

造船工場の省エネルギー方策の研究開発 共同研究報告

(日本海事協会共同研究支援事業)

2010年11月30日

CAJS 社団法人日本中小型造船工業会

1. 研究開発の背景
2. 研究体制
3. 研究課題及び目標の決定（各社アンケートのデータを基に検討）
4. 省エネルギーレーザーNC切断機のソフトウェア開発
5. 省エネルギープラズマ切断機開発
6. 省エネルギーの観点からの最適溶接実験
7. 省エネの観点による最適溶接施工実験結果の効果推定
8. 総括

1. 研究開発の背景

研究開発の背景

- 2008年5月 省エネルギー法改正
エネルギーの年間使用量(原油換算値)が合計して1500kl以上の企業
→ 特定事業者の指定を受けることになる。
- 中小造船所は、今後PSPCに対処するための塗装研掃兼用工場が新設された折りには、エネルギー使用量が増加
→ 中小造船所も特定事業者指定されることが予想される。
- 企業からのCO₂排出量を抑制することが社会的に求められている。



造船工場のエネルギー使用量を低減することを目的として、
造船所内での使用電力量に着目し、

“溶接作業の省エネルギー化”

“レーザーNC切断機の省エネルギー化”

“プラズマNC切断機の省エネルギー化”

に取り組むこととした。

2. 研究体制

ClassNK R & D PROJECT

【研究体制】

本研究開発は、(株) ジャパン テクノメイト、小池酸素工業(株)、日酸TANAKA(株)、(社)日本中小型造船工業会、日本海事協会との共同研究体制により研究を行うとともに、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームにより同協会の研究支援を受けて実施しております。

3. 研究課題及び目標の決定 (各社アンケートのデータを基に検討)

(1) 使用電力量調査

使用電力量調査

調査の目的

造船工場の省エネルギー化を図るため現状の使用電力量を調査し、省エネルギー研究項目を決定する。

調査対象社数：53社（当会会員会社）

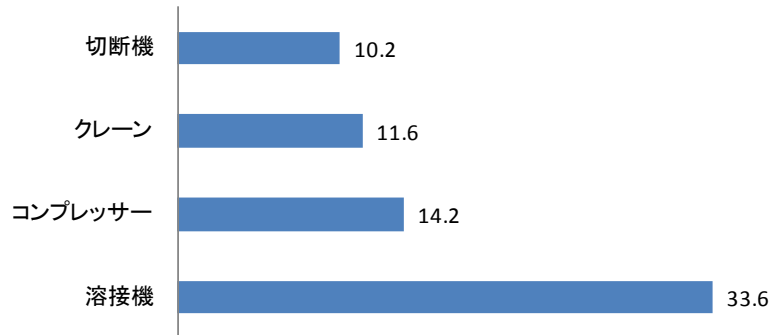
回答社数：26社

回答比率：49%

使用電力量調査結果

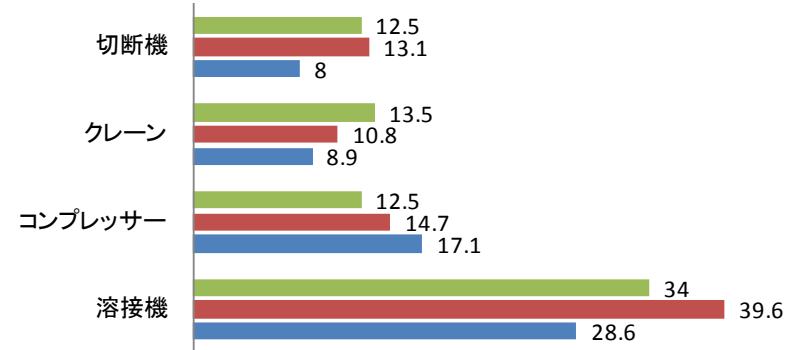
主な電力使用量(全体平均)

■ 全体平均(%)



主な電力使用量(クラス別)

■ Cクラス(%) ■ Bクラス(%) ■ Aクラス(%)



決定事項

溶接: 全体平均33.6%

- Aクラス:28.6% Bクラス:39.6% Cクラス:34%
使用電力量に占める割合が一番高い→溶接実験により省エネルギー化の研究テーマとして取り上げる。

コンプレッサー: 全体平均14.2%

- Aクラス:17.1% Bクラス:10.8% Cクラス:13.5%
使用電力量に占める割合が高いがメーカーが省エネルギー装置開発済みのため造船所個別対応とした。

クレーン: 全体平均11.6%

- Aクラス:8.9% Bクラス:14.7% Cクラス:12.5%
使用電力量に占める割合が高いが各社の設備の問題であり、本PJの対象外とした。

切断機: 全体平均10.2%

- Aクラス:8% Bクラス:13.1% Cクラス:12.5%
→プラズマ、レーザ切断機の省エネルギー装置開発の研究テーマとして取り上げる。

(2) 溶接機台数等調査

溶接機台数等調査

調査の目的

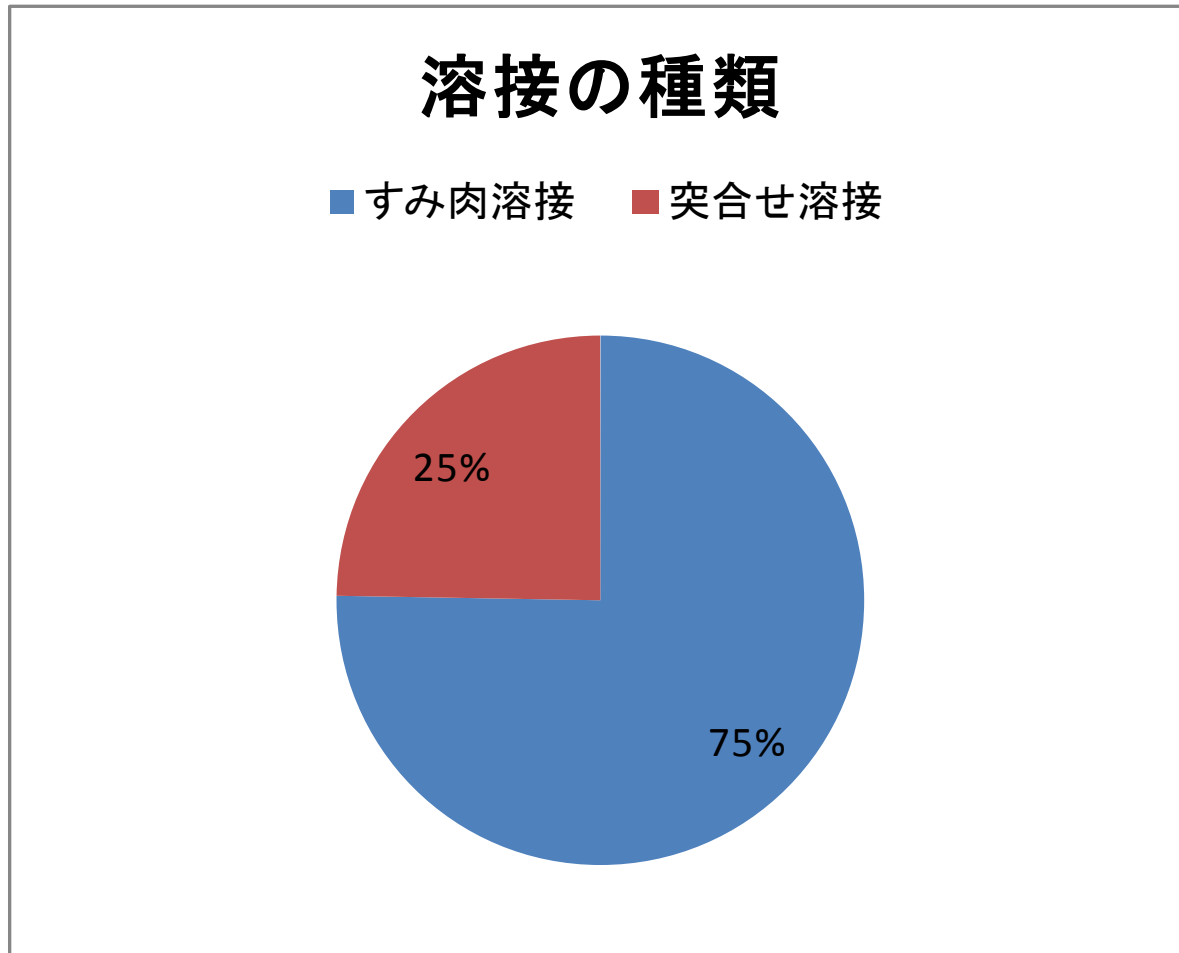
省エネルギーの観点からの最適溶接実験計画を作成するため、溶接機台数、すみ肉溶接脚長、突合せ溶接機種等の現状調査を行い、省エネルギーの観点からの最適溶接実験条件を作成する。

