

重電機械における溶接の役割

Contribution of Welding Technique and Process in Heavy Electric Machines

妹島五彦* 海野友孝* 石原政男*
 Itsuhiko Sejima Tomotaka Umino Masao Ishihara

要 旨

最近の重電機械はますます大容量化、高性能化の傾向にあり、必然的に溶接構造物も大形化、高級複雑化し、適用される各種溶接法も広範囲にわたり、溶接製作作業の高能率化、省力化が積極的に推進され今日に至っている。まさに溶接の占める役割は重要である。日立製作所日立工場では、長年の研究と経験をもとに重電機械を製造してきており、本稿では、重電機械溶接構造物に使用される鉄鋼材料および適用溶接法のうち、トピックス的な事項について概説し、また、実機溶接構造物の特徴について述べたものである。

1. 緒 言

電気機械と一般に称せられているものを大別すると

- (1) 重電機器 (2) 軽電機器 (3) 家庭電器
- (4) 通信機器 (5) 電子部品およびその応用機器

などに分類されるが、その製作においてそれぞれの分野で特色ある溶接技術が適用されている。しかし本論では重電機器の溶接に主眼をおいて説明する。

電力機械の最近の傾向は単機の大容量化、高性能化である。輸出機器が増加するに従い、国際的にも経済性のある(製造原価の安い)機器の製作が業界に課せられ、変貌(へんぼう)する高度の設計および製作技術の中で、溶接技術もまた重要な役割を果たしつつ急速に発展している⁽¹⁾⁽²⁾。一例として水車の材料構成比率と水車本体溶接構造の発展過程を示すと図1のようになり、年々鋼板の使用率が高まり、鍛鋼品との溶接を含めると水車構成部品の溶接構造化の

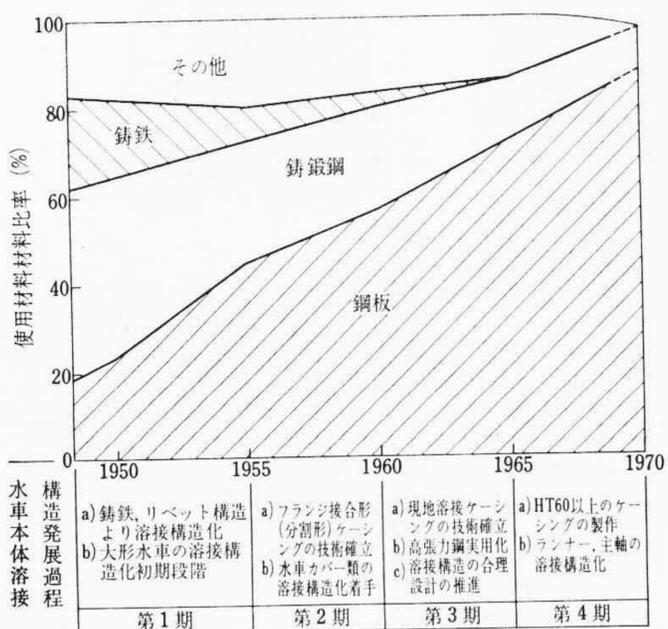


図1 水車材料比率の変化と水車本体溶接構造化発展過程

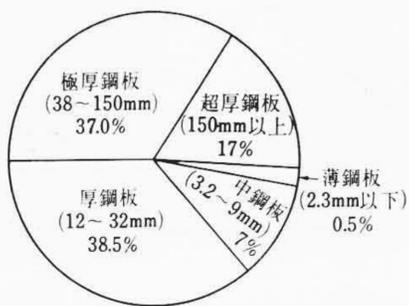


図2 使用鋼板の板厚別使用重量比

割合は最近では90%以上にも及んでいる。同様な調査を発電機および蒸気タービンについて行なうと前者で95%、後方で77%に及んでいる。

重電機器の主要部品は見方を変えるとその使用目的により

- (1) 回転体 (2) 耐圧耐油部品 (3) 剛性体
- (4) 耐食耐摩耗部品 (5) 耐熱部品

の五つに大別され、さらに継手別では同材質接合、異種材接合、肉盛り、溶射、ろう付けなどに分けられる。表1は主体部品をそれぞれの項目別に示したものである。

表1 重電機器主体部品の用途別分類

用途例	主体部品名
回 転 体	水車ランナ、水車および発電機主軸、発電機用ファン、電動機シャフト、回転子(スパイダ)、タービンブレード
耐 圧 耐 油 容 器	水車ケーシング、入口弁、圧油槽、各種減速機室、ステータフレーム、タービンケーシング、高圧ヒータ、脱気室、脱気器、各種配管、リアクタベッセル、気水分離器
剛 性 体	水車ステーリング、水車上下カバー、エンドブラケット、水車発電機用ハウジング、ダイアフラム
耐 食 耐 摩 耗	水車ランナ、水車ライナ類、ガイドベーン、ジスチャージングバルブ、タービンブレード
耐 熱	ガスタービン部品

表2 製品別使用材料の分類

鋼 種	軟 鋼	鍛 鋼	低 合 金 鋼 (高張力鋼)	高合金鋼	非鉄金属
水 車	SS-41 SM-41 SM-50 SB-42 ASTM A516 A283 A201	SC-46 SC-49 SF-45 SF-60	HT-50 HT-60 HT-70 HT-80 ASTM A537	13Cr鋼 18-8鋼	Al ブロンズ ステライト
発 電 機 (電動機)	SS-41 SM-41 SB-42	SC-46 SC-49 SF-45 SF-60			DCup-1 Cup-1 BsP NBsP ABP ステライト
蒸気タービン	SS-41 SM-41 SB-42 SB-49 STPT-39 STPT-49 STPG-38	SC-46 SC-49 SF-45 SF-60 SCA-2 SCA-41	0.5Mo鋼 0.5Cr-0.5Mo鋼 1Cr-0.5Mo鋼 1Cr-1Mo鋼 1.5Cr-1Mo鋼 2½Cr-1Mo鋼 3.5Ni鋼	13Cr鋼 15Cr鋼 18Cr鋼 25Cr鋼 18-8鋼 Ni-Cr-Co鋼	モネル インコネル NBsP ステライト
異種金属継手	軟鋼+13Cr鋼, 18-8鋼+13Cr鋼, 軟鋼+低合金鋼 軟鋼+非鉄金属				
肉 盛	ステンレス(18-8) 硬化肉盛(アーク, ガス, バンド溶接)				

