に板厚 8mm 軟鋼板の I 型接手を殆んど間隔をあけずにやや第4表の C に等しい條件で衝合熔接したが、結果は良好であつた。第16図はその熔接部断面の略図である。またやや同じ

第16図

條件で第17図の V 型接手の熔接を板厚 10mm の軟鋼板について行ひ良好な結果を得たが、その熔接部断面の略図を第18図に示す。

第17図

「ユニオンメルト」熔接は電極線を溶剤に没入させて、熔接を行うものであつて、電弧発生の有無は外から窺われない。しか

第18図

し溶剤の有無にかかわらず電極線と母板間の電圧波形がやや同一であること、及び熔込みが可なり大きく、これが抵抗発熱の場合の熱傳導では説明

し難いこと等から、「ユニオンメルト」熔接の場合も電弧が発生していると考えられるので、本文ではこれを自働電弧熔接として取扱つたのである。

7 結 言

我々の試作した制御装置の特徴をまとめると大体

1. 基準となるべき制御特性を任意に並行移動できる。
 2. 制御能力は可なり良好であつて、電弧電流に應じて適切に制御できまた電弧長をも適当に調節できる。
 3. 取扱極めて容易である。
 4. 装置が簡単である。
 5. 故障の恐れが殆んどない。
- 等である。この装置がいささかでも実用に役立得れば筆者らの幸甚とする所である。

最後に本実験に際し、終始懇切な御指導を賜つた岡本起、林千博、両先生に厚く御礼申上げる。

参 考 文 献

1. 岡本 起著 電氣溶接
2. 岡本一安藤 高速度写真による熔接電弧現象の研究
熔接協会誌第7巻第12号
3. 佐々木新太郎 ユニオンメルト熔接法の実験
熔接工学全書第5輯
4. 福田節雄著 電弧
5. 服部一治著 直流機
6. W. B. Kouwenhoven : Arc Phenomena with
Electrodes
and T. B. Jones Moving at High Speed

特殊鋼熔接の基礎的研究(第2報)

強靱鋼板の静的彎曲破壊エネルギーに及ぼす電弧熔着ビードの影響について

——昭和23年2月熔接学会講演会において発表——

関口春次郎* 佐藤静夫**

Fundamental Research on Welding of Special Steels (Report 2)

Effect of Arc-Welded Bead on Energy Necessary for Statical Bending-Break of Alloy Steel Plate.

By Harujirō Sekiguchi*, Shizuo Satō.**

Abstract

In this research, the authors designed and manufactured a special apparatus for statical bending-break tests of plates, and statically broke unaffected plates made of alloy steels and plates deposited with a single bead using the apparatus. And they measured the energies necessary for the statical bending-break, and compared the numerical value of the former with that of the latter. In this manner, the following results were obtained.

* 正員, 名古屋大学工学部, Member, Professor of the Faculty of Engineering, Nagoya University.

** 名古屋大学工学部卒業. A Graduate of the Faculty of Engineering, Nagoya University.

(1) The energy necessary for the static bending-break of a rectangular alloy steel plate deposited with a single bead is very smaller than that of the unaffected plate having the same composition and heat-treated in the same manner without weld-deposition. That is, the effect of a bead deposited with arc on the necessary energy is very large.

(2) The energy necessary for the static bending-break of alloy steel is variable with the kind of alloy steel considerably. Namely, if we assume that the toughness of a steel plate can be expressed in such a numerical value, the toughness varies with the kind of alloy steel in a marked degree.

(3) The authors called the numerical value, which is obtained with dividing necessary energy for the unaffected plate by that for the plate deposited with a single bead, in the term of the sensibility value for weld-deposition. Then they proposed to express the sensibility for weld deposition in such a numerical value. That is, this property varies remarkably with the kind of alloy steel.

And the authors considered that the phenomenon of (1) is closely bound up with the formation of the hardened zone adjacent to the bead deposited.