調査対象社数：29社（当会技術委員会）

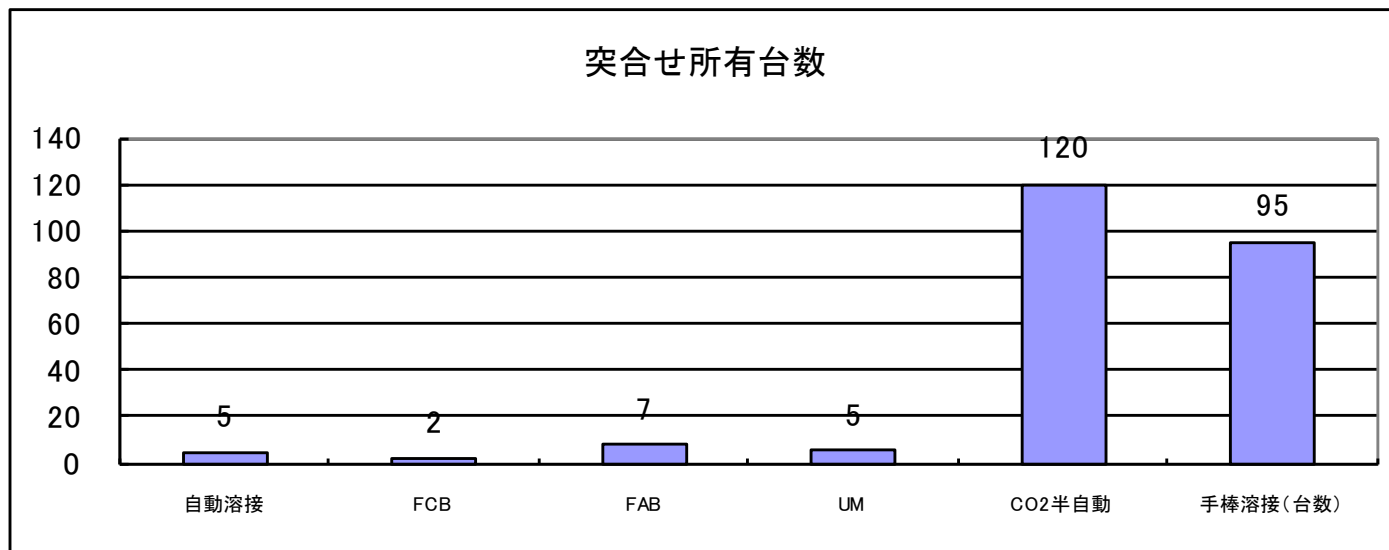
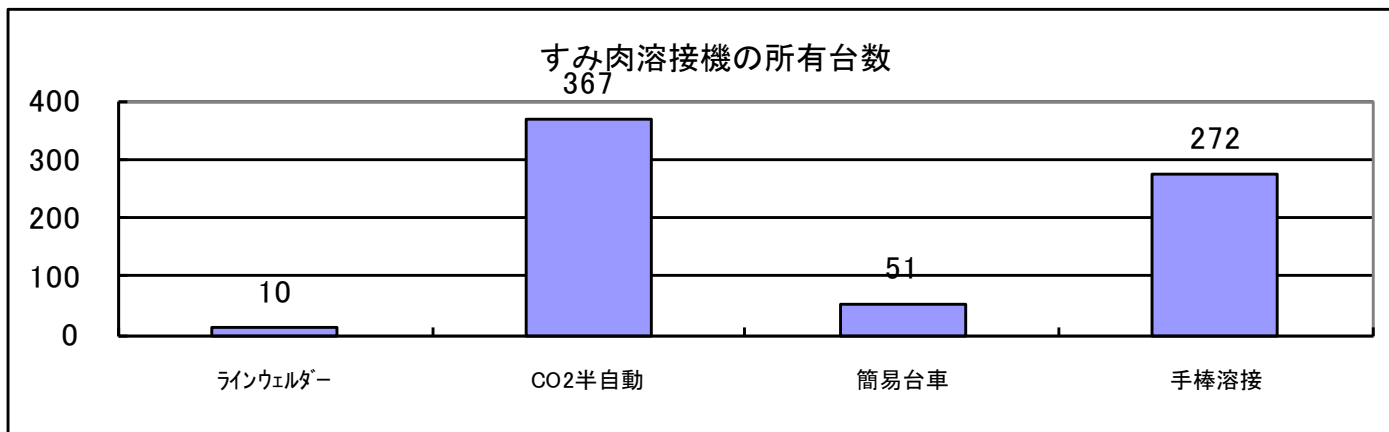
回答社数：21社

回答比率：72.4%

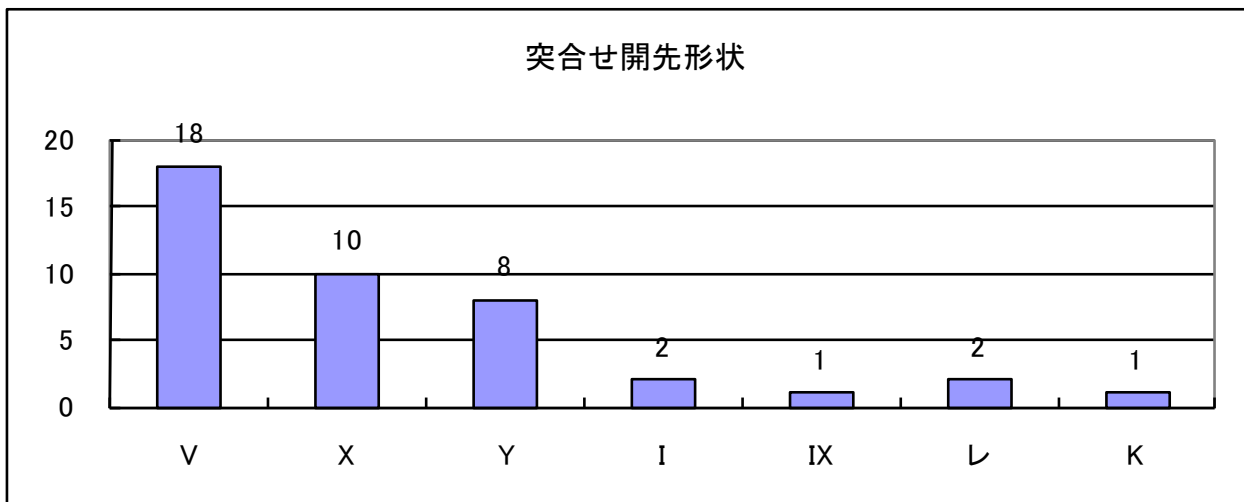
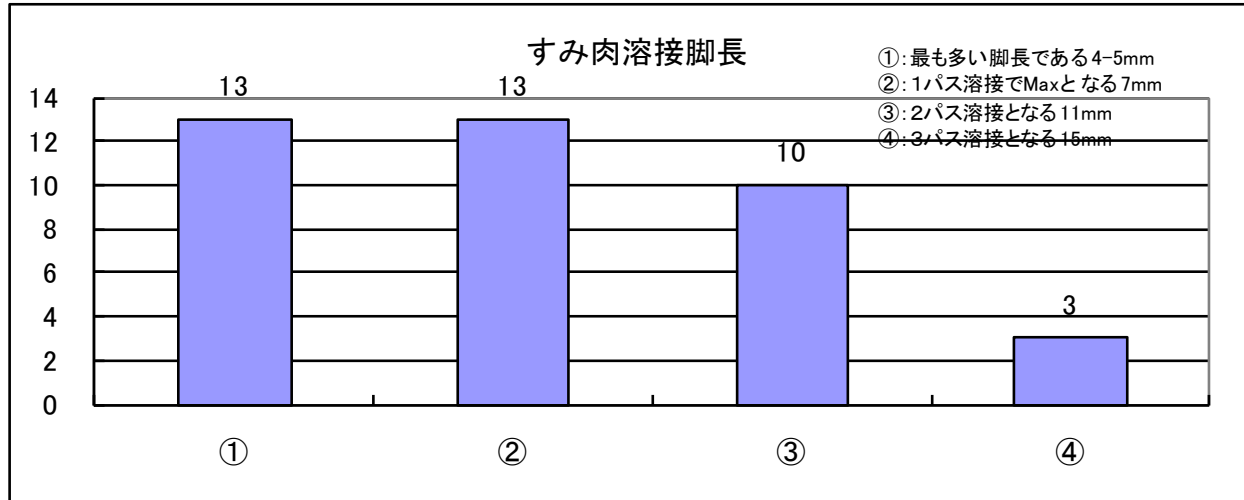
溶接機所有台数等調査結果(1)



溶接機所有台数等調査結果(2)



溶接機所有台数等調査結果(3)



決定事項

すみ肉溶接

- 脚長：1パス：5mm, 7mm
2パス：8mm, 9mm, 10mm
- 使用溶接機：簡易台車

突合せ溶接

- 使用溶接機：CO₂半自動、FAB、UM
- 開先：CO₂半自動 & FAB : V、 UM : I

(3) NC台数等調査

NC台数等調査

調査の目的

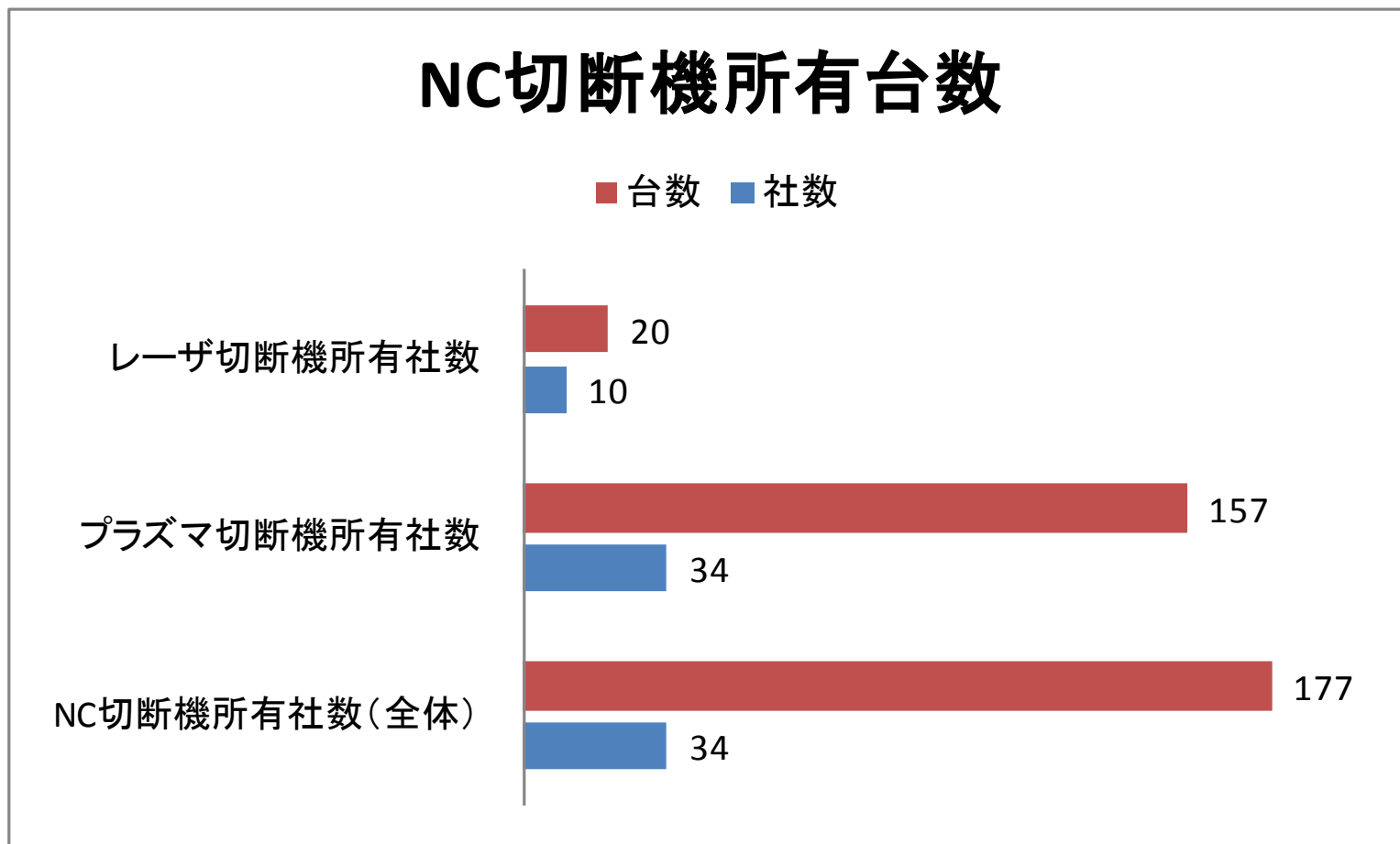
プラズマNC切断機及びレーザNC切断機の省エネルギー効果を試算するため現状調査を行う。