* 日立製作所日立工場

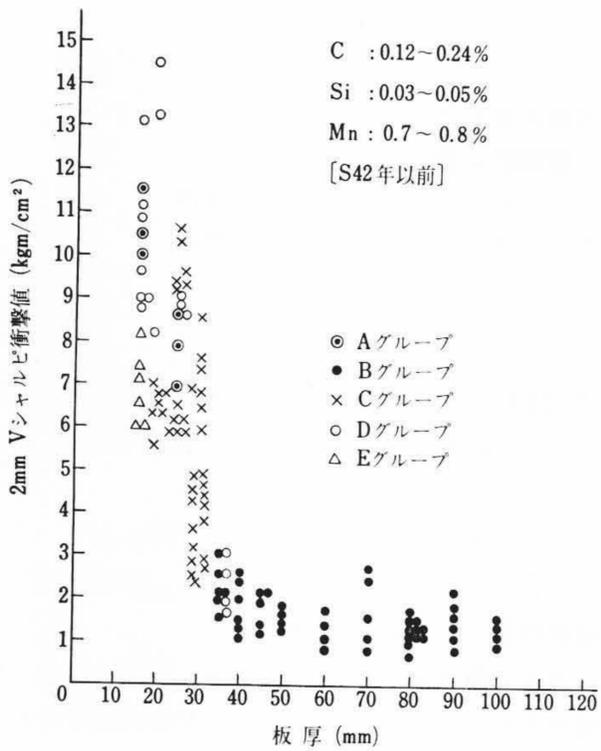


図3(a) 溶接構造用鋼板 (SM41A) 板厚と衝撃値 (室温)

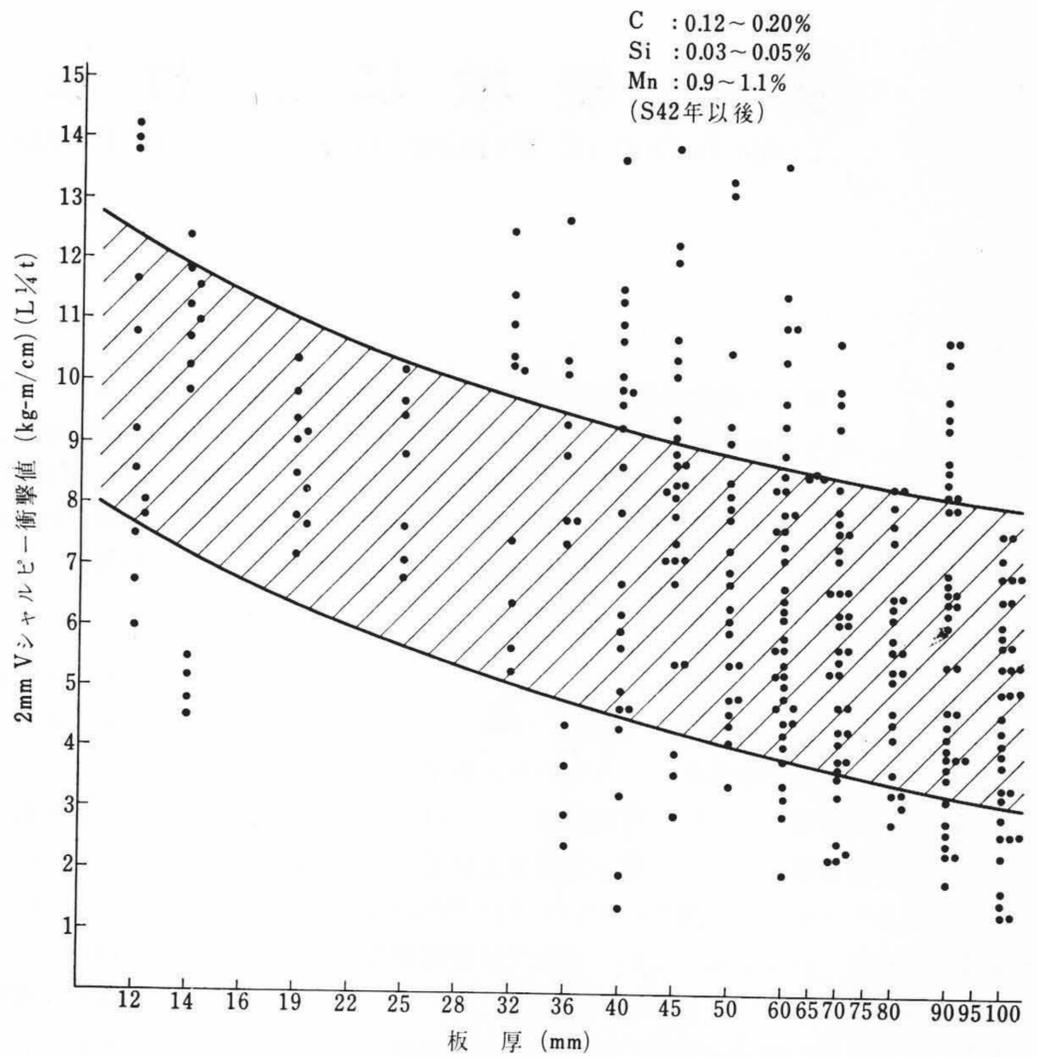


図3(b) 最近における厚板 SM41A の板厚と衝撃値 (・は1チャージを示す)

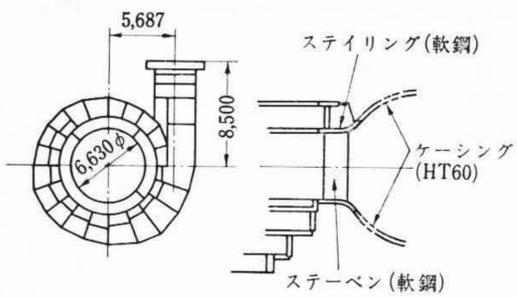
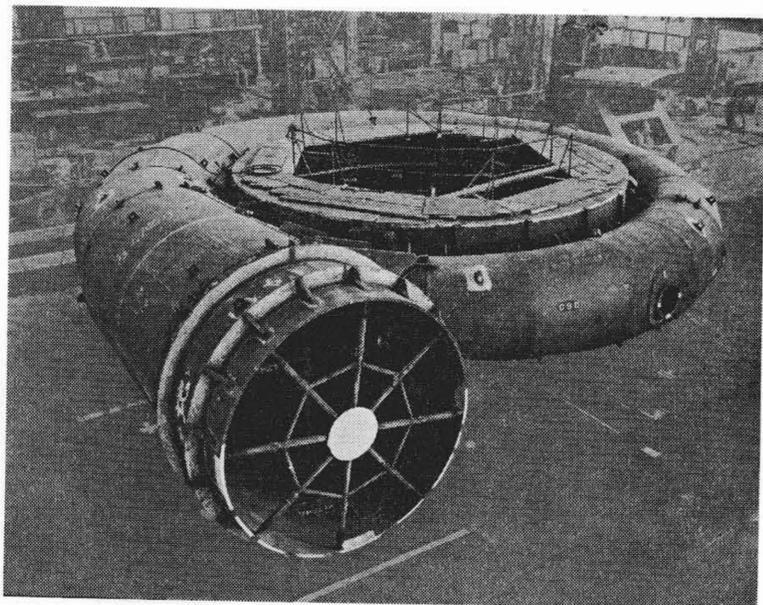
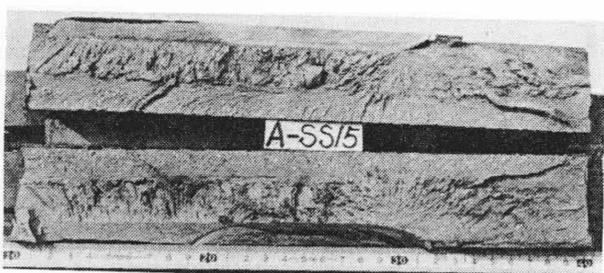


