摩擦溶接された S 20 C および S 45 C の機械的性質 に関する検討*

塩谷敏祐** 山田銑一** 葛谷 豊**

Study on Mechanical Properties of Friction Welded S 20 C and S 45 C*

By Toshisuke Shioya** Senichi Yamada** and Yutaka Kuzuya**

Abstract

When friction welding is actually applied to parts of a machine, its mechanical strength is an important problem. Results of tensile and bending test have ever been reported, however, those of impact and fatigue test are seldom reported yet. S 20 C and S 45 C are tested on tensile, bending, fatigue and impact strength, and showed result as follows :

- (1) Tensile test
Both as welded and normalized material after welding are broken at the points that are not welded, therefore their strength is equal to that of base metal.
- (2) Bending test
Welded material is sometimes broken at weld interface even when welded on conditions which it stands in tensile test, however such a phenomenon will not happen when welding conditions are properly decided.
- (3) Fatigue test
Both smooth and notched testpiece as welded, was increased fatigue strength by friction welding, and normalized testpiece after friction welding is equal to that of base metal.
- (4) Impact test
Impact strength became much smaller by friction welding.

After all, except the decrease of impact strength, the strength of friction welded carbon steel is almost equal to that of normalized carbon steel.

1. 緒 論

摩擦溶接を実際の機械部品に適用する場合、その溶接部の機械的性質が問題となる。引張強サについては T. H. Hazlett^{1)~3)}, M.B. Hollander⁴⁾, 安藤^{5)~8)}, 中村⁹⁾, 蓮井¹⁰⁾らの報告があり、いずれも溶接条件を適当に選定すれば 100% の継手効率が得られるとのべている。著者らも前報¹¹⁾で被溶接物の引張強サに影響する要因を調べ、また、溶接条件と引張強サの関係について同様な結果を得たことを報告した。しかしながら、その他の機械的性質についての報告はほとんどなされていない。

本報告では、摩擦溶接された S 20 C および S 45 C 材の引張り、曲げ、疲労および衝撃強サについてその後の熱処理による変化も含めて検討したので報告する。

2. 実験方法

本実験は S 20 C および S 45 C の 19 mmφ の焼ナラ

シ材を用い、おのおの所定の形状に切削加工したのち、前報¹¹⁾と同じ溶接機を用いて突合せ溶接し、それらの引張り、曲げ、疲労および衝撃試験をおこなった。

供試材の化学成分を Table 1 に、各試験片の溶接前の形状を Fig. 1 に示す。これらの材料を溶接し、引張試験は JIS 4 号試験片に加工し試験した。曲げ試験は 18 mmφ×200 mm の試験片とし、スパン 120 mm で先端 15 mmR の押し金具を用いて試験した。疲労試験は小野式回転曲げ疲労試験機(回転数 3,600 rpm)を用い、平滑試験片、段つき部で溶接した段付切欠試験片、溶接面および溶接面近くに還状 V 溝切欠をつけた還状 V 溝切欠試験片で試験した。これらの形状を Fig. 2 に示す。なお、表面アラサは 1.5~2.0 μ とした。衝撃試験は JIS 3 号試験片(2 mm, U ノッチ)とし、溶接面にノッチがくるように加工し常温(20°C)でシャルピー衝

Table 1 Chemical composition of specimen

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
S 20 C	0.20	0.29	0.50	0.034	0.033	0.01	0.10
S 45 C	0.47	0.31	0.79	0.007	0.014	0.03	0.08

* 原稿受付、昭和40年1月16日(溶接学会昭和39年度秋季全国大会にて発表)

** 正員、豊田自動織機製作所 Member, Toyoda Automatic Loom Works Ltd.,

Fig. 1 Shape of work pieces before welding

Fig. 2 Shape of fatigue testpieces

撃試験機により試験した。なお、いずれも溶接面が試験片の中央になるようにして試験をおこなった。

3. 実験結果および考察

3.1 溶接部の組織およびカタサについて

S 45 C 焼ナラシ材の溶接部のマクロ腐食の結果を Photo. 1 に示す。これは、濃塩酸でマクロ腐食をおこ

Photo. 1 Macro photograph of welded sample S 45 C, 14 mmφ, 2,400 rpm, slope time 0.5 sec, P_1 : 4.0 kg/mm², P_2 : 8.0 kg/mm², T_2 : 3.0 sec, amount of upset 4.2 mm