調査対象社数：49社（当会会員会社）

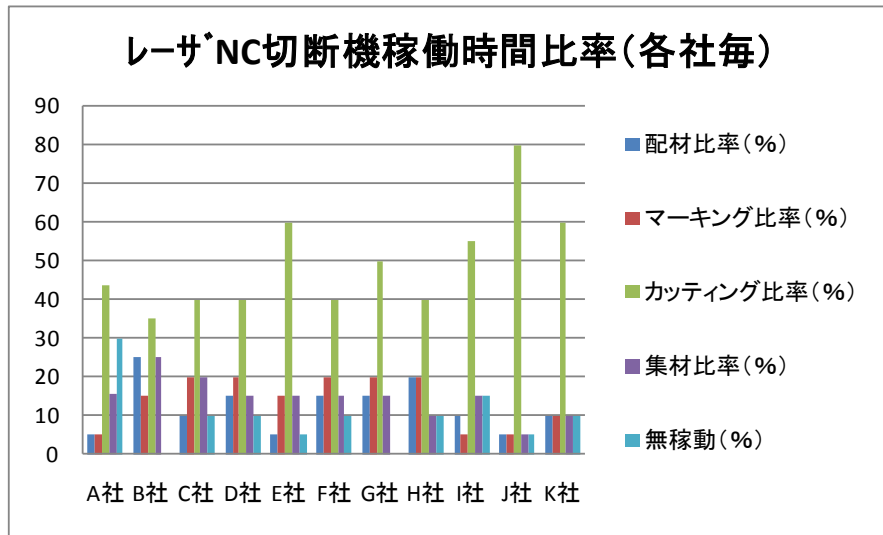
回答社数：35社

回答比率：71.4%

NC台数等調査結果(1)



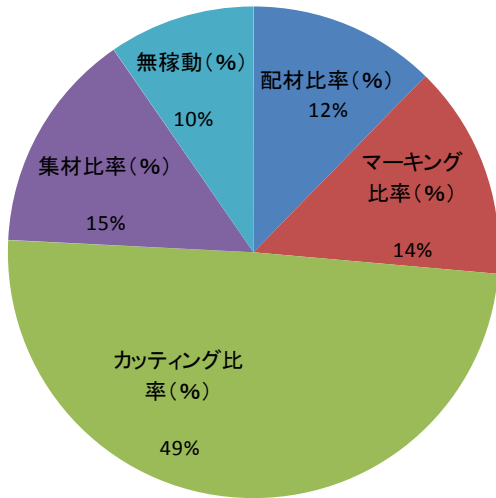
NC台数等調査結果(2)



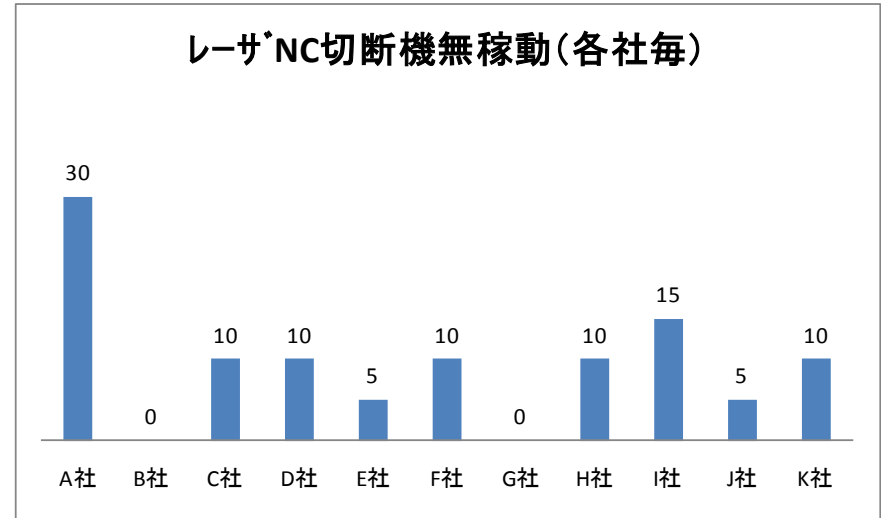
	配材比率 (%)	マーキング比率 (%)	カッティング比率 (%)	集材比率 (%)	無稼働 (%)
A社	5.25	5.25	43.8	15.7	30
B社	25	15	35	25	0
C社	10	20	40	20	10
D社	15	20	40	15	10
E社	5	15	60	15	5
F社	15	20	40	15	10
G社	15	20	50	15	0
H社	20	20	40	10	10
I社	10	5	55	15	15
J社	5	5	80	5	5
K社	10	10	60	10	10

NC台数等調査結果(3)

レーザNC切断機稼働時間比率(平均)



レーザNC切断機無稼働(各社毎)



各社のマーキング、配材、集材、無稼働時間比率データを基にレーザNC切断機の省エネルギー効果を試算することにした。

4. 省エネルギーレーザーNC切断機のソフトウェア開発

レーザNC切断機の省エネルギー化のポイント

- レーザNC切断機は、造船部材を切断するツールとして、造船工場への導入が年々増加してきている。
- レーザNC切断機にはレーザ光を発生するレーザ発振器が搭載されているが、切断作業以外の作業（例えばマーキング、配材、集材、無稼働作業）時間でもレーザ発振器は切断できる状態（レーザ発振器の高圧がONの状態）となっている。



本開発はこの時間に着目し、

“切断時以外のレーザ発振器の消費電力削減”

を省エネルギー化のポイントとした。

開発内容

- 開発内容

レーザ切断機の切断以外のレーザ発振器の消費電力を削減するため

“以下の工程時間にレーザ発振器の高圧OFFとする機能”

を開発した。

①マーキング・印字 ②切断材料の配集材 ③無稼働

- 開発した機能

1) NCプログラム指令によるレーザ発振器の高圧ON/OFF

◎ NC指令コード 補助機能(Mコード)

2) NCプログラムを変更しないでレーザ発振器の高圧をON/OFF

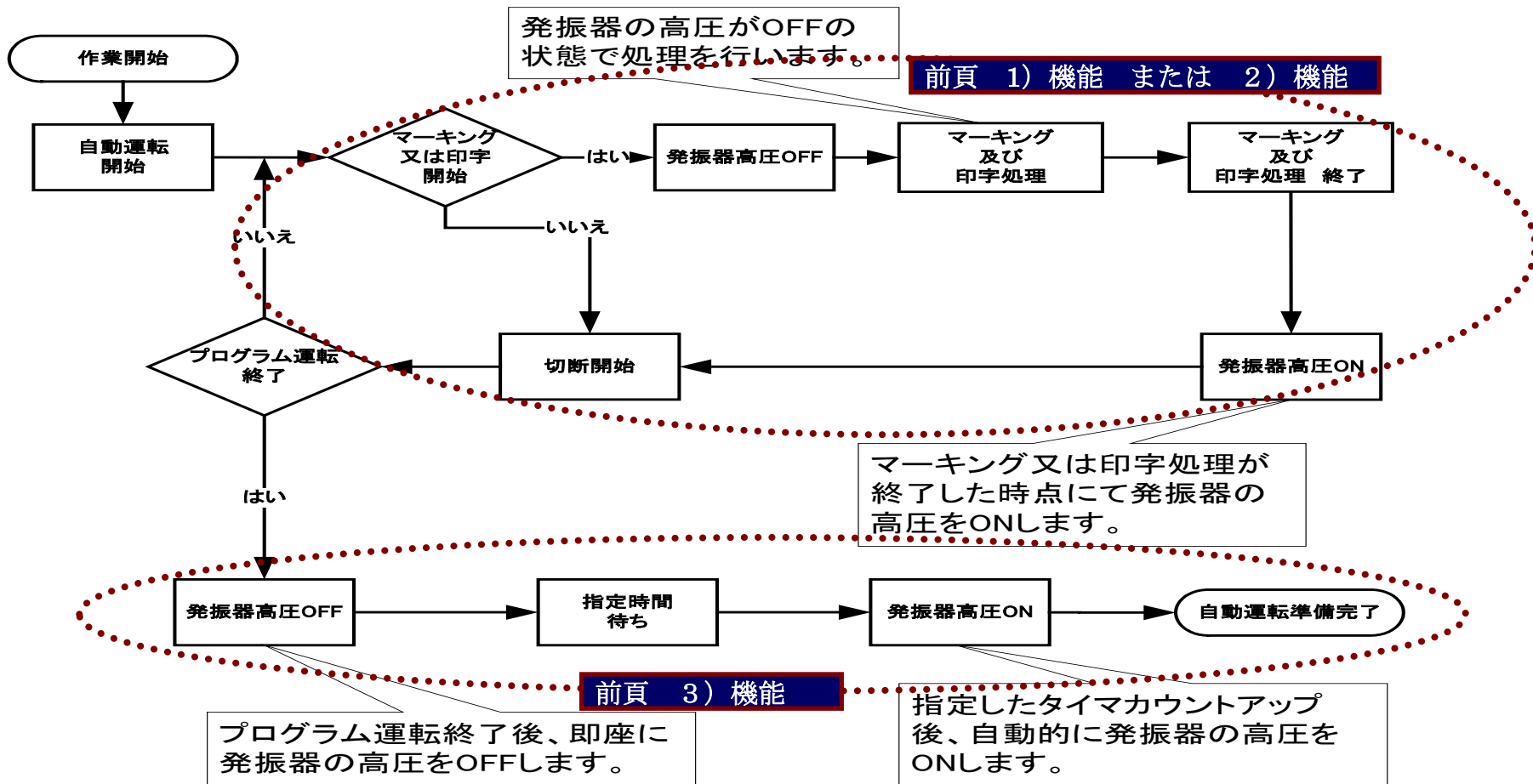
◎ NC制御ソフトウェア(既存のNC指令コードに1)コード抱合)