図4 大形揚水発電用水車ケーシング (HT60鋼) 工場組立完了の状況



(HT-60鋼 45mm, SR処理, 引張温度 -15°C)
図6 広幅溶接引張試験片破断面の一例

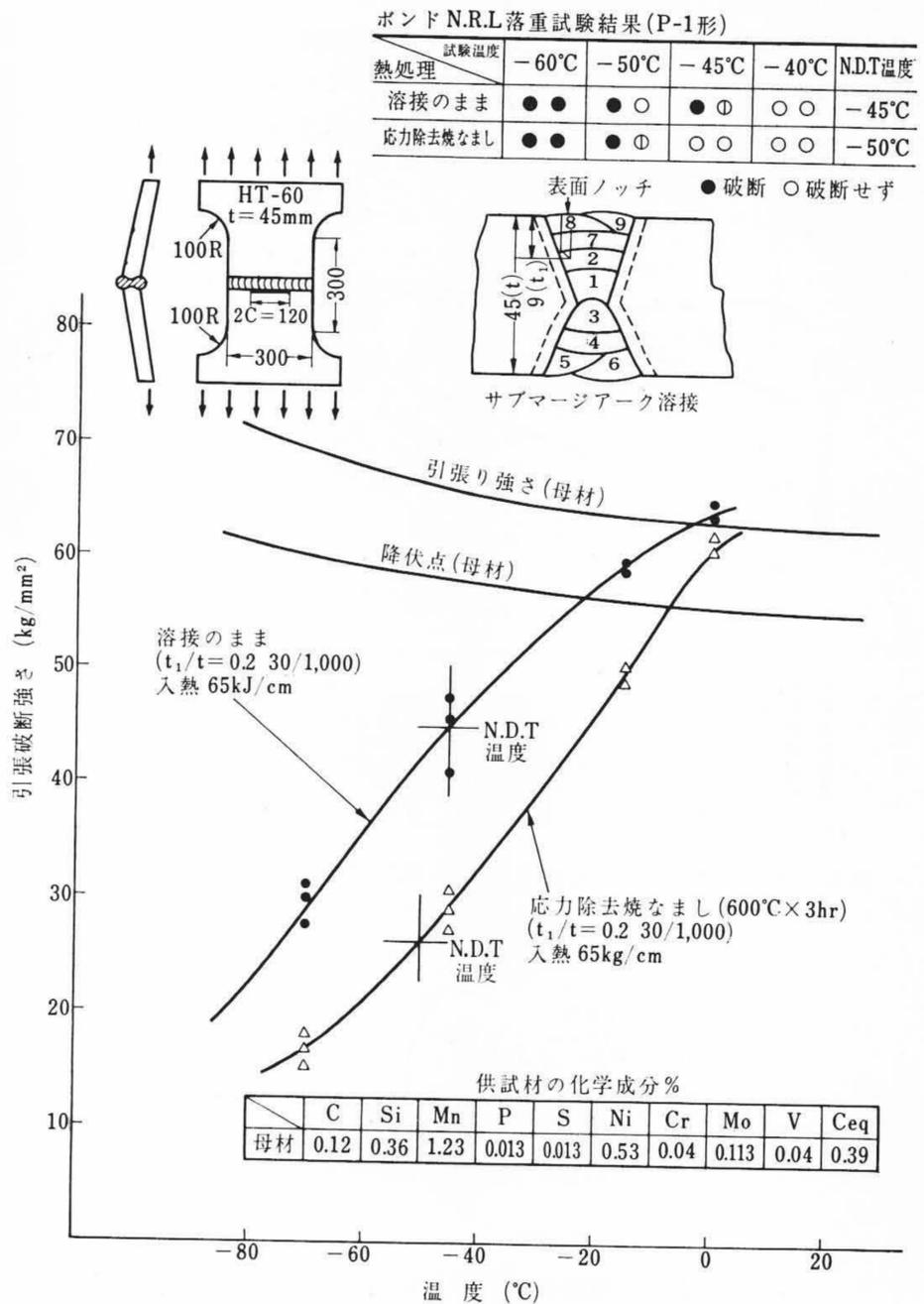


図5 2.5% ひずみ時効処理された HT-60鋼 (45mm) 溶接境界部の広幅引張試験結果と N. R. L 落重試験結果

表3 鋼の低温使用限界と機械的性質

鋼種	製鋼法	熱処理	合金元素添加	最低使用温度	板厚 (mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)
SS 41	リムド, セミキルド	As Roll	なし	室温	38 未満	≥23	41~50
					38 以上	σ _B /2	
SM 41 A	Mn セミキルド	As Roll	なし	0°C	38 未満	≥23	41~50
					38 以上	σ _B /2	
SM 41 B	Mn+Si セミキルド	A. R または Nor	なし	-20°C	38 以上	σ _B /2	41~50
SM 41 C	Mn+Si+Al キルド	As Roll または Nor	なし	-20°C	<200	σ _B /2	41~50
SB 42	Mn+Si+Al キルド	Nor	あり	0°C	<150	σ _B /2	42~50

表4 各種高張力鋼の溶接許容入熱量 (kj/cm)

鋼種 板厚(mm)	調質 HT60	調質 HT70	調質 HT80	非調質 HT60
≤20	<65.5	<35.0	<35.0	<30.0
20≤30	<75.0	<40.0	<40.0	<40.0
30≤40	<80.0	<50.0	<45.0	<47.0
40≤50	制限なし	—	<45.0	<50.0