なったもので鋼材の繊維組織が溶接時のばりの方向に顕著に流れているのがみられる。

Photo. 2 は顕微鏡組織を示す。a, b, c および d は S 45 C, 焼ナラシ材を回転数 2,400 rpm, スロープ時間 0.5 sec, 加熱圧 4.0 kg/mm², 圧接圧 8.0 kg/mm², 圧接時間 3.0 sec およびアップセット量 4.2 mm で溶接したもので a は溶接面の組織であり, b は溶接面から約 0.7 mm はなれた個所で溶接により熱影響をうけた部分の組織である。c および d は, それぞれ a および b を焼ナラシしたものである。

溶接面は a で示したごとく完全に再結晶しており溶接境界はまったくわからないが全体に粗大化組織となっている。しかし、焼ナラシをおこなえば c に示したごとく均一微細な焼ナラシ組織となっている。b はかなり熱影響をうけているが、その後の焼ナラシにより、d でみられるように均一微細な組織となっている。しかし、繊維組織がかなり顕著にゆがめられていることが知られる。

本溶接法は、溶接個所だけが局部的に加熱され他の部分はほとんど加熱されないために溶接面から少しとおざれば完全な母材組織となっている。また、かなり大きな軸方向圧力が加えられるために軸方向圧力に耐えきれないほど高温に加熱された部分はばりとして外に押し出されるため少くとも融点以上に過熱されることはないと考えられる。

溶接面付近の温度分布については C.J. Cheng¹²⁾ が報告しており、それによれば同種材料の溶接の場合には最高温度は溶接面において熔融温度に達しているがその温度勾配はきわめて急激に低下しているとのべている。溶接後の焼ナラシ処理で過熱組織があらわれないのはこのように高温に加熱された部分が大部分ばりとして外に押し出されるためだと考えられる。e は同じ S 45 C 材を溶接条件をかえて (加熱圧 2.0 kg/mm², 圧接圧 4.0 kg/

↑ weld interface
a S45 C, as welded, $P_1 : 4.0 \text{ kg/mm}^2$, $P_2 : 8.0 \text{ kg/mm}^2$, amount of upset 4.2 mm

b S45 C, as welded, $P_1 : 4.0 \text{ kg/mm}^2$, $P_2 : 8.0 \text{ kg/mm}^2$, amount of upset 4.2 mm

↑ weld interface
c S45 C, normalized after welding, $P_1 : 4.0 \text{ kg/mm}^2$, $P_2 : 8.0 \text{ kg/mm}^2$, amount of upset 4.2 mm

d S45 C, normalized after welding, $P_1 : 4.0 \text{ kg/mm}^2$, $P_2 : 8.0 \text{ kg/mm}^2$, amount of upset 4.2 mm

↑ weld interface
e S45 C, as welded, $P_1 : 2.0 \text{ kg/mm}^2$, $P_2 : 4.0 \text{ kg/mm}^2$, amount of upset 4.0 mm

↑ weld interface
f S20 C as welded, $P_1 : 3.0 \text{ kg/mm}^2$, $P_2 : 6.0 \text{ kg/mm}^2$, amount of upset 4.2 mm

Photo. 2 Micro structure of welded samples $\{\times(200 \times \frac{1}{3})\}$
14 mm ϕ , 2,400 rpm, slope time 0.5 sec, T_2 3.0 sec

mm², アプセット量 4.0 mm とし、他の条件は同じ)溶接したもので a に比べて溶接面での粗大化傾向が著しい。このように溶接条件により組織はかなり変化をうける。

f は S20 C, 焼ナラシ材を回転数 2,400 rpm, スローブ時間 0.5 sec, 加熱圧 3.0 kg/mm², 圧接圧 6.0 kg/mm² およびアプセット量 4.5 mm で溶接したものの組織を示したものであり溶接面付近でかなりの粗大化組織がみられるが、組織変化としては本質的には S45 C の場合と