I 緒 言

軟鋼に較べて著しく大なる強さ(抗張力, 降伏点硬度等)を有する構造用特殊鋼を熔接する場合に起る特異なる現象は, 熔接熱による局部的変質が軟鋼の場合に較べてはなほだ顕著なことである。すなわち熔着金属に隣れる母材の局部は鋼の変態温度以上に熱せられた後, 多くの場合臨界冷却速度以上の急冷を受けるため, マルテンサイト組織を生じ, あるいはトラスタイトまたはソルバイト組織を混するに至り, 極めて高い硬度を示すのが通例であり, この硬化部が往々熔接割れの原因となる。

熔接割れが起らぬ場合にもかかる変質は, 熔着せる特殊鋼板の外力による破壊を容易ならしめることは想像に難くない。しかしこれに関する実験的根拠は公表されていないようである。そこで著者らは特別の静的彎曲破壊装置を設計工作し, まず調質せる短冊型強靱鋼板を静的に彎曲破壊して, 破壊に要せるエネルギーを測り, 次でシングルビードを熔着せる短冊型強靱鋼板を同様に破壊しエネルギーを測り両者を比較して, 強靱鋼板の静的彎曲破壊エネルギーに及ぼす電弧熔着ビードの影響を定量的に明らかにした次第である。

II 静的彎曲破壊試験の要領及び装置

矩形の強靱鋼板を第1図のごとく, 水平に平行に保持せる2個の硬鋼製円罫(D, D)上に置き, 両円罫より等距離にあり, しかもこれらと平行に保持せられ, 上下に移動し得る硬鋼製円罫dにて矩形板を圧下し, 彎曲破壊せしむることとした。図中のLは必要に應じ任意に変わ得るように設計工作した(ただし最大280mm), またdとしては次の寸法のもの3個を用意した。

直径 $d=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$

第1図 静的彎曲破壊装置の型式

試験機に装備し, d円罫を下げ, 試験機に附属せる自記装置によつて第2図のごとき荷重・撓み曲線を画かしめ, その曲線と撓みを示す水平軸との間の面積をプランメーターにて測定し, 矩形板を彎曲破壊するに要せしエネルギーを求めた。

本試験は強靱鋼の場合に適用できるのであるが, 軟鋼または低級なる構造用特殊鋼の場合には, 彎曲せしむるも破壊して2部分に分離するに至らず, 一部に割れを生ずる程度に止まることが多く, 従つて完全なる破壊分離に要するエネルギーを測定し難い。かかる鋼種については, 熔接性を知るには

第2図 荷重撓み曲線

- (1) St. 52 については Werner の研究がある。
O. Werner : Elektroschweißung, 10 (1939), S. 145~152.
- (2) Ducol 鋼及び強靱鋼については, 著者の一人が既に発表した。
関口春次郎: 熔接学会誌, 第17巻(1948), 第9号, 313頁, 「強靱鋼材の熔接割れについて」第1報.V参照。

Stahl 52 について行われたとき縦ビード彎曲試験⁽¹⁾を行い、初めて割れが1個起るまで短冊型試片を彎曲せしめたときの彎曲角を測り、その大小によってその鋼板の熔接感受性を判断することが適當である。⁽¹⁾

従つて著者が本報において、供試材として問題にしている鋼種は、抗張力降伏点及び硬度等著しく大なる調質特殊鋼すなわち強靱鋼である。

強靱鋼原質板試片の採取

第1表の化学成分を有し、同様の備考に示せる熱処理を受けた特殊鋼すなわち焼入れ後焼戻された強靱鋼より、下記寸法の矩形板試片（短冊形試片）を薄刃グラインダーを有する研削機を用い、注水しつつ切断採取した。