一方、これら主体構造物の溶接継手の品質要求には高級なものが多く、また一般に厚板、超厚板の組合せや異種金属の組合せが大幅に採用されている関係で、材料の選び方、溶接品質の保持について溶接施工にはきびしい要求が多い。溶接工の技量検定はいうにおよばず、たとえば火力機器、圧力容器などの製作にあたっては「発電用火力技術基準」や「高圧ガス取締法」「ボイラ構造規格」などの規定に基づいて製作されており、輸出機器については相手国の規格はもちろんのこと、一般には ASME, ASTM, A. W. S あるいは B. S. DIN などに準じて製作される場合が多い。

2. 重電機器溶接の特長

2.1 使用材料

重電機器に使用される材料は高温材料から低温材料、鋼種別には軟鋼、低合金鋼、高合金鋼、非鉄金属を含めて多種多岐にわたっている。表2は機種別に使用材料の概要を示したものである。使用材料の重量比率でみればその大部分は軟鋼であり、SS材とSM材がその代表である。また使用鋼板を板厚別に分類すると図2に示すように 38~150mm が約 37%、150mm 以上が約 17% で両者を合わせ

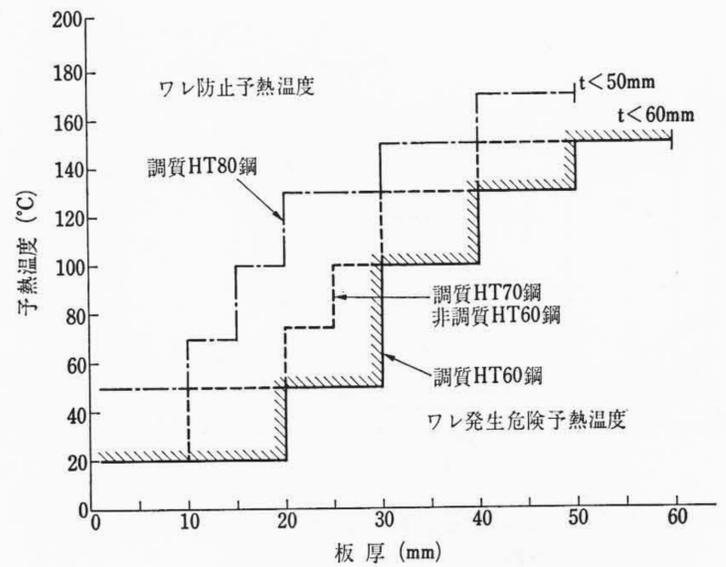


図7 各種高張力鋼の適正予熱温度と板厚の関係

ると 54% となり厚板の使用量が非常に多い。表3は SS 材, SM 材 および SB 材の機械的性質および低温使用限界を示したものであり、構造物のぜい性破壊を考慮しなければならない場合には通常 SM 材でも B種またはC種が多く使用される。図3(a)は一般によく使用される SS-41A 材の常温における板厚とシャルピー衝撃値との関係を示した一例⁽³⁾であるが、従来この鋼種では板厚が 50 mm を越えると衝撃値の低下がみられたので、筆者らは鉄鋼メーカーとの共同研究により、板厚が厚くなっても衝撃特性のすぐれた SM 材を開発し効果をあげている。図3(b)はその実験値を示したものである。結論的に鋼種の選定にあたっては、構造物の使用状態、外力のかかり方、残留応力、使用温度、加工性および経済性などを考慮し、総合的に判断して決める必要がある。

表5 日立製作所で実用化されている各溶接法の材料別、適用製品別適用範囲

溶接法	母材										板厚 (mm)				溶接姿勢			適用製品					
	鋳鋼	鍛鋼	軟鋼	高張力鋼	ステンレス鋼	低合金鋼	耐熱超合金	高ニッケル合金	銅合金	アルミ合金	薄板	中板	厚板	超厚板	下向き	横向き	立向き	全姿勢	水車	発電機・電動機	タービン		
融接	被覆アーク溶接																						
	アーク溶接	単電極サブマージアーク溶接																					
		双極サブマージアーク溶接																					
		片面サブマージアーク溶接																					
		カットワイヤ、サブマージアーク溶接																					
		炭酸ガスソリッドワイヤ溶接																					
		炭酸ガス複合ワイヤ溶接																					
		炭酸ガスショートアーク溶接																					
	アルゴンアーク溶接																						
	エレクトロスラグ溶接	ワイヤ送給式																					
消耗ノズル式																							
板状電極式																							
圧接	電子ビーム溶接																						
	プラズマ溶接																						
	爆接圧接																						
ロー付																							

備考：□ 一般に適用 ▨ 適用例あるも一般的でない □ 適用なし

2.2 高張力鋼の使用

重電機械の分野でも高張力鋼の適用が増大しており、特に水車ケーシングや圧油槽に60 kg/mm²以上の高張力鋼が大幅に使用されるようになってきている^{(4)~(6)}。この方面の基礎研究や実用化例についてはすでに本誌でも報告されたが、最近では機器の大容量化に伴い厚板の採用が盛んである。図4は最近日立製作所で製作された大形ポンプ水車ケーシングで板厚50 mm 60 kg/mm²高張力鋼を使用した現地溶接構造である。

また最近では70~80 kg/mm²極厚高張力鋼を使用する計画がありそのための実用化研究が着々と進められている。

このように使用する鋼材が段々と高力化し、板厚が増大すると必然的にその溶接性や加工性が低下するので、溶接にあたっては徹底した品質管理と溶接施工管理が必要となる。特に水車ケーシングのように比較的低温で、かつ変動高圧力下で使用される溶接構造物では低温ぜい性破壊に対する安全性の確認が必要となる。このため、従来から各所で研究されてきている比較的小形の溶接性試験のほか、大形のぜい性破壊試験(たとえば大形十字継手引張試験、ボンド ESSO 試験、容器破壊試験など)による溶接構造物の安全性の評価がなされている。図5に示す大形広幅試験結果は、実際に工場加工される最もシビアな条件、たとえば溶接継手を含み2.5%冷間プレ