全く同様であった。

カタサ分布を Fig. 3 と Fig. 4 に示す。Fig. 3 は S20 C の場合であり溶接のままで溶接面から約 5 mm はなれた部分まで硬化しており、最高カタサは溶接面で、約 Hv 200 になっている。これらの硬化の原因は、溶接時の温度勾配が大きいことと、圧接圧による塑性変形の影響によるものであろう。これらを焼ナラシすれば母材と同一のカタサになっている。Fig. 4 は S45 C を

Fig. 3 Hardness distribution
S20C, 14 mm ϕ , 2,400 rpm, slope time 0.5 sec, P_1 : 3.0 kg/mm 2 , P_2 : 6.0 kg/mm 2 , T_2 : 3.0 sec, amount of upset 4.2 mm

Fig. 4 Hardness distribution
S45C, 14 mm ϕ , 2,400 rpm, slope time 0.5 sec, T_2 : 3.0 sec, amount of upset $\begin{cases} P_2: 4.0 \text{ kg/mm}^2 & \text{---} 4.0 \text{ mm} \\ P_2: 8.0 \text{ kg/mm}^2 & \text{---} 4.2 \text{ mm} \end{cases}$

用いて溶接条件のちがいによるカタサ分布を示したもので加熱圧、圧接圧の大きいものの方が最高カタサが大きく、硬化範囲がせまくなっている。これは溶接中の圧力が大きいと前報¹¹⁾でのべたとくアップセット速度が大きく、加熱範囲がせまくなり、温度勾配が大きくなるために冷却速度が大きくなり、すなわち、急冷されるためにカタサ上昇が大きくなることと、加圧力の相異にもとづく塑性変形の度合の差によるものであろう。

本溶接法で溶接したものは、熱影響組織部分での軟化現象はあらわれない。これは、本溶接法が他の溶接法と比べて加熱されている部分が少なく、時間も短いことと軸方向圧力が加えられることによる塑性変形の影響などによるためと考えられる。

3.2 引張り強サについて

Fig. 1 に示した引張試験用の形状にした試験片を回

Table 2 Result of tensile test

Material	Treatment	σ_S (kg/mm 2)	σ_B (kg/mm 2)	δ (%)
S20C	normalized	32.9	48.4	38
		32.7	48.5	39
	as welded	32.4	48.8	38
		33.7	48.7	37
	normalized after welding	32.4	48.6	40
		32.4	48.3	39
S45C	normalized	41.6	66.1	28
		42.1	66.1	28
	as welded	41.9	65.8	26
		41.8	66.1	27.5
	normalized after welding	42.1	66.4	27.5
		42.3	65.7	27

welding condition -- 2,400 rpm, slope time 0.5 sec,
 P_1 : 4.0 kg/mm 2 , P_2 : 8.0 kg/mm 2 , T_2 : 3.0 sec,
amount of upset S20C: 4.0 mm, S45C: 4.2 mm

Photo. 3 Rupture circumstance by tensile test (S45C) 1: normalized, 2: as welded, 3: normalized after welding

転数 2,400 rpm, スロープ時間 0.5 sec, 加熱圧 4.0 kg/mm 2 , 圧接圧 8.0 kg/mm 2 , 圧接時間 3.0 sec とし、アップセット量は S20C は 4.0 mm, S45C は 4.2 mm で溶接し、JIS4 号試験片に加工して引張り試験をおこなった結果を Table 2 に、また、これらの破断後の形状を Photo. 3 に示す。これらはいずれも母材部から破断しており、とくに、溶接のままのものでは前述のごとく溶接部が硬化しており、したがって、溶接部がほとんど絞られておらずその両側で絞られているのが Photo. 3 によくあらわれている。溶接のままのものも、溶接後焼ナシをおこなったものもいずれも母材破断であるため溶接をおこなわなかった材料と比較しても引張り強サ、降伏点、絞りともまったく変化がなかった。

3.3 曲ゲ強サについて

曲ゲ強サについてはいずれも、回転数 2,400 rpm, スロープ時間 0.5 sec, 圧接時間 3.0 sec とし、S20C は加熱圧 3.0 kg/mm 2 , 圧接圧 6.0 kg/mm 2 , アップセット量 4.0 mm および加熱圧 3.0 kg/mm 2 , 圧接圧 9.0 kg/mm 2 ,