長さ $l=240\text{mm}$, 幅 $b=70\text{mm}$, 厚さ $t=10\text{mm}$

第1表 供試鋼板の化学成分及び硬度

鋼種 記号	化 学 成 分 %							焼入焼戻鋼* 板のブリネ ル硬度
	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	
B	0.35	—	—	2.20	1.19	—	0.59	481
C	0.35	1.01	1.12	—	1.18	0.39	—	500
D	0.33	0.82	0.60	1.18	—	—	—	496
E	0.33	1.02	1.00	3.63	1.07	—	—	494

備考—* 870°Cに30分間加熱し油中に焼入れた後、150°Cに5時間焼戻し空中放冷せるもの。

IV 熔着板試片の調製

前節にて採取せる強靱鋼矩形板試片の約半数については、試片の長さの方向に試片面の中央に第3図

第3図 短形板試片への熔着

第4図 彎曲破壊用熔着板試片
(長さの単位 mm)

のごとく熔着⁽²⁾を行い、第4図のごとくビードの両端部を研削除去し、第1図のごとく熔着板試片を裏返してその板面が彎曲試験装置の2個のD円嚮上に密着するようにした。熔着⁽³⁾に當つてはまず村上・関口式半自動電弧熔着試験装置の可動台上に第5図の鑄鐵製台を置き、その上に第3図のごとき強靱鋼矩形板試片を載せ、さらに

両端に接して同じ厚さの板片A及びBを置きA板上にて電弧を発生し、熔着を開

始せしめ、第5図 熔着のため短形板試片を固定せる鑄鐵製台及び押へ板（長さの単位mm）

て熔着を完了せしめるようにした。熔着條件は第2表の通りである。また熔接棒としては著者らの研究室にて試作せる安定大洲田鋼型不銹鋼熔接棒を使用した。心線は直径4mmにして下記化学成分を有するものであつた。

21.5%Cr, 12.0%Ni, 0.05%C, 0.31%Si,
0.27%Mn, 0.019%P,

第2表 熔 着 條 件

電 弧 電 圧	26~35V
熔 接 電 流	110~130A
熔接棒の熔解下降速度	255~288mm/min
ビードの進行速度	250mm/min

被覆剤としては次のごとく配合し、粘着剤として配合剤100瓦に対しボーマ 30°の水硝子約32ccを用いた。また被覆量は心線の長さ37cmに対し10.0~10.7瓦であつた。

沈降炭酸カルシウム.....35%
螢石粉末.....35%
酸化チタン.....3%
白石綿.....5%
硝子粉末.....15%
フェロマンガ(Mn 70%) 7%

V 静的彎曲破壊試験

高砂森試験機製作所製オルセン式堅型10種万能試験機に、第I節において述べた彎曲試験装置を装備し、第1図の両D円嚮軸間の距離Lを200mmとし強靱鋼原質板試片または熔着板試片を載せ、径間の

(3) 村上武次郎, 関口春次郎: 服部報公会研究報告, 第9輯(1941). 187頁「鋼の電弧熔接に関する冶金学的研究」第1報, 第1図及び第2図参照。

第6図 870°Cより油中に焼入れた後150°Cに
5時間焼戻せる Ni-Cr-V 鋼

第7図 870°Cより油中に焼入れた後150°Cに
5時間焼戻せる Mn-Si-Cr-Mo 鋼

中央に荷重を加えて彎曲破壊し、荷重・撓み曲線を自記せしめた。第1図に示せる d 円溝の下降速度を4.9mm/minとし、 d 円溝の直径は30mmとした。第6～9図はそれぞれの自記曲線を示す。第3表には荷重・撓み曲線より求めた彎曲破壊エネルギー値を掲げた。

VI 硬 度 測 定

彎曲破壊せる試片の破面に近き横断面（矩形板試片の長さの方向及び板面に垂直なる断面）上において、熔着面より1mm隔たり、板面に平行なる直線上のビツカース硬度を測定し、その分布状態を調べた。第10図は原質板についての一例であり、第11図は熔着板試片についての一例である。第3表にはかくして得たる原質板硬度及び熔着変質部極大硬度を