3) NCプログラム運転終了時にレーザ発振器の高圧を自動的にOFF、設定した時間経過後に高圧をONする

◎ NC制御ソフトウェア

◎ 時間設定タイマー

機能動作フロー



タイマー外観

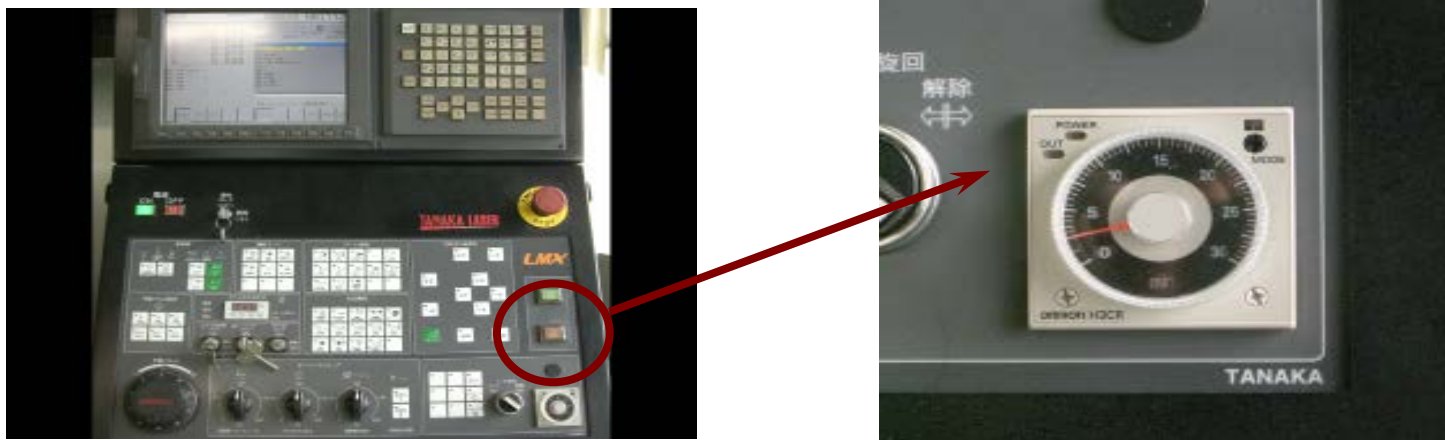


図 タイマーの外観

機能 : 本機能でレーザー発振器の高圧OFFから高圧ONまでの時間設定を行う

時間設定 : 0.05秒から300時間までの任意の時間に設定可能

機能動作確認 結果(1)

● 実験用機器

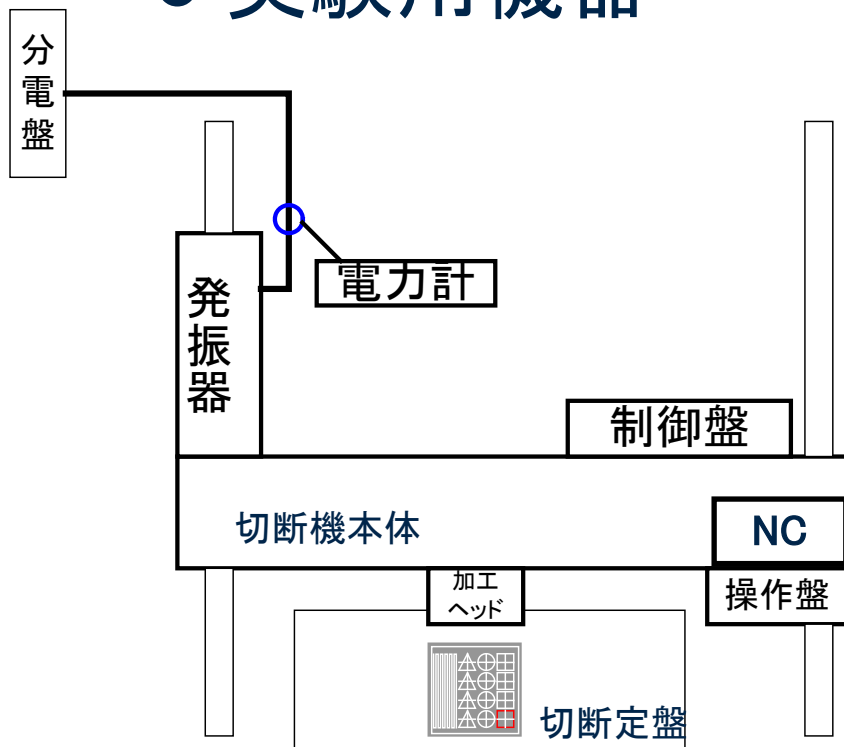


図 実験装置外略図



NCLレーザー切断機 : LMXVII Z25-TF6000
(レーザー出力 6kW 日酸TANAKA

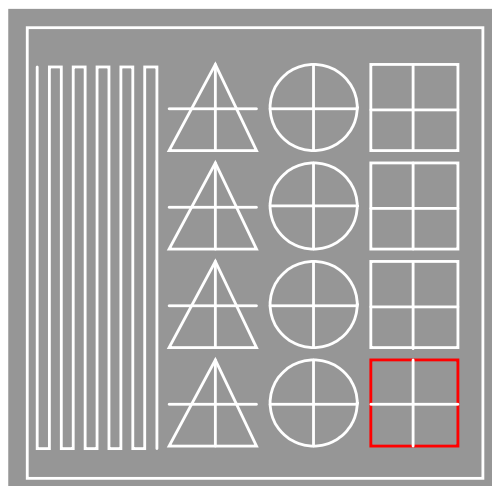
製)

電力計 : AKW5112(パナソニック)
クランプ装置 : AKW4803C(パナソニック)

機能動作確認 結果(2)

- 実験内容

開発機能有効/無効の切断、マーキングNCプログラムを作成し、両プログラムでレーザNC切断機を稼働させて、使用した電力量を測定し、比較。



白線: マーキング
赤線: 切断

マーキング時間: 1時間
切断時間: 38秒

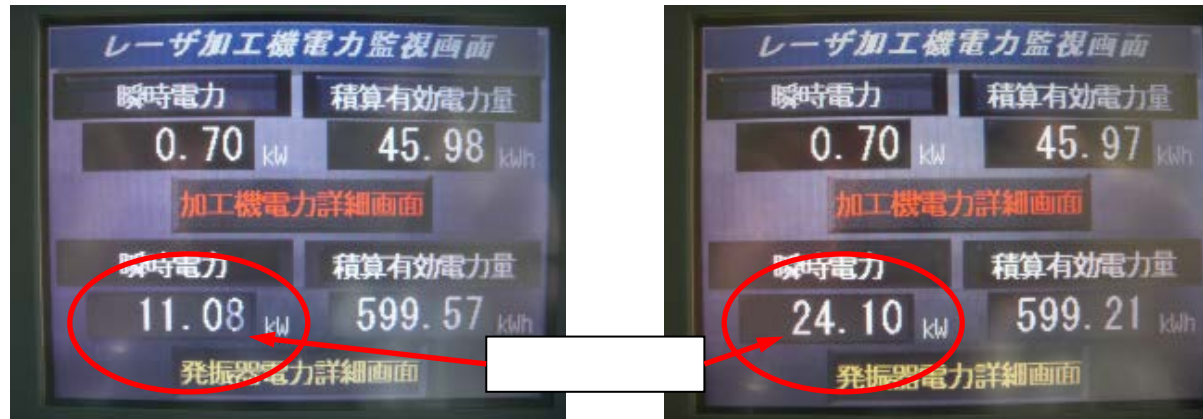
NCプログラム

<p>O0001(TEST PRG. 機能有効) G91 G92X0Y0 G00X20.Y20. M58(発振器高压 OFF) ← 機能の指令 M11 (マーキング開始) M09 G01Y450. G01X450. G01Y-450. G01X-450. M10 G00X70.Y30. : 省略 (マーキングプログラム) : : G01X390. M10 M59(発振器高压 ON) ← 機能の指令 M12 (マーキング終了) G00X-390.Y-405.5 G100S4T9 (切断開始) G01Y3. : 省略 (切断プログラム) : : G01X-80. G101 (切断終了) ← 機能の指令 M57(発振器高压 OFF ONタイマー起動) M30</p>	<p>O0001(TEST PRG. 機能無効) G91 G92X0Y0 G00X20.Y20. M11 (マーキング開始) M09 G01Y450. G01X450. G01Y-450. G01X-450. M10 G00X70.Y30. : 省略 (マーキングプログラム) : : G01X390. M10 M12 (マーキング終了) G00X-390.Y-405.5 G100S4T9 (切断開始) G01Y3. : 省略 (切断プログラム) : : G01X-80. G101 (切断終了) M30</p>
---	---

機能動作確認 結果(3)

● 実験結果

	レーザ発振器消費電力 [kW]	積算消費電力 [kWh]
機能無効時	23.5	23.78
機能有効時	10.7	10.98
削減効果	12.8	12.8



1時間のマーキング作業で12.8kWhの電力削減が行えることが確認できた

レーザー発振器別の電力削減量

表 レーザ発振器の状態別消費電力

発振器種類	4000A 電気シャッター	4000iA 電気シャッター	4000iB 電気シャッター	6000B	6000iA 電気シャッター	6000iB 電気シャッター
最大出力時電力 … ⑦	40.1 k W	40.1 k W	41.1 k W	60.5 k W	56.8 k W	57.8 k W
待機時電力 … ⑧	17.3 k W	17.3 k W	15.9 k W	36.2 k W	24.7 k W	23.0 k W
高圧カット時電力	5.3 k W	5.3 k W	4.6 k W	11.1 k W	8.5 k W	7.4 k W
高圧カットによる 電力削減量 … ⑨	12 k W	12 k W	11.3 k W	25.1 k W	16.2 k W	15.6 k W

効果の試算(1)

●計算式

削減率【%】＝

$$\begin{aligned} & \{ [\text{稼働時間【h】} \times (\text{配材比率【%】} + \text{マーキング比率【%】} \\ & + \text{カッティング比率【%】} + \text{集材比率【%】} + \text{無稼動時間【%】}) \times \text{高圧カットによる電力削減量【kW】} \} / \{ (\text{稼働時間【h】} \times \text{カッティング比率【%】}) \times \text{最大出力時電力【kW】} + \\ & \text{稼働時間【h】} \times (\text{配材比率【%】} + \text{マーキング比率【%】} + \text{カッティング比率【%】} + \text{集材比率【%】} + \text{無稼動時間【%】}) \\ & \times \text{待機時電力【kW】} \} \times 100 \end{aligned}$$