Table 3 Result of bending test

Material	Welding condition*1			Treatment	Broken*2 place	Material	Welding condition			Treatment	Amount*3 of yield (mm)	Broken place
	P ₁ (kg/mm ²)	P ₂ (kg/mm ²)	amount of upset (mm)				P ₁ (kg/mm ²)	P ₂ (kg/mm ²)	amount of upset (mm)			
S 20 C	3.0	6.0	4.0	as welded	N	S 45 C	4.0	8.0	4.5	as welded	21.5	WL
				normalized	N					normalized	20.7	N
				after welding	N					after welding	21.4	N
	3.0	9.0	4.1	as welded	N		4.0	12.0	4.7	as welded		N
				normalized	N					normalized		N
				after welding	N					after welding		N

*1 Constant condition, slope time 0.5 sec, 2,400 rpm

*2 WL...Broken at weld interface N...Not broken

*3 Amount of yield at rupture

Photo. 4 Tested sample by bending (S 45 C)

1 : normalized 2 : as welded
3 : normalized after welding

Fig. 5 Relation between amount of yield and bending load (S 45 C)

アプセット量 4.1 mm の 2 種類の溶接条件で, S 45 C は加熱圧 4.0 kg/mm², 圧接圧 8.0 kg/mm², アプセット量 4.5 mm および加熱圧 4.0 kg/mm², 圧接圧 12.0 kg/mm², アプセット量 4.7 mm の各条件で溶接し, 溶接のまま, 溶接後焼ナシをしたものを各 3 個曲げ試験した。この結果を Table 3 に示し, S 45 C の圧接圧 12.0 kg/mm² のものについての荷重-タワミ線図を Fig. 5 に, また, これらの各 1 本の試験片を Photo. 4 に示す。

S 20 C はいずれも破断しなかった。S 45 C では圧接圧を 8.0 kg/mm² としたものは溶接のまま, 溶接後焼ナシをおこなったものでも溶接部で破断したものもあったが, 12.0 kg/mm² としたものはいずれも破断しなかった。

S 45 C の圧接圧 8.0 kg/mm² で溶接したものは前述のごとく引張り試験ではすべて, 母材部で破断したが, 曲げ試験では溶接部で半数が破断している。これは曲げ試験では外周で応力が最大となるため, 引張り試験のごとく均等に応力が作用する試験ではあらわれない欠陥が曲げ試験であらわれたものと思う。曲げ試験での最高荷重は溶接のままのものは, 溶接しない焼ナシ材および溶接後焼ナシをしたものに比較して降伏荷重, 最高荷重は若干大きかった。これは溶接のままの試験片は溶接部が硬化されているので変形抵抗が大きいためである。しかしながら, 溶接による硬化部は曲げ試験でのスパンに比べてかなり小さいためその効果は大きくなかった。

3.4 疲労強サについて

疲労強サは溶接しない焼ナシ材, 溶接のまま, 溶接後焼ナシをした材料について, S 20 C は平滑, 環状 V 溝切欠, S 45 C は平滑, 環状 V 溝切欠, 段付切欠について検討した。溶接条件はスロープ時間 0.5 sec, 回転数

Table 4 Result of fatigue test

Material	Shape of specimen	Welding condition*1)				Treatment*2)	V notch*3)	Fatigue strength (kg/mm ²)
		P ₁ (kg/mm ²)	P ₂ (kg/mm ²)	Amount of upset (mm)	Hardness increase (M.Hv)			
S 20 C		3.0	6.0	4.5	65	A		24.4
		3.0	9.0	4.8	70	B		25.0
		3.0	6.0	4.5		B		25.0
		3.0	6.0	4.5		C		24.4
		3.0	6.0	4.5	65	A	W.L.	13.4
		3.0	6.0	4.5		B	W.L.	17.1
S 45 C		4.0	8.0	4.2	100	A		26.4
		4.0	8.0	4.2		B		26.6
		4.0	8.0	4.2		C		26.4
		2.0	4.0	4.0	80	A	W.L.	14.4
		4.0	8.0	4.2	100	B	W.L.	21.2
		2.0	4.0	4.0	80	B	W.L.	27.2
		4.0	8.0	4.2	100	B	F	21.2
		4.0	8.0	4.2		B	F	27.2
		2.0	4.0	4.0		C	W.L.	15.0
		4.0	8.0	4.2		C	W.L.	15.0
		2.0	4.0	4.0		C	F	15.0
		4.0	8.0	4.2	120	A		21.6
		4.0	8.0	4.2		B		26.8
		4.0	8.0	4.2		C		22.2