第8図 870°Cより油中に焼入れた後150°Cに
5時間焼戻せる Mn-Si-Ni 鋼

第3表 諸鋼種についての原質板試片並びに熔着板試片の彎曲破壊エネルギー及びその他

鋼種	試片	種類	記号	彎曲破壊 エネルギー kg-m	エネルギー比 %	熔着感 受値	熔着変質部 極大硬度 (ビツカース)	原質板 硬度 (ビツカース)
記号	主なる合金成分							
B	Ni-Cr-V	原質板試片	B2 B4	173.8 234.4	16	204.1 32.9=6.2	581	530
		熔着	B1	32.9				
				平均204.1				
C	Mn-Si-Cr-Mo	原質	C2 C4	84.6 105.2	44	94.9 41.8=2.3	669 631	555
		熔着	C1 C3	48.7 34.8				
				平均94.9				
D	Mn-Si-Ni	原質	D4	113.3	62	113.3 70.8=1.6	508 517	530
		熔着	D1 D3	70.6 71.0				
				平均70.8				
E	Mn-Si-Ni-Cr	原質	E2 E4	218.5 255.4	14	237.0 32.3=7.3	522 604	550
		熔着	E1 E3	31.2 33.4				
				平均237.0

第9図 870°Cより油中に焼入れた後150°Cに5時間焼戻せるMn-Si-Ni-Cr鋼

も摘録した。

Ⅶ 実験結果に対する考察

本研究室において入手し実験に供し得た矩形板試片の数は僅少であつた。従つてこれらより得たる実験結果に対しては概略的所見を述べることにする。

第3表の実験結果によれば、強靱鋼原質板については、静的彎曲破壊エネルギーは鋼種により著しく相異している。次に溶着板試片についてのエネルギーは原質板のそれに比し著しく小である。

板の彎曲破壊に要するエネルギーは、上述のごとく電弧溶着によりシングルビードを置くことによつて著しく変化するのであるが、その変化の度合を表わすに「溶着感受値」なる言葉を用うることとし、次式で計算することとした。

$$\text{溶着感受値} = \frac{\text{原質板試片の彎曲破壊エネルギー}}{\text{溶着板試片の彎曲破壊エネルギー}}$$

各鋼種につきこの値を計算し、第3表に掲げた。これらの値を通覧するに、Mn-Si-Ni 鋼及び Mn-Si-Cr-Mo 鋼の溶着感受値は著しく小である。

原質板試片の横断面の硬度分布と、溶着板試片についての硬度分布とは、第10図及び第11図の通りであり、溶着によつて変質が起り硬度の尖頭が現われるのであつて、これが鋼板の彎曲破壊エネルギーを小とする原因と予想される。

Ⅷ 結 言

本報において取扱うことのできた鋼板の種類及び試片の数は僅少であり、確実なる結論は述べ難いが大体において、次の傾向が認められる。

(1) 強靱鋼矩形板試片の静的彎曲破壊エネルギーに比し、シングルビードを電弧溶着せる強靱鋼矩形板試片のそれは著しく小である。すなわち電弧溶着ビードの影響は極めて大である。

(2) 強靱鋼の静的彎曲破壊エネルギーは鋼種によつて著しく異なる。すなわちこの値をもつて鋼板の靱性を表わし得るものとすれば、靱性は鋼種によつてはなほ大きく異なるものである。

(3) 原質板試片の彎曲破壊エネルギーを、溶着板試片のそれにて除して得るゝ値を、溶着感受値と称することとし、この値をもつて強靱鋼の溶着感受性を表わすことを提案したのであるが、この値は鋼種によつて著しく異なることを知つた。

(4) Mn-Si-Cr-Mo 鋼板及び Mn-Si-Ni 鋼板の溶着感受値は、Ni-Cr-V 鋼板及び Mn-Si-Ni-Cr 鋼のそれに比し小であつた。

(5) 同一鋼種については、溶着板試片の彎曲破壊エネルギーと溶着変質部極大硬度との間に、一定の関係が予想されるが、本研究における異なる鋼種については、両者の間に簡單なる関係は見出し難い。