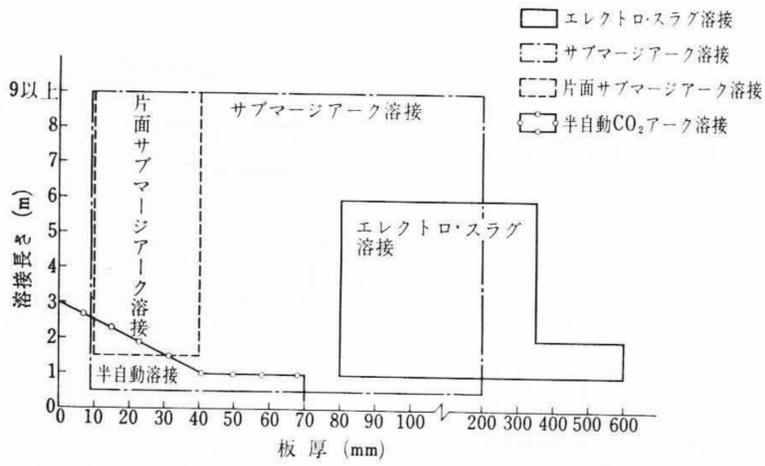
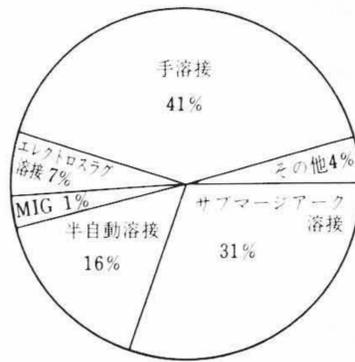


図8 重電機械に使用されている各種自動溶接法の板厚別適用範囲



$$\text{溶接自動化率} = \frac{\text{自動および半自動溶接棒使用量 (kg)}}{\text{全使用溶接棒重量 (kg)}} \times 100\%$$

図9 溶接自動化率 (%) (1969年)

表6 エレクトロスラグ溶接の能力

電極種類	電極数	突合せ I 継手		突合せ T 継手		その他の応用
		板厚 (mm)	溶接長 (m)	板厚 (mm)	溶接長 (m)	
ワ電極方式	3	≤350	≤6	<150	≤6	円筒物の円周溶接
		350 < t ≤ 450	≤2			
ブ電極方式	3	≤1,000	<1.5	—	—	
消耗ノズル式	1	≤60	≤1.5	≤60	≤1.5	断面で板厚の異なる曲面をもつ継手の溶接
	3	≤150	≤3.0	≤150	≤3.0	
	6	≤400	≤3.0	≤400	≤3.0	

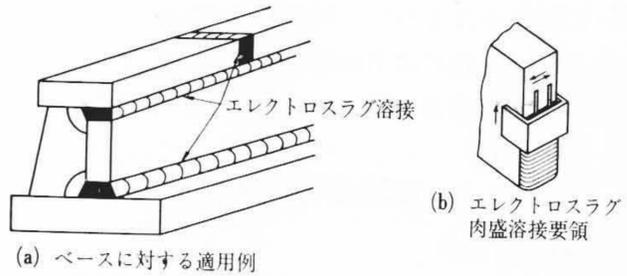


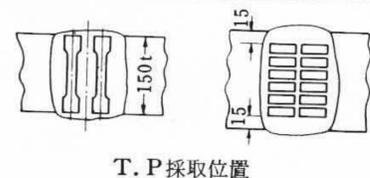
図10 エレクトロスラグ溶接の効果的使用例

表7 消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接部の特性

区分	化学成分 (%)								備考
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cu		
母材 (SM 41)	0.18	0.28	1.09	0.018	0.014	—	—		消耗ノズル幅 = T-20 電極間距離 ≤ 70 mm
ワイヤ	0.04	0.29	1.56	0.011	0.004	0.20	0.16		
消耗ノズルパイプ (SGP)	0.07	0.03	0.32	0.008	0.025	—	—		
消耗ノズルプレート (SB 42 B)	0.09	0.27	0.58	0.014	0.020	—	—		
溶着金属	0.12	0.35	1.08	0.017	0.012	0.11	0.08		

(b) 溶接部の機械試験および衝撃試験結果

熱処理	引張試験				側曲試験 R=1.5t 180度曲げ	試験温度	2 mm シャルピー衝撃試験															
	YP (kg/mm ²)	TS (kg/mm ²)	EL (%)	RA (%)			20℃				0℃				-20℃				-40℃			
							1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
As Weld	—	52.1	27.0	52.6	合格	As Weld	5.0	6.0	5.2	6.8	2.7	1.9	1.4	0.7	6.4	(5.8)	2.1	(5.8)	1.5	(2.03)	1.0	(1.03)
	—	51.5	30.0	54.8	合格		SR 625℃×15h	9.7	11.0	6.8	11.5	3.9	2.4	0.8	0.9	11.9	(10.87)	9.7	(9.33)	2.8	(3.03)	0.8
Nor+Tem 900℃×3h+625℃×15h	26.9	43.0	38.6	68.2	合格	Nor+Tem 900℃×3h+625℃×15h	9.7	9.5	9.9	7.5	3.0	6.6	1.0	0.6	11.9	(10.37)	8.9	(8.77)	5.8	(5.13)	0.8	(0.8)
	27.5	43.0	41.0	68.6	合格																	



T.P採取位置

ス加工ひずみを受けた板厚 45 mm の 60 kg/mm² 高張力鋼溶接継手に 30/1,000 mm の角変形をつけ、表面切欠きノッチ ($t_1/t=0.2, 2C=120$ mm) 付広幅引張試験結果を示すもので、応力除去焼鈍処理の有無にかかわらず 0°C 以上では降伏点以上の破断強さを示していることがわかる。

図 6 は破断面の一例を示したもので、破断が表面切欠きノッチの R 部先端より発生し、ボンド溶着鋼を貫通していることを示している。またボンド部の N. D. T 温度は -45°C 以下でじゅうぶん安全であることがわかる。

以上は実験結果の一例であるが、筆者らは以上の結果を参考にし、図 7、表 4 に示す各種高張力鋼の溶接割れ防止のための必要な予熱温度の採用と、じゅうぶんな溶接継手性能を有するに必要な溶接入熱制限基準を設けて実際の作業を行なって、じゅうぶん信頼性の高い水車機器を製作している。

2.3 溶接法

電気機械の溶接で現在実用化されている溶接法は、手溶接、サブマージアーク溶接、イナートガス溶接 (TIG, MIG 溶接), CO₂ ガス溶接, エレクトロスラグ溶接, 電子ビーム溶接, 摩擦溶接などで代表的なほとんどの溶接法が実用されている。表 5 は筆者の工場で実用化されている溶接法とその適用を総括的に図示したものであり、図 8 は各種溶接法の溶接長と板厚別適用範囲を示したものである。最近のすう勢である溶接自動化率の拡大についても飛躍的に上昇し、接溶棒の使用比率から求めた溶接自動化率では 60% に近い数値を示している (図 9 参照)。

(1) エレクトロスラグ溶接の適用

前述したように日立工場では厚板, 超厚板の使用が多いので, この分野では特に高能率なエレクトロスラグ溶接の適用が盛んである。表 6 はエレクトロスラグ溶接の適用範囲を示したものである。ワイヤ電極の場合, I 継手の溶接可能最大板厚は 450 mm で, 板状電極による場合は溶接最大板厚はおもに電源容量に左右されるが, 9,000 A の電源使用により板厚 1 m の溶接も可能である。