*1) Other welding condition, 2,400 rpm, slope time 0.5 sec, T₂: 3.0 sec

*2) A: normalized, B: as welded, C: normalized after welding

*3) W.L.: V notch placed on weld interface, F: V notch placed on part of fiber structure warped

Fig. 6 S-N curve of S 20 C and S 45 C

2,400 rpm, 圧接時間 3.0 sec 一定とし, S 20 C は加熱圧 3.0 kg/mm², 圧接圧 6.0 kg/mm², 9.0 kg/mm², アプセット量 4.5 mm, 4.8 mm, S 45 C は加熱圧 2.0 kg/mm², 4.0 kg/mm², 圧接圧は加熱圧の 2 倍, アプセット量 4.0 mm, 4.2 mm の各条件で溶接した。

環状 V 溝切欠試験片は Photo. 1, Photo. 2 d で知られるように溶接面から少しはなれたところで繊維組織がゆ

がめられた部分があるため, S 45 C については V 溝を溶接面につけたものと, 繊維組織がゆがめられた部分につけたものの 2 種類とし, 繊維組織に対する切欠感度について調べた。

S 20 C および S 45 C の S-N 曲線を Fig. 6 に, この疲労試験結果を Table 4 に示す。Fig. 6 から切欠試験片の溶接のままのものは溶接しない焼ナラシ材と比較

して、S-N 曲線の折点が高繰返し数側にあり、溶接後焼ナラシをしたものはほぼ同一となっている。

平滑試験片では両鋼種とも溶接のままでは若干疲労強サが増大し、溶接後焼ナラシをおこなうことにより疲労強サは溶接しない焼ナラシ材とはほぼ同一となった。平滑試験片の溶接のままのものの疲労強サが上昇するのは溶接面付近のカタサ上昇によるものであるが、回転曲ゲ疲労試験では試験片の中央で曲ゲ応力最大となり、スパン 200 mm で荷重をかけているので応力勾配がゆるやかであること、また、硬化されている部分が試験片平行部の中央付近だけに限られているため硬化されていない部分から破断する。したがって溶接によるカタサ上昇が疲労強サの増大にあまり寄与せず、溶接条件の相異による疲労強サの差はほとんどない。溶接後焼ナラシをしたものの疲労強サは、溶接部でのカタサ変化がなくなっているため、溶接しない焼ナラシ材と同等の値が得られた。

環状 V 溝切欠試験片の溶接面に溝をいれたものと繊維組織がゆがめられた部分に溝をいれたものの疲労強サの差はほとんど認められなかった。環状 V 溝切欠試験片の溶接のままでは S 20 C, S 45 C とともに溶接しない焼ナラシ材に比較してかなりの疲労強サの増加が認められ、カタサ上昇の大きいほど疲労強サも大きくなっている。しかしながら、カタサ上昇が強度増加と比例するならば、カタサ上昇による疲労強サもそれにともなって増大するものと考えられるが、本実験では S 45 C の圧接圧 4.0 kg/mm² のものに比較して、圧接圧 8.0 kg/mm² のものの疲労強サは非常に大きかった。溶接後焼ナラシをしたものの疲労強サは S 20 C では溶接しない焼ナラシ材より少し減少し、S 45 C では少し増加している。これは S 20 C, S 45 C とともに溶接後の焼ナラシにより溶接部のカタサは溶接しない焼ナラシ材とはほぼ同一になっているので、組織による切欠感度の差によるものであろう。