効果の試算(2)

平均
9社 **21.8%**

造船所名	レーザー 発振機 メーカー/型番	稼働時間 (時間) ... ①	配材比率 (%) ... ②	マーキング 比率 (%) ... ③	カッティング 比率 (%) ... ④	集材比率 (%) ... ⑤	無稼働 (%) ... ⑥	電力削減 効果試算 ¹⁾	効果備考
A造船所	トルンプ/TFL-6000	8	5.25	5.25	43.8	15.7	30	0.0%	発振器データなし
B造船所	日酸TANAKA/LMX-II 50	18	25	15	35	25	0	36.5%	6000B
C造船所	FANUC/TF4000	24	10	20	40	20	10	27.3%	4000A
D造船所	TRUMP/TLF6000t	15	15	20	40	15	10	0.0%	発振器データなし
E造船所	FANUC/C6000i-B	15	5	15	60	15	5	14.2%	6000iB
F造船所	日酸TANAKA/C6000i-A	16	15	20	40	15	10	25.9%	6000iA
G造船所	日酸TANAKA/LMXVII35- TF4000E	10	15	20	50	15	0	20.9%	4000A
H造船所	日酸TANAKA/FLC6000A	11	20	20	40	10	10	32.8%	6000B
I造船所	FANUC/C6000i-MODEL A	24	10	5	55	15	15	17.2%	6000iA
J造船所 A事業所	日酸TANAKA/LMXII- TF6000(2) 日酸TANAKA/LMXVII- TF6000(2)	24	5	5	80	5	5	6.4%	6000iA
J造船所 B事業所	日酸TANAKA/LMXII 50- TF6000A 日酸TANAKA/LMXVII35- TF6000E	24	10	10	60	10	10	14.7%	6000iA

- エネルギー使用量を低減することを目的に、造船工場で使用されているNCLレーザ切断機の省エネルギー化として、切断時以外のレーザ発振器の消費電力削減を行う機能の開発を実施し下記結果が得られた。
 - ① マーキングや切断材料の集配材などの切断以外の時間で、レーザ発振器の消費電力を削減するNCLレーザ切断機の機能が完成した。
 - ② 開発した機能を使用して簡易的な効果確認の実験を行い、レーザ発振器の消費電力削減効果があることを確認した。
 - ③ 各造船所殿でのレーザ切断機運用状況に、開発した機能を適用した場合の消費電力削減量の試算を行い、平均**21.8%**(9社平均)のレーザ発振器の消費電力削減効果が得られる試算結果が得られた。

今後の課題

- 本機能を有効としてレーザー発振器の高圧をONする場合、高圧ONの指令からレーザー発振器が切断を行える状態になるまで切断が行えない時間(最大2分間)が発生する。
本課題については、NCプログラムのマーキング終了時間他のレーザー発振器の高圧OFF状態の終了時間の2分以上前のブロックに発振器高圧ON(M59)を指令する事で対応が可能と考える。下記にNCプログラム参考例を記す。

```

:
M09
G01Y100.
M10
G00X10.
:
M09
G01Y-100.
M10
G00X10.
M09
G01Y100.
M10
M59(OSC HV ON)
M12
G00X500.
G100S1T9
G01Y100.
:

```

切断開始直前に指令

切断開始時は、発振器の高圧はONになっていないので、ONになるまで停止時間有り

```

:
M09
G01Y100.
M10
M59(OSC HV ON)
G00X10.
:
M09
G01Y-100.
M10
G00X10.
M09
G01Y100.
M10
M12
G00X500.
G100S1T9
G01Y100.
:

```

マーキングが終了する2分前に発振器高圧ON(M59)を指令する

切断開始時は、発振器の高圧はONになっており、停止時間無し

5. 省エネルギープラズマNC切断機の開発

プラズマNC切断機の省エネルギー化のポイント

- プラズマNC切断機能力は、造船工場の生産能力と直結している。
- 従って、省エネルギー化を図る目的で切断速度を遅くすることはできない。



本開発は、ノズル径を現行より小さくし電流密度を高め切断能力を上げることにより、現行切断速度を維持し、

“切断電流を約15%削減”

を省エネルギー化のポイントとした。

目標・効果

- 開発目標 → **現行の切断速度を維持し、切断電流15%削減**
 - ・現行切断電流260A → **220A(約15.4%削減)**
 - ・現行切断電流400A → **340A(約15.0%削減)**

- 期待される開発効果
 - ① **プラズマ切断時の電力量を15%削減**
 - ② **切断電流低減により、消耗品寿命向上**
 - ③ **切幅が小さくなり、粉塵量削減**

開発内容

- 電極及びノズル等
切断電流を低減させても、切断能力を低下させないように、
プラズマアークを絞る。 → **電流密度を維持する。**

プラズマシステム	切断電流 (A)	ノズル径 (mm)	電流密度 (A/mm ²)	センタリングストーン
現行プラズマ	260A	2.3	62.7	φ0.8×24孔
	400A	2.9	60.6	
省エネルギープラズマ	220A	2.1	63.6	φ0.8×12孔
	340A	2.6	64.1	

開発内容













- プラズマトーチ
プラズマアークをより絞る消耗品を装着可能なプラズマトーチ。








- ガス制御装置
プラズマガスを最適に制御し、アークの絞りを向上。



➤ ジンク材12mm













板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径	電流密度	切断速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切り幅
			電流値						
12mm ジンク材	-30°	SUPER-400 PLUS	φ2.3 260A	62.6 A/mm ²	2464 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面粗さ:下面荒れ(小) 上縁:上バリ付着(多)		上切幅:6.21mm 下切幅:2.09mm
	0°				3604 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:下面荒れ(小) 上縁:丸み有り		上切幅:5.16mm 下切幅:1.62mm
	45°				2278 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:良好 上縁:良好		上切幅:7.35mm 下切幅:2.67mm
板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径	電流密度	切断速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切り幅
12mm ジンク材	-30°	省エネルギー プラズマ	φ2.3 220A	53.0 A/mm ²	2464 mm/min		スラグ付着:粒状(剥離可能) ドラグライン:遅れ(大) 面粗さ:下面荒れ(大) 上縁:上バリ付着		上切幅:5.90mm 下切幅:1.86mm
	0°				3604 mm/min		スラグ付着:粒状(剥離可能) ドラグライン:遅れ(大) 面質:下面荒れ(小) 上縁:丸み有り		上切幅:4.82mm 下切幅:1.32mm
	45°				2278 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:下面荒れ(小) 上縁:エグレ気味 酸化膜はがれにくい		上切幅:6.82mm 下切幅:2.26mm

開発効果

板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径 電流値	電流密度	切断 速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切り幅
12mm ジंक材	-30°	省エネルギー プラズマ	φ2.1 220A	63.6 A/mm ²	2464 mm/min		スラグ付着:粒状(剥離可能) ドラグライン:遅れ(中) 面質:下面荒れ(大) 上縁:少量の熔融金属付着		上切幅:5.82mm 下切幅:1.63mm
	0°				3604 mm/min		スラグ付着:粒状(剥離可能) ドラグライン:遅れ(小) 面質:下面荒れ(中) 上縁:丸み有り		上切幅:4.81mm 下切幅:1.26mm
	45°				2278 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(大) 面質:良好 上縁:エグレ気味		上切幅:6.43mm 下切幅:2.08mm

板厚12mm				
開先角度	切断条件	スラグ付着	切断面粗さ	ドラグライン
0°	通常(φ2.3 260A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.3 220A)	○	○	×
	省エネ(φ2.1 220A)	○	○	○
45°	通常(φ2.3 260A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.3 220A)	◎	△	○
	省エネ(φ2.1 220A)	◎	○	×
-30°	通常(φ2.3 260A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.3 220A)	○	×	×
	省エネ(φ2.1 220A)	○	×	△

➤ ジンク材16mm




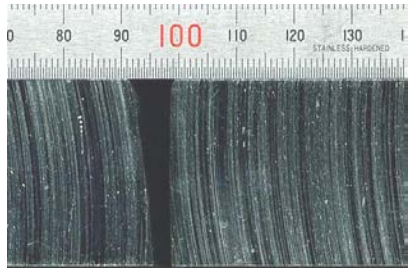

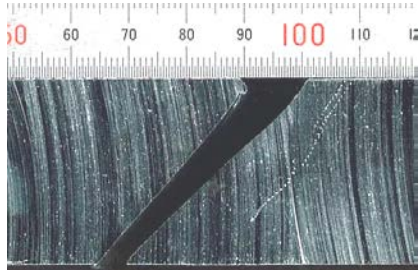
板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径	電流密度	切断速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切幅
			電流値						
16mm ジンク材	-30°	SUPER-400 PLUS	φ2.9 400A	60.6 A/mm ²	2167 mm/min		スラグ付着:粒状少量(剥離可能) ドラグライン:遅れ(中) 面質:下面荒れ(中) 上縁:熔融金属少量付着(剥離困難)		上切幅:7.49mm 下切幅:3.60mm
	0°				3103 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:下面荒れ(小) 上縁:丸み有り		上切幅:6.54mm 下切幅:2.24mm
	45°				1987 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:良好 上縁:良好		上切幅:8.40mm 下切幅:3.70mm
板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径	電流密度	切断速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切幅
16mm ジンク材	-30°	省エネルギー プラズマ	φ2.9 340A	51.5 A/mm ²	2167 mm/min		スラグ付着:粒状多目(剥離可能) ドラグライン:遅れ(大) 面質:下面荒れ(中) 上縁:一部熔融金属付着(剥離困難)		上切幅:7.40mm 下切幅:2.70mm
	0°				3103 mm/min		スラグ付着:粒状(剥離可能) ドラグライン:遅れ(中) 面質:下面荒れ(中) 上縁:丸み有り		上切幅:5.98mm 下切幅:1.42mm
	45°				1987 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:下面荒れ(大) 上縁:エグレ		上切幅:7.96mm 下切幅:2.67mm