そして(1)の現象は主として、溶着ビードに隣接

第10図 Mn-Cr-Si-Mo鋼原質板試片横断面の硬度分布

第11図 Mn-Cr-Si-Mo鋼溶着板試片横断面の硬度分布

する変質硬化部の生成と関係あることが想像されるのであるが、これが実証は挙げ得なかつたので、これは今後の研究にまたねばならない。

終りに臨み彎曲破壊試験装置の考案及び設計に協力せられた工学士矢後元二君に深厚なる謝意を表する。

本研究の遂行に当つては、恩師村上武次郎博士の

御教示を仰ぎ、また松縄信太博士、田中豊博士及び岡本赳博士の御高配を忝うした。ここに諸先生に対し深甚なる感謝の意を表する。

なお本研究は日本学術振興会の支援によつて推進し、さらに文部省科学研究費の交付を受けるに至り促進せられたことを、ここに謹んで附記する次第である。

特殊鋼熔接の基礎的研究(第3報)

電弧熔着せる強靱鋼板の静的彎曲破壊エネルギーに
及ぼすガス焰局部後熱の影響について

——昭和23年2月熔接学会講演会において発表——

関口春次郎* 矢後元二**

Fundamental Research on Welding of Special Steels. (Report 3.)

Effect of Local Post-Heating with Flame on Energy Necessary for Statical Bending-Break of Alloy Steel Plate deposited with Single Bead by Arc. By Harujirō Sekiguchi,* Genji Yago.**

Abstract

In this research, the authors confirmed the effect of the local post-heating on the energies necessary for statical bending break of alloy steel plates deposited with a single bead, and clarified the main cause of the lowering of the necessary energy for plates which were deposited and not post-heated locally.

Namely, after Mn-Cr-Mo alloy steel plate was arc-deposited with a single bead, if the suitable local post-heating is carried on, and the heat affected and hardened zone by deposition is softened, that is, the energy maximum hardness is lowered, the energy necessary for the statical bending break of a long rectangular plate deposited with a longitudinal single bead, is very larger than that of plates without the post-heating.

In other words, the following matter can be understood. The main cause of the lowering of the energy necessary for statical bending break of alloy steel plates deposited with a single bead, is the existence of the hardened zone adjacent to the weld, and the post-heating being able to soften such a hardened zone gives a good effect on the increase of the energy necessary for the break.

I 緒 言

強靱鋼板の熔接割れ防止に及ぼすガス焰局部後熱の好影響については、既に著者の一人は他の研究者の協力を得て研究を遂行し公表した⁽¹⁾、また強靱鋼板の静的彎曲破壊エネルギーに及ぼす電弧熔着ビード⁽²⁾の影響については、本研究第2報において既に報告したが、それによると強靱鋼板は、熔着によつて著しく破壊エネルギーが低下する。この原因は熔着に

よつて変質硬化部が現われることにありと想像せられる。熔接変質部附近に現われる熔接割れもまたこの硬化部の生成と関係があり、これが防止にはその硬化部を軟化する、すなわち後熱⁽¹⁾することが有効であることは、既に報告した所である。従つてかかる局部後熱は熔着板の彎曲破壊エネルギー値にも影響し得るものと予想せられる。そこで本報においてはこの影響を確かめ、かつ熔着板の破壊エネルギー低下

* 正員 名古屋大学工学部, Member, Professor of the Faculty of Engineering, Nagoya University.

** 名古屋大学工学部卒業 A Graduate of the Faculty of Engineering, Nagoya University.

(1) 関口春次郎, 小林卓郎: 熔接学会誌, 第18巻(1949), 第6,7,8号, 113頁, 「強靱鋼材の熔接割れについて」, 第4報「熔接変部附近割れに及ぼす局部後熱の影響」

(2) 関口春次郎, 佐藤静夫: 本学会誌,