S 45 C 段付切欠試験片の溶接のままのものは切欠部が硬化されているのでその部分からは破断せず、平行部で破断した。そのため母材の試験をしたような結果となり、平滑試験片の焼ナラシ材より若干大きな値が得られた。溶接後焼ナラシをしたものは環状 V 溝切欠試験片と同様に、溶接しない焼ナラシ材と比較してすこし大きな値が得られた。

3.5 衝撃強サについて

S 20 C および S 45 C を回転数 2,400 rpm, スロープ時間 0.5 sec, 加熱圧 4.0 kg/mm², 圧接圧 8.0 kg/mm², 圧接時間 3.0 sec でアブセット量を 4.0 mm として溶接したものを溶接のまま、溶接後焼ナラシをしたものの溶接面に溝底がくるように試験片を作成してシャルピー衝撃試験を各 3 個おこなった。その結果を溶接しない焼ナ

Fig. 7 Result of Charpy impact test

ラシ材とあわせて Fig. 7 に示す。

溶接のままではカタサ上昇と組織の粗大化などのため衝撃強サは半減し、溶接後焼ナラシをしたものは衝撃強サは回復しているがその値はあまり大きくない。

4. 総 括

摩擦溶接された S 20 C, S 45 C について引張り、曲ゲ、疲労および衝撃強サについて検討した結果を要約すると下記のごとくなる。

引張り試験では溶接のまま、溶接後焼ナラシをおこなったものの双方とも溶接しない焼ナラシ材と同等の値が得られ、溶接部以外の個所で破断するため母材と同等の強サと考えてさしつかえない。

曲ゲ試験では引張り試験で溶接部から破断しない溶接条件で溶接しても溶接部から破断することがあるが、溶接条件を適当に選定すれば溶接部から破断しないものが得られる。

疲労試験の溶接のままでは平滑試験片、切欠試験片のいずれも疲労強サは上昇しており、溶接後焼ナラシをしたものはいずれもほぼ母材と同等の疲労強サが得られた。衝撃試験では S 20 C, S 45 C とともに溶接のままでは衝撃強サは低下し、溶接後焼ナラシをおこなっても母材の衝撃強サまでは回復しない。

以上のごとく摩擦溶接された S 20 C, S 45 C とともに溶接条件を適当に選定すればシャルピー衝撃強サの低下の問題を除けば母材と同等、もしくはかえって良好な結果が得られた。

参 考 文 献

- 1) T.H. Hazlett, "Property of friction welded plain carbon and alloy steel", W. J. Vol. 41 (1962), No. 4, 49 s-52 s
- 2) T.H. Hazlett, "Property of friction welding between dissimilar metals," W. J. Vol. 41 (1962), No. 10, 448 s-450 s

- 3) T.H. Hazlett, K.K. Gupta, "Friction welding of high strength structural Al alloy", W.J. Vol. 42 (1963), No. 11 490s-494s
- 4) M.B. Hollander, C.J. Cheng, J.C. Wyman, "Friction welding Parameter analysis," W.J. Vol. 42 (1963), No. 11, 495s-501s
- 5) 安藤国輔, 田崎義男, 平井幸男; "摩擦溶接の研究(第一報)予備実験", 名古屋工業技術試験所報告, Vol. 11 (1952), No. 8 446-455
- 6) 安藤国輔, 田崎義男, 平井幸男; "摩擦溶接の研究(第二報), 軟鋼(S10C)の溶接", 名古屋工業技術試験所報告, Vol. 11 (1962), No. 10, 603-609
- 7) 安藤国輔, 田崎義男, 平井幸男, 杉山順彦; "摩擦溶接の研究(第三報), 軟鋼(S20)の溶接(その1), 名古屋工業技術試験所報告, Vol. 11 (1962) No. 10, 603-609
- 8) 安藤国輔, 田崎義男, 平井幸男; "摩擦溶接の研究(第四報), Al と Cu の溶接(その1), 名古屋工業技術試験所報告, Vol. 12 (1963), No. 10, 463-470
- 9) 中村虔一, 青野進; "摩擦溶接に関する研究一試作したプログラム制御摩擦圧接機の特性と2, 3の実験", 日本金属学会講演要集(1963秋) 37-38.
- 10) 蓮井淳, 福島貞夫; "摩擦溶接に関する研究", 溶接学会誌, Vol. 32 (1963), No. 9, 911-917
- 11) 塩谷祐祐, 山田鉄一, 葛谷豊; "鋼材の摩擦溶接に於ける溶接条件の検討", 溶接学会誌, Vol. 34, No. 8, 794-800
- 12) C.J. Cheng, "Transient temperature distribution during friction welding of two similar material in tubular form", W.J. Vol. 41 (1962), No. 12, 542s-550s