消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接は, 等板厚の垂直溶接はもとより, 形状が複雑なため従来手溶接で行なわれていた継手にも適用でき, 最大板厚は 600 mm である。図 10 はエレクトロスラグ溶接による効果的使用実例として構造の簡易化例と肉盛の例を示したものである。

表 7 は消耗ノズル式の場合の溶接部の溶着金属の化学成分と機械的性質の一例である⁽⁷⁾。

(2) 片面溶接とその適用

造船界をはじめとして, 国内で片面溶接法は高能率溶接法の一つとして大幅に利用されているが, 筆者らも板厚 9~40 mm の平板の突合せ溶接に適用し大きな効果をあげている。特に交流定電圧電源を用いた双極サブマージ法を開発し, 深い溶け込みと安定した裏ビードを得ている⁽⁸⁾。表 8, 9 は板厚 25 mm と 40 mm の場合の適正溶接条件と溶接部の機械的性質の一例を示したものである。この方法の最も欠点と

言われている溶接部終端割れ防止対策としては独特の実験的かつ理論的検討を加えて解決した。その概要を述べると次のとおりである。

図 11 および図 12 はタブ板と母材を完全溶接した場合のタブ板の厚さおよび板幅と溶接中の母材終端表面部の挙動を示したものである。終端表面部は溶接初期においては収縮するが, 溶接が進行するにつれて漸次膨張に変わる。この膨張は, 溶接点が母材終端に近づいた時点で急速に大きくなり測定点を通過後, 約 25 秒で最大値に達したのち, 温度の低下とともに収縮する。

この結果, タブと母材の溶接にカスケード溶接法を利用することにより割れを完全に防止することに成功している。

表 8 片面サブマージアーク溶接の標準, 開先条件, 溶接条件

板厚 (mm)	開先条件			溶接条件				
	θ°	a	b	フラックスとワイヤの組合せ	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (mm/min)	電極間
25	50°	0±1	5±1	PFH-45×US-43 4.8φ パッキンフラックス RF-1	L 1,030 T 900	30 40	345	
40	45°	0±1	6±1	PFI-45×US-43 4.8φ パッキンフラックス RF-1	L 1,220 T 1,190	30 53	265	
備考								

表 9 片面サブマージアーク溶接部の機械的性質の一例

項目	引張り (kg/mm ²)		曲げ (180°)		2 mm V ノッチ [(0°C) kg-m]			2 mm V ノッチ [(-10°C) kg-m]		
	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3
No.	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3
結果	47.8	48.1	合格		6.6	6.5	7.6	6.2	5.7	5.8
備考	<p>衝撃試験片採取要領</p>									

表 10 摩擦溶接の性能と実用化例

材料の組合せ	性能の一例	実用化部品
低炭素鋼同志 (SS41×SS41)	<p>SS41材同種摩擦溶接試験片のS-N曲線</p>	<p>a) ボルト類 リベット類</p> <p>b) バネ受板</p>
炭素工具鋼と高速度鋼	<p>炭素工具鋼 (SK-3) と高速度鋼 (SKH-3) の溶接時のアプセット量引張強さ</p>	a) ドリル, リーマ類
軟鋼とネーバル黄銅	最高硬さ境界部 Hv240 で, ネーバル黄銅側母材より破断実用性大	耐食性, とくに耐海水性を要する部品
18-8 ステンレス鋼とファニコ (Fer Ni Co)		
軟鋼と 18-8 ステンレス鋼		耐食性または非磁性を要求される軸類
銅と銅		
銅とアルミニウム		