開発効果


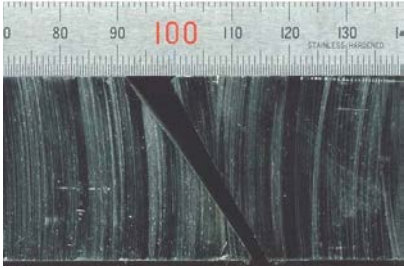

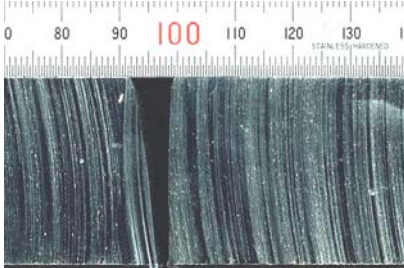

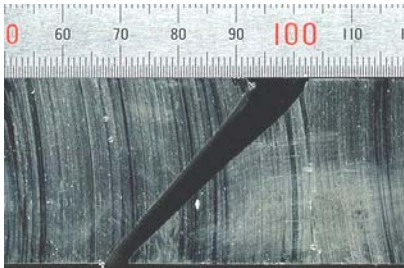
板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径	電流密度	切断速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切幅
			電流値						
16mm ジंक材	-30°	省エネルギー プラズマ	φ2.6 340A	64.1 A/mm ²	2167 mm/min		スラグ付着：粒状(剥離可能) ドラグライン：遅れ(大) 面質：下面荒れ(大) 上縁：硬い溶融金属付着(剥離困難)		上切幅：7.25mm 下切幅：2.85mm
	0°				3103 mm/min		スラグ付着：粒状(剥離可能) ドラグライン：遅れ(中) 面質：下面荒れ(大) 上縁：良好		上切幅：5.76mm 下切幅：2.37mm
	45°				1987 mm/min		スラグ付着：フリー ドラグライン：遅れ(小) 面質：下面荒れ(中) 上縁：エグレ気味		上切幅：7.97mm 下切幅：3.16mm

板厚16mm				
開先角度	切断条件	スラグ付着	切断面粗さ	ドラグライン
0°	通常(φ2.9 400A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.9 340A)	○	△	△
	省エネ(φ2.6 340A)	○	△	△
45°	通常(φ2.9 400A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.9 340A)	◎	×	○
	省エネ(φ2.6 340A)	◎	△	○
-30°	通常(φ2.9 400A)	○	○	○
	省エネ(φ2.9 340A)	○	△	△
	省エネ(φ2.6 340A)	○	△	△


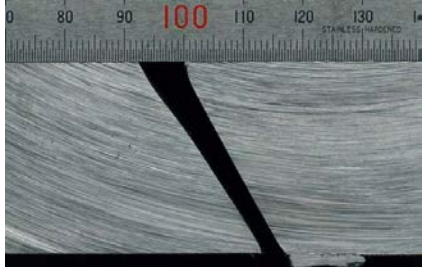
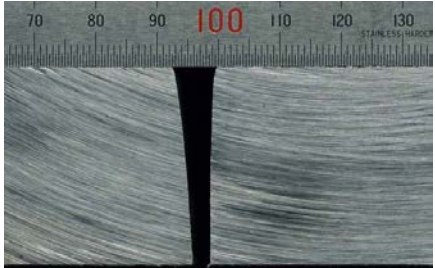


➤ ジンク材32mm

板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径 電流値	電流密度	切断 速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切幅
32mm ジンク材	-30°	SUPER-400 PLUS	φ2.9 400A	60.6 A/mm ²	1021 mm/min		スラグ付着:フリー ※消耗度合いによっては 付着 ドラグライン:遅れ(小) 面質:下面荒れ(小) 上縁:一部に硬い熔融金属 付着(剥離可能)		上切幅: 7.88mm 下切幅: 3.74mm
	0°				1413 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(中) 面質:下面荒れ(小) 上縁:良好		上切幅: 7.39mm 下切幅: 3.16mm
	45°				759 mm/min		スラグ付着:フリー ドラグライン:遅れ(小) 面質:良好 上縁:エグレ		上切幅: 11.0mm 下切幅: 4.67mm

開発効果

板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径	電流密度	切断速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切幅
			電流値						
32mm ジंक材	-30°	省エネルギー プラズマ	φ 2.9 340A	51.5 A/mm ²	1021 mm/min		スラグ付着: 帯状(剥離困難) ドラグライン: 遅れ(大) 面質: 下面荒れ(中) 上縁: 一部に硬い溶融金属 付着(剥離可能)		上切幅: 7.22mm 下切幅: 2.65mm
	0°				1413 mm/min		スラグ付着: 帯状(剥離 可能) ドラグライン: 遅れ(大) 面質: 下面荒れ(小) 上縁: 良好		上切幅: 7.20mm 下切幅: 2.10mm
	45°				759 mm/min		スラグ付着: フリー ドラグライン: 遅れ(大) 面質: 下面荒れ(小) 上縁: エグレ		上切幅: 10.4mm 下切幅: 3.59mm

開発効果

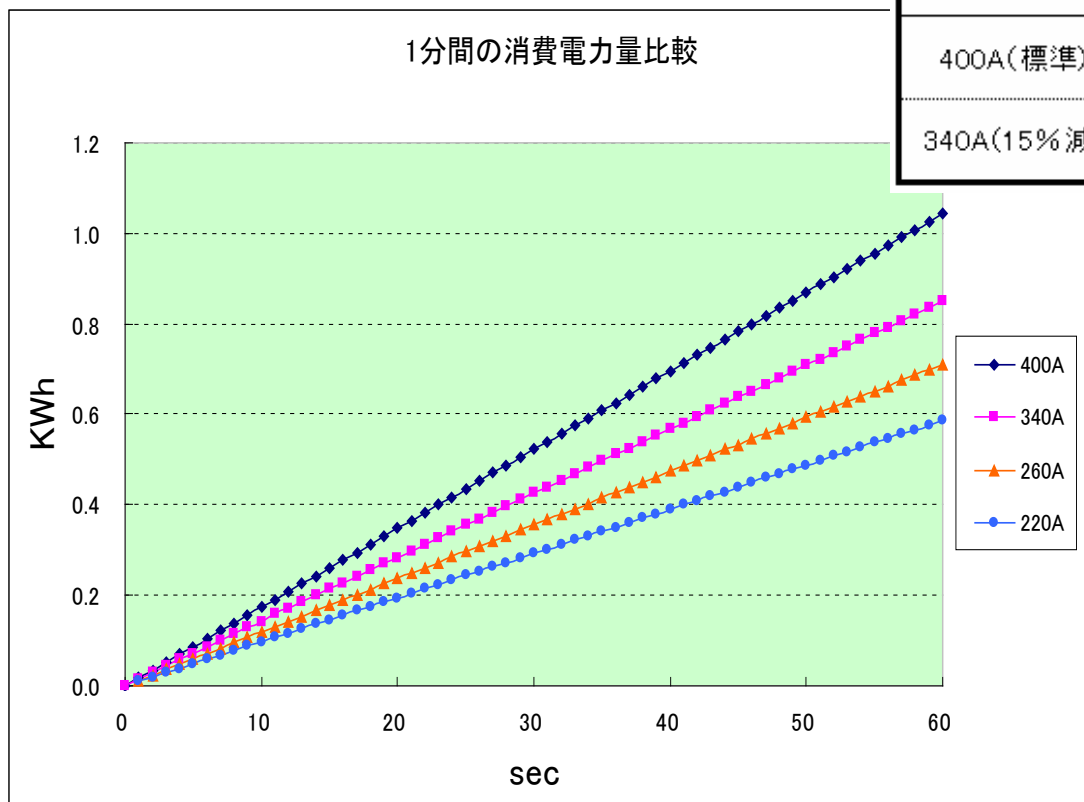
板厚	開先角度	プラズマ	ノズル径 電流値	電流密度	切断 速度	切断面写真	面質評価	切り溝写真	切幅
32mm ジंक材	-30°	省エネルギー プラズマ	新型プラズマ φ2.6 340A	64.1 A/mm ²	1021 mm/min		スラグ付着: 帯状付着 (剥離困難) ドラグライン: 遅れ(小) 面質: 下面荒れ(中) 上縁: 硬い熔融金属付着 (剥離困難)		上切幅: 7.93mm 下切幅: 3.73mm
	0°				1413 mm/min		スラグ付着: 粒状付着 (剥離可能) ドラグライン: 遅れ(大) 面質: 下面荒れ(大) 上縁: 良好		上切幅: 6.54mm 下切幅: 2.79mm
	45°				759 mm/min		スラグ付着: フリー ドラグライン: 遅れ(大) 面質: 下面荒れ(小) 上縁: エグレ		上切幅: 9.82mm 下切幅: 4.16mm

開発効果

板厚32mm				
開先角度	切断条件	スラグ付着	切断面粗さ	ドラグライン
0°	通常(φ2.9 400A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.9 340A)	○	○	△
	省エネ(φ2.6 340A)	○	×	△
45°	通常(φ2.9 400A)	◎	○	○
	省エネ(φ2.9 340A)	◎	△	×
	省エネ(φ2.6 340A)	◎	△	×
-30°	通常(φ2.9 400A)	○	○	○
	省エネ(φ2.9 340A)	×	△	×
	省エネ(φ2.6 340A)	×	△	○

➤ 測定器による消費電力量の実測

設定電流(A)	2次電圧(V) (極間電圧)	1時間の消費電力 (kWh)	電力量減少率(%)
260A(標準)	114.7~115.1	42.66	0(基準)
220A(15%減)	107.6~108.2	34.56	19.0
400A(標準)	111.9~112.4	62.58	0(基準)
340A(15%減)	104.7~105.3	50.94	18.6



➤ 消費電力削減の試算例(前項の実測値ベース)

- ・プラズマ切断機の台数:6台、1日のアーク時間:4.5時間
- ・400Aで切断の割合:46%、260Aで切断の割合:54%
- ・400Aの1時間当りの電力量:62.58kWh、260Aの1時間当りの電力量:42.66kWh
- ・340Aに低減時の電力量減少率:18.6%、220Aに低減時の電力量減少率:19.0%(前ページの表より)

☆現行プラズマ切断機の1日当たりの消費電力量1399.41kWh → ①

$$62.58\text{kWh}(400\text{Aの1時間当りの電力量}) \times 46\%(400\text{Aの割合}) \doteq 28.79\text{kWh}$$

$$42.66\text{kWh}(260\text{Aの1時間当りの電力量}) \times 54\%(260\text{Aの割合}) \doteq 23.04\text{kWh}$$

$$(28.79\text{kWh} + 23.04\text{kWh}) \times 4.5\text{時間}(1\text{日のアーク時間}) \times 6\text{台}(プラズマ切断機) \doteq 1399.41\text{kWh}$$