溶接学会講習会テキスト

過去8回溶接に関する講習会を開催しましたテキストの残部があります。ご希望の方は料金をそえてお申込み下さい。

第1回「溶接設計」昭和37年2月 頒価1部 1,000円

○融接とろう接の方法および材料の選定	工 博 鈴木 春義
○溶接設計の基礎と継手の強さ	" 仲 威 雄
○加圧溶接とその設計法	" 中 村 孝
○建築における溶接設計	" 鶴 田 明
○機械における溶接設計	" 渡 辺 正 紀
○車輛における溶接設計	" 三 木 忠 直
○橋梁における溶接設計	" 奥 村 敏 恵
○造船における溶接設計	" 寺 沢 一 雄
○各種压力容器における溶接設計	" 秋 田 好 雄

第2回「溶接設計」下巻 昭和37年10月 頒価1部 500円

○高張力鋼の応用	工 博 秋 田 好 雄
○高張力鋼の腐食と対策	" 渡 辺 正 紀
○高張力鋼の低温脆性破壊	" 木 原 博

第3回「溶接設計」昭和38年2月 頒価1部 1,000円

○溶接継手の疲れ強さとその向上法	多 田 美 朝
○溶接継手の脆性破壊	工 博 大 庭 浩
○溶接部の腐食	" 渡 辺 正 紀
○溶接構造物の塑性設計	" 藤 田 譲
○薄板の溶接構造物とその設計	" 矢 部 満
○鋼管の溶接構造物とその設計	" 石 黒 徳 衛
○軽量形鋼の溶接構造物とその設計	" 鶴 田 明
○厚板の溶接構造物とその設計	" 中 井 恒 男

第4回「溶接の自動化」昭和38年10月 頒価1部 1,000円

○溶接の自動化概論	工 博 吉 田 寛 四 郎
○特殊なサブマージドアーク溶接	" 中 根 金 作
○炭酸ガスアーク溶接	" 稻 垣 道 夫
○特殊溶接	理工博 鈴木 春義
○造船およびボイラの自動溶接	工 博 高 木 乙 磨
○建設機械の自動溶接	林 道 也
○化学機械装置の自動溶接	森 島 克 己
○建築、橋梁の自動溶接	工 博 田 中 五 郎
○パイプの自動溶接	" 大 庭 浩
○車両の自動溶接	" 矢 部 満
○電気製品および自動車の自動溶接	" 中 村 孝

第5回「高張力鋼の溶接」昭和39年3月 頒価1部 1,000円

○現用高張力鋼と溶接上の問題点	工 博 鈴木 春義
○高張力鋼溶接の機械化	" 有 川 正 康
○高張力鋼溶接部に生じる欠陥と検査	理 博 服 部 一 郎
○高張力鋼溶接構造物設計上の問題点	工 博 中 井 恒 男
○機械に対する高張力鋼の応用例	黒 川 起 夫
○利用者の立場よりみた高張力鋼	工 博 渡 辺 正 紀
○船舶および压力容器への高張力鋼の応用例	成 田 圀 郎
○橋梁およびベンストックへの高張力鋼の応用例	工 博 奥 村 敏 恵
○ロケットへの高張力鋼の応用例	安 藤 良 夫

第6回「溶接設計」昭和39年10月 頒価1部 1,000円

○溶接継手の疲れ強さ	多 田 美 朝
○隅肉継手の設計	工 博 太 田 省 三 郎
○高温用溶接構造物の設計	理工博 応 和 俊 雄
○軽量化を達成する継手設計	西 茂
○低温用溶接構造物の設計	工 博 池 田 一 夫
○溶接継手設計	山 崎 廣 久