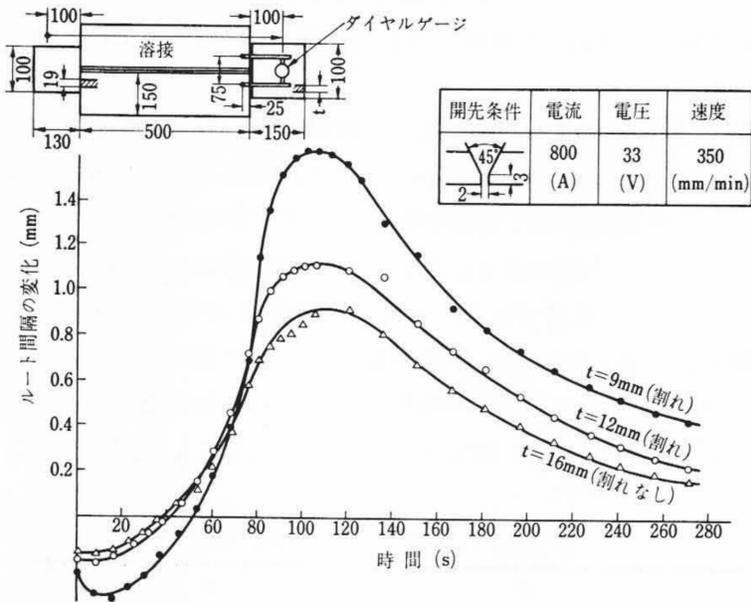


図11 100mm幅のタブ板を使用した場合の終端部の変形

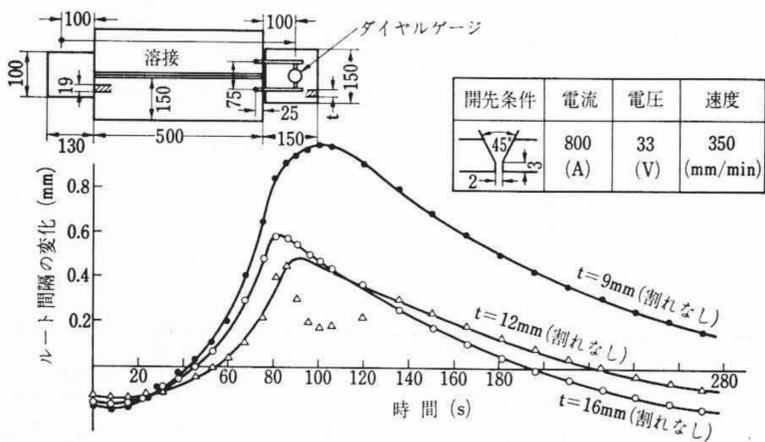


図12 150mm幅のタブ板を使用した場合の終端部の変形

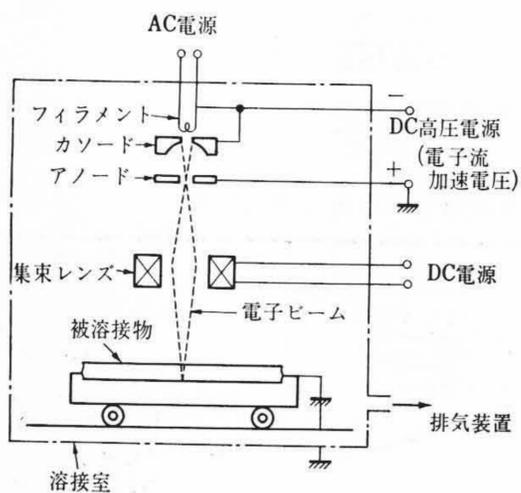


図13 電子ビーム溶接の原理

(3) 電子ビーム溶接

10⁻⁴~10⁻⁵ mmHgの高真空中で溶接する方法で、その原理は図13のとおりである。真空中であることと入熱の制御がきわめて容易で、エネルギー密度の高い電子ビームを熱源としている点に特長があり、活性金属の溶接や異種金属の溶接、精密溶接のほか、深い溶け込み特性を利用した厚板の一層溶接など広範囲の用途をもっている。筆者らはタービン用ダイヤフラム、ブレード、特殊な発電機部品などの精密溶接に応用している。

(4) 摩擦溶接

摩擦現象を利用し、接触面に発生する摩擦熱を利用する一種の圧接である。特長としては溶接時間がきわめて短く、接合部に明りょうな溶融層が残留しないため、異種材料(金属あるいは非金属)間の接合が容易であり経済的である。筆者らの工場で実用化されている摩擦溶接の材料の組合せと実用化例を表10に示す⁽⁹⁾。

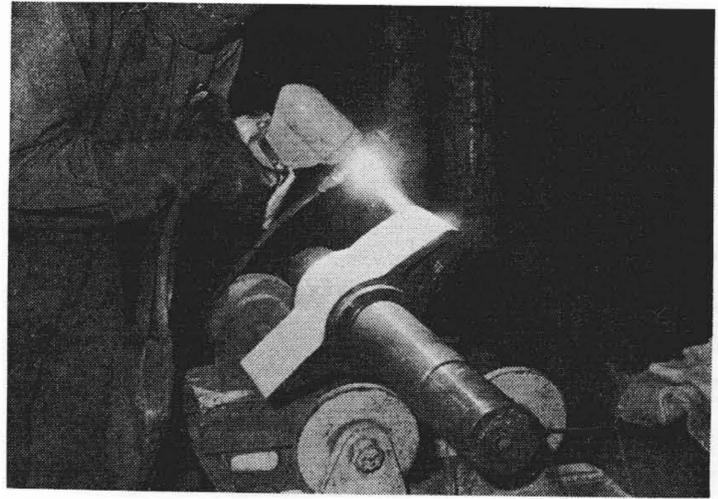


図14 ガイド・ベーンのパラズマ溶接状況

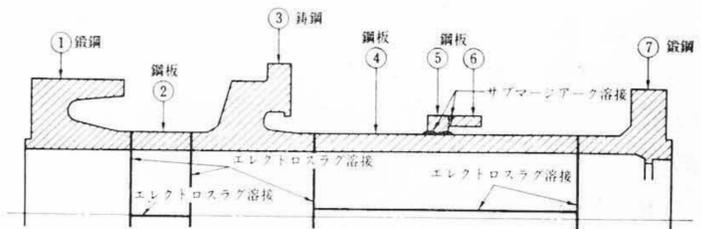


図15 溶接構造水車軸に適用した溶接法

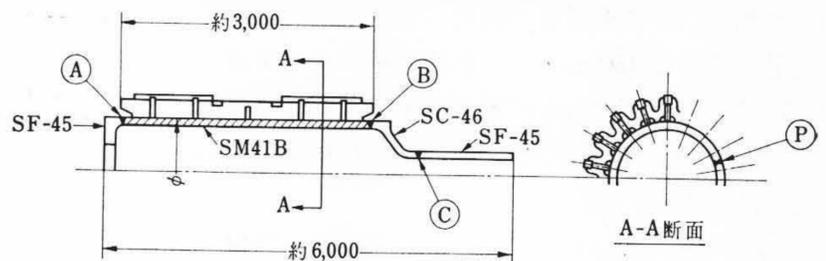
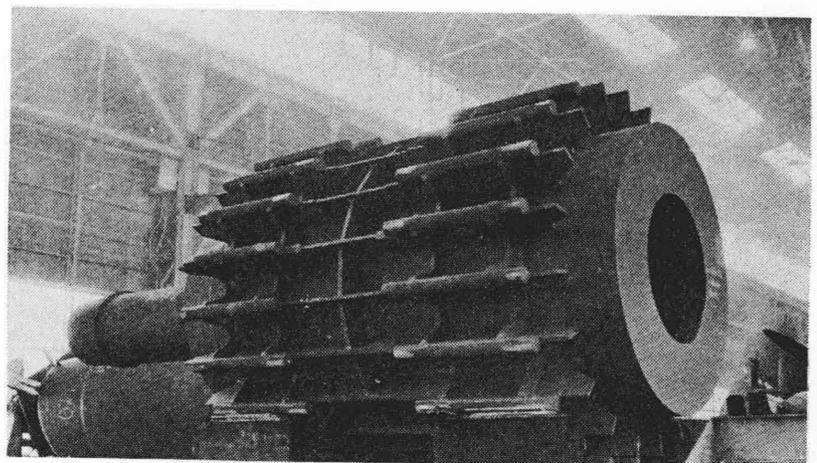


図16 圧延機電動機用大形スパイダ

(5) プラズマ溶射

水車部品のうちランナやガイドベーンなどには良好な耐食性、耐摩耗、耐キャビテーション性が要求される。従来、これらの製品には溶接肉盛を施したり、物によると一体の特殊鋼で製作される場合があったが、プラズマ溶射を行なうことにより素材を軟鋼または普通鋼とし、その表面に特殊金属粒を最大厚さ0.5mm溶射することによって製品の寿命を延ばし、かつ原価低減に大きな効果をあげている。