☆省エネルギープラズマ切断機の1日当たりの消費電力量1136.70kWh → ②

$$28.79\text{kWh} - [(28.79\text{kWh} \times 18.6\%(340\text{A時の減少率})] \doteq 23.44\text{kWh}$$

$$23.04\text{kWh} - [(23.04\text{kWh} \times 19.0\%(220\text{A時の減少率})] \doteq 18.66\text{kWh}$$

$$(23.44\text{kWh} + 18.66\text{kWh}) \times 4.5\text{時間}(1\text{日のアーク時間}) \times 6\text{台}(プラズマ切断機) \doteq 1136.70\text{kWh}$$

☆省エネルギープラズマ切断機の1日当たりの消費電力削減量262.71kWh①-② → ③

☆省エネルギープラズマ切断機の消費電力減少率18.8% ③/①×100

注)上記は試算上の参考値であり、アーク時間以外の消費電力量は含まれない。

開発効果

➤ 電極寿命

切断電流が低減された分、消耗品への負荷も減少。

☆400A → 340A : **16.7%向上**

☆260A → 220A : 今回の試験では向上は見受けられなかった。

➤ 切幅

切断電流の**15%低減**で、切幅の断面積が約**平均13%小さくなった**。

切幅の断面積が小さければ、ヒューム量も少なくなることが期待される。

板厚 12mm	開先角度		
	-30°	0°	45°
標準条件(φ2.3 260A)	49.8mm ²	40.68mm ²	60.12mm ²
省エネ(φ2.3 220A)	46.56mm ²	36.84mm ²	54.48mm ²
省エネ(φ2.1 220A)	44.70mm ²	36.42mm ²	51.06mm ²
板厚 16mm	開先角度		
標準条件(φ2.9 400A)	88.72mm ²	70.24mm ²	96.8mm ²
省エネ(φ2.9 340A)	80.8mm ²	59.2mm ²	85.04mm ²
省エネ(φ2.6 340A)	80.8mm ²	65.04mm ²	89.04mm ²
板厚 32mm	開先角度		
標準条件(φ2.9 400A)	185.92mm ²	168.8mm ²	250.72mm ²
省エネ(φ2.9 340A)	157.92mm ²	148.8mm ²	223.84mm ²
省エネ(φ2.6 340A)	186.56mm ²	149.28mm ²	223.68mm ²

まとめ

1. 現行の切断速度を維持し、切断電流を低減させる為の電極及びノズル等、プラズマトーチ、ガス制御装置を開発し、その可能性を見いだした。
2. 上記の切断にて、実際に電力量の測定を行い、プラズマ切断機の消費電力量の**15%**削減が確認された。
3. 造船工場のプラズマ切断機の稼働状況と、本開発の省エネルギーNCプラズマ切断機を適用した場合のシミュレーションを行い、切断電流の低減に見合った消費電力量削減効果が得られる結果となった。

今後の課題

1. 各造船工場により、切断速度重視、切断品質重視等の様々な切断諸元が用いられているのが現状で、各造船工場のニーズに合わせて切断諸元を作成する必要がある。
2. 各造船工場の要求切断品質によって、切断電流の低減量、或いは切断速度の調整が必要となる可能性がある。
3. 切断電流を低減したことにより、絶対的なエネルギーも低減しているので、32mm以上の板厚への適応は困難であると思われる。
4. 採用コストについては、開発計画案の価格を目標とするが、特にランニングコストである電極及びノズル等は、その生産数量に大きく影響される。しかしながら、本開発の普及に密接に関係するので、現行と同価格を目標に、今後も検討していく。

6. 省エネルギーの観点からの最適溶接実験

実験の目的

- CO₂溶接機(UM、FAB含む)による溶接作業の使用電力量を低減するための実験、解析を行い、省エネルギー効果を試算する。
- 溶接品質は、NKの溶接品質に関する基準を満足させる。



上記実験によりCO₂すみ肉溶接及び突合せ溶接の電力がミニマムになるような溶接速度・電流値を特定し、省エネルギー効果を試算する。

溶接実験条件

すみ肉溶接実験条件

	すみ肉溶接				
	脚長5mm	脚長7mm	脚長8mm	脚長9mm	脚長10mm
	CO2(1パス)	CO2(1パス)	CO2(2パス)	CO2(2パス)	CO2(2パス)
姿勢	下向				
溶材	SF-1、1.2φ(日鐵溶接工業)、DW-100、1.4φ(神戸製鋼所)				
ワイヤ径	1.2、1.4φ	1.2、1.4φ	1.2、1.4φ	1.2、1.4φ	1.2、1.4φ
電流、電圧、速度	4条件	4条件	4条件	4条件	4条件
ワイヤ突出長	25mm	25mm	25mm	25mm	25mm
繰返し	3	3	3	3	3
試験体数合計	24体	24体	24体	24体	24体

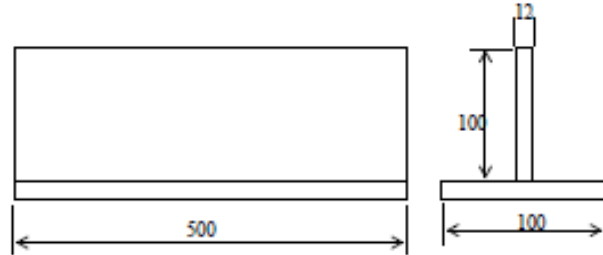
溶接実験条件

突合せ溶接実験条件

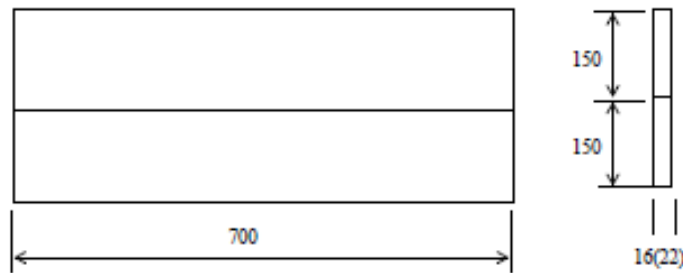
	突合せ溶接			
	CO2	UM(SAW)	FAB(SAW)	CO2
姿勢	下向 (多パス)	下向 (両面1パス)	下向 (1パス)	下向 (多パス)
開先	V 裏当金	I(両面)	V	V 裏当金
板厚	16mm	16mm	16mm	22mm
電極数	1	1	1	1
溶材 ワイヤ(xフラックス)	1種類	1種類	1種類	1種類
ワイヤ径	1.2、1.4φ	4.8φ	4.8φ	1.2、1.4φ
電流、電圧、速度	4条件	4条件	4条件	4条件
ワイヤ突出長	25mm	25mm	25mm	25mm
繰返し	3	3	3	3
試験体数合計	24体	12体	12体	24体

溶接試験条件(すみ肉溶接、突合せ溶接)

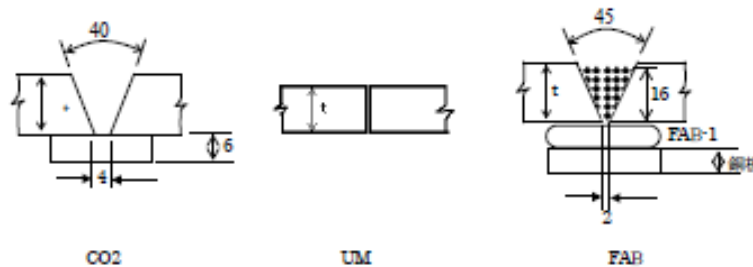
試験体及び開先形状



すみ肉溶接
試験片形状



突合せ溶接
試験片形状

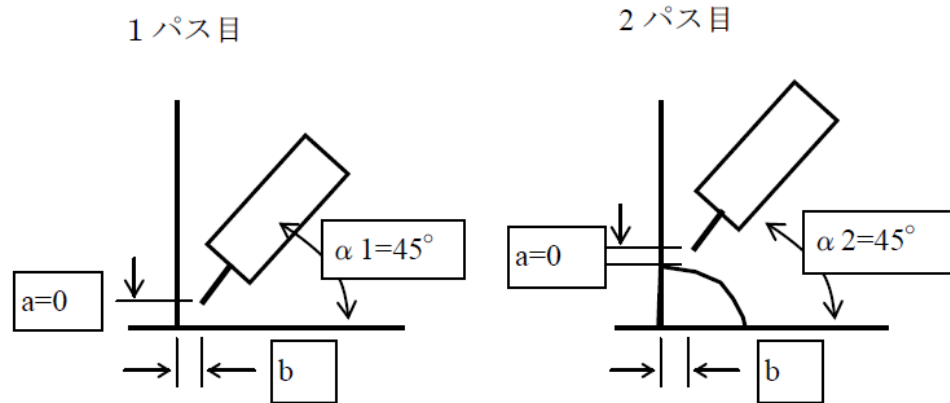


開先形状

溶接実験条件

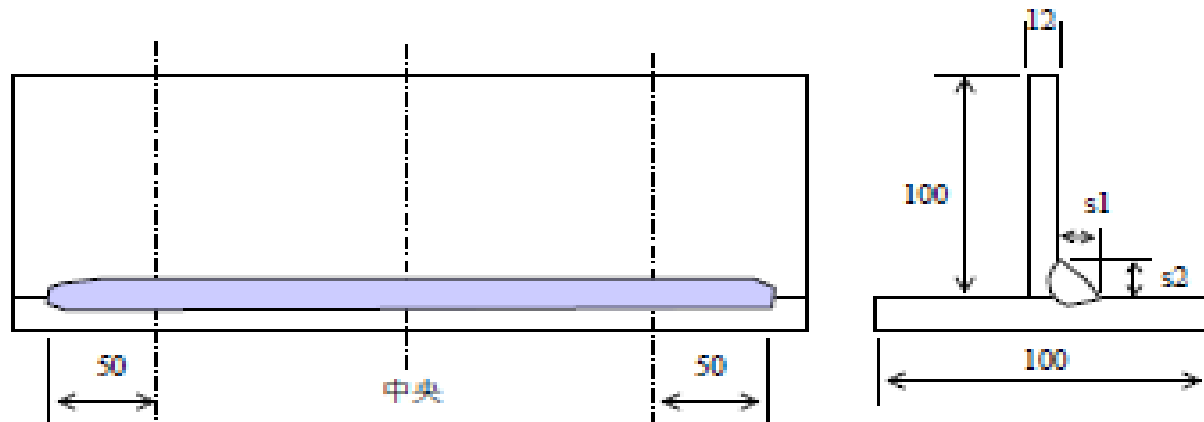
すみ肉溶接実験

- 目標脚長5,7,8,9,10mmそれぞれに対し溶接電流レベルを4段階に変える。
- 電流レベルは造船所の実績値を参考にし、予備実験により決定した。



すみ肉溶接の狙い位置

溶接実験条件 すみ肉溶接実験



脚長計測位置

溶接実験条件 突合せ溶接実験

- CO₂ 溶接（板厚16mm、板厚22mm）、UM（板厚16mm）、FAB（板厚16mm）それぞれに対し溶接電流レベルを4段階に変える。
- 電流レベルは造船所の実績値を参考にし、予備実験により決定する。

溶接実験条件 突合せ溶接実験

溶接材料

CO₂すみ肉溶接及び突合せ溶接用

- DW-100 1.4φ(神戸製鋼所)、SF-1 1.2φ (日鐵溶接工業)

SAW溶接用(UM、FAB)

FAB

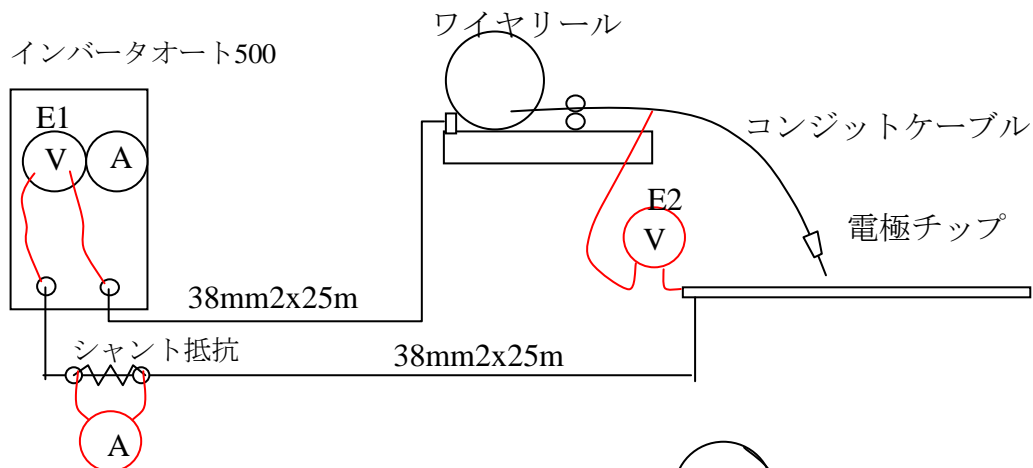
- ワイヤー:US-36 4.8φ(神戸製鋼所)、フラックス:MF-38 20xD(神戸製鋼所)
- 鉄粉:RR-1(神戸製鋼所)
- 裏当材:FAB-1(神戸製鋼所)

UM

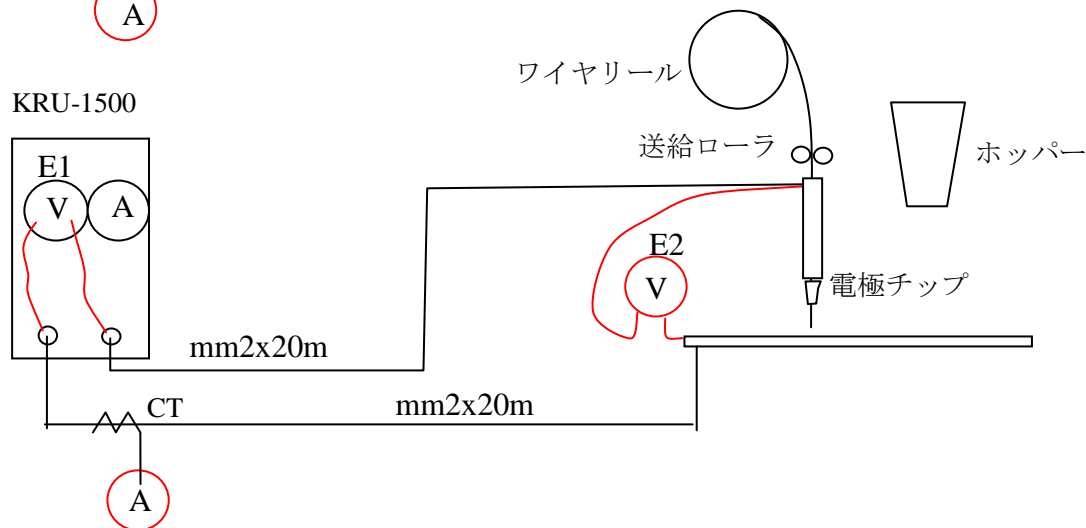
- ワイヤー:US-36 4.8φ(神戸製鋼所)、フラックス:MF-38 20xD(神戸製鋼所)

溶接実験条件 電圧・電流の計測方法

CO₂溶接の場合

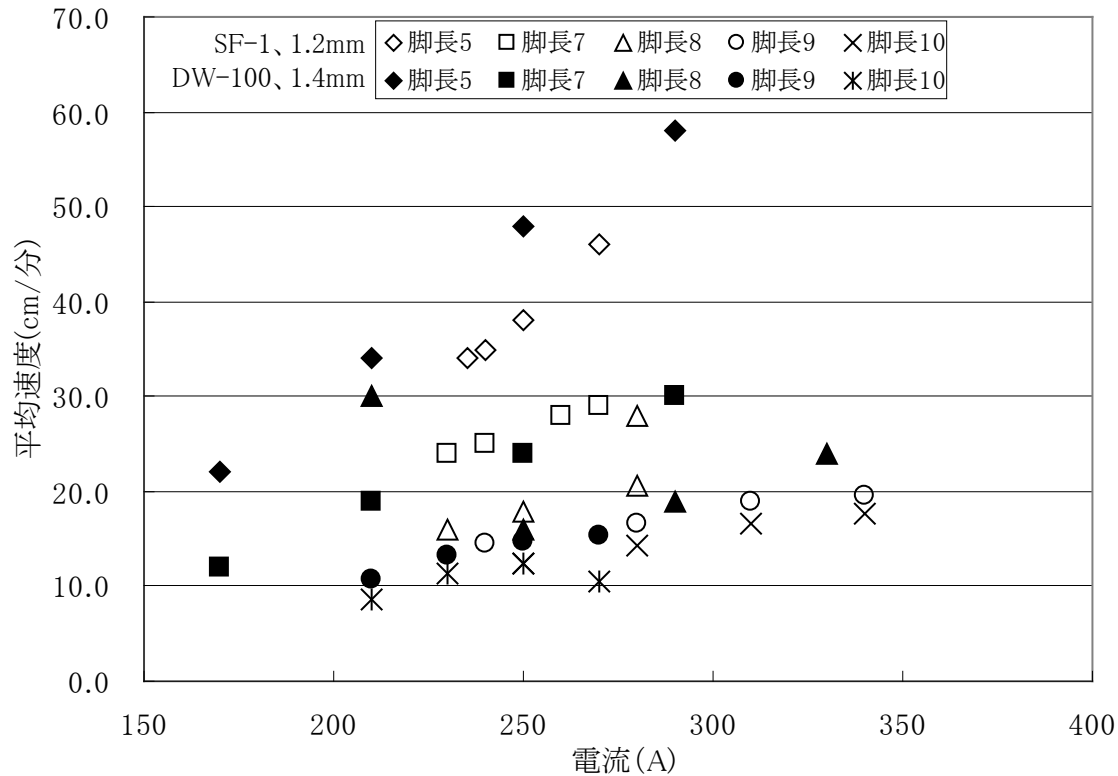


SAW溶接の場合



溶接実験結果 すみ肉溶接

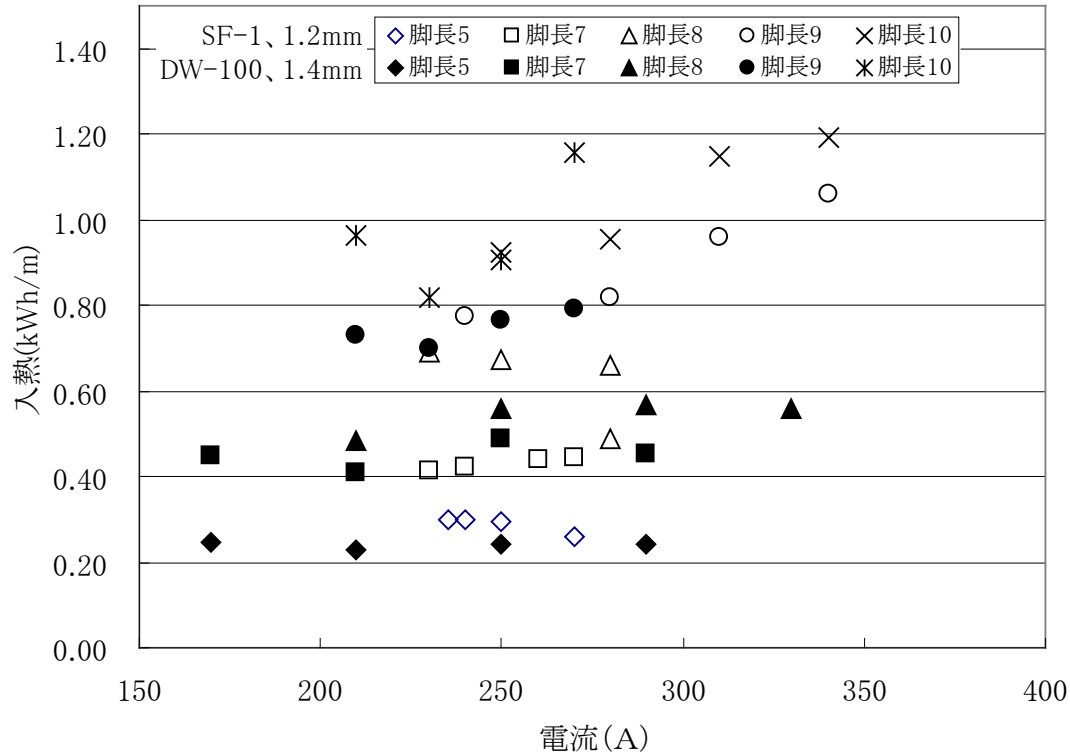
1パスの電流と溶接速度の関係



考察: 電流値を上げれば溶接速度もそれに比例して早くなっている。

溶接実験結果 すみ肉溶接