図14は水車用ガイドベーン表面にタングステンカーバイト粒を溶射した状況を示したものである。

3. 溶接構造の利点

溶接構造はリベット構造や鋳鍛造品に比べて幾多の長所があるが、特に材質の組合せが容易であること、継手効率が高いことお

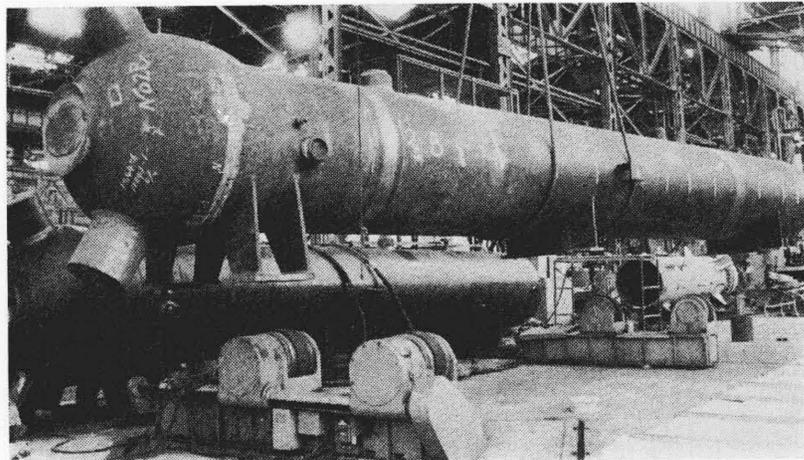


図17 全溶接構造球形水室形高圧給水加熱器

よび重量軽減が可能であり、ひいては製造原価が割安となることなどその実質効果は大きい。以下二、三の代表例を紹介する。

3.1 分割溶接構造化した例

エレクトロスラグ溶接法によりいままで一体鍛造品を用いることが当然と考えられていた水車主軸を分割溶接構造とすることが可能となった。図15は胴板の肉厚約170mm重量約110tの大型品である。

同様に図16は圧延機用電動機の大形スパイダの溶接構造を示したもので、胴体の両端に鋳鋼および鍛鋼のフランジをサブマージ

アーク溶接している。以上二つの例はいずれも中空軸に応用したもので、ソリッドの一体品に比べ重量軽減に大きく貢献している。

3.2 全溶接構造の例

タービン補機の一つである高圧給水加熱器は全溶接構造の代表例である。胴体、水室ヘッドプレートにマンホール、給水出入口管台の取り付け、ヘッドプレートで管板の溶接および管と管板の溶接など⁽¹⁰⁾製品の最終形状はすべて全溶接で形成されている。図17は完成した球形水室形高圧給水加熱器を示したものである。

4. 結 言

以上重電機器における溶接の役割とその特徴を述べたが、新溶接法の開発とともに今後もますます溶接がいろいろな部署に適用され、その効果を発揮するものと思う。

参 考 文 献

- (1) 妹島ほか：溶接技術 1966年4月 p.18~24
- (2) 妹島：溶接管理の計画と実際 日刊工業
- (3) 妹島：日本機械学会誌第70巻第586号 p.1683~1689
- (4) 妹島ほか：日立評論 50, 397 (昭43-5)
- (5) 妹島ほか：日立評論 50, 497 (昭43-6)
- (6) I. Sejima: Hitachi Review Vol. 18, No. 5, p. 207~224
- (7) 妹島ほか：溶接技術 1969年10月号 p.41~45
- (8) 妹島ほか：溶接学会誌 昭和44年秋期研究発表会予稿
- (9) 海野ほか：日本機械学会誌 第71巻第595号 p.1085~1092
- (10) 堀内ほか：日本機械学会誌 第71巻第595号 p.1055~1061



特 許 の 紹 介

特許第530462号 (特公昭43-12766)

坂上 晃・野村 貞夫
小島 弘臣

光 による 集 団 同 時 通 信 方 式

この発明はレーザー光などの光波を搬送波として使用し、互に離れた地点における多数の通話者が一堂に会して会談するように、同時に全員で通信し合える、すなわち、だれが送信しても、また同時に2人以上の人が通話しても全員が受信できるような光通信方式である。

図によってこの発明を説明すると、多数の通信地点1~nのうち1個所に搬送波となるレーザー光源を設け、その光ビームで上記各通信地点を重複することなく一巡する往復の二つのループ7, 8を作り、各通信地点には電気光学効果を有する結晶などからなる光変調器を1-3~n-3, 3-3'~n-3'個を配し、音声などの情報1-4~n-4を送信する。また各通信地点には光ビームからハーフミラー1-2~n-2によって変調されたビームの一部を取り出し、検光子、λ/4板、光検波器などからなる光復調機1-6~n-6によって各通信地点からの情報を得るようにしたものである。すなわち光変調器によって、単一搬送波の位相に各地点の情報が位相情報として含まれる光通信の変調特性を利用したものである。

この発明は集団同時通信を可能とするほか、光通信装置の要部をなす光源が少ないこと、多数通信地の通信にかかわらず通信回線が2ループでよいことなどの効果もある。(岸原)

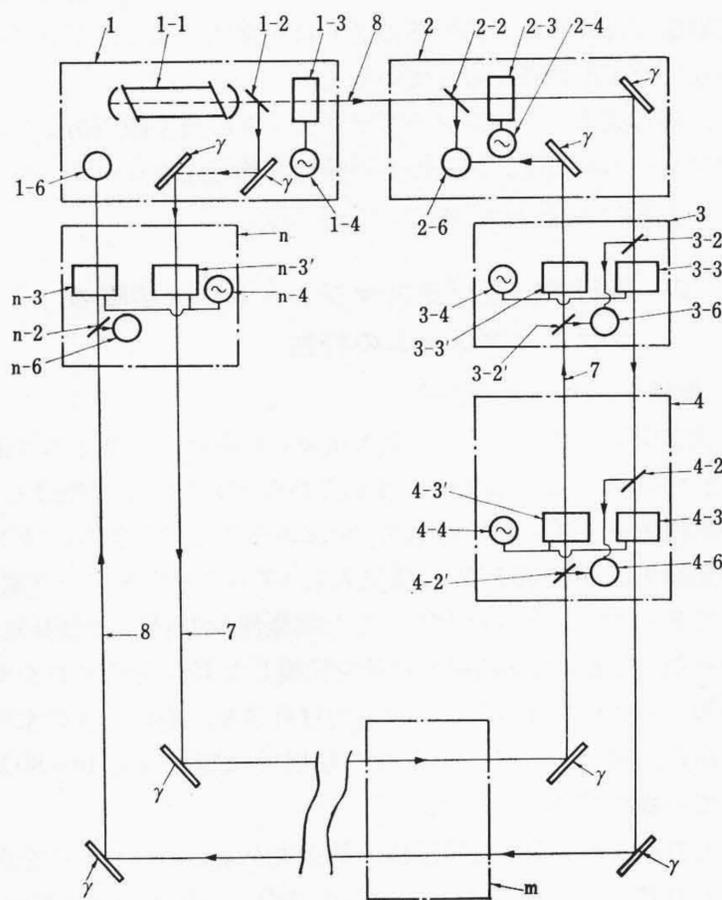


図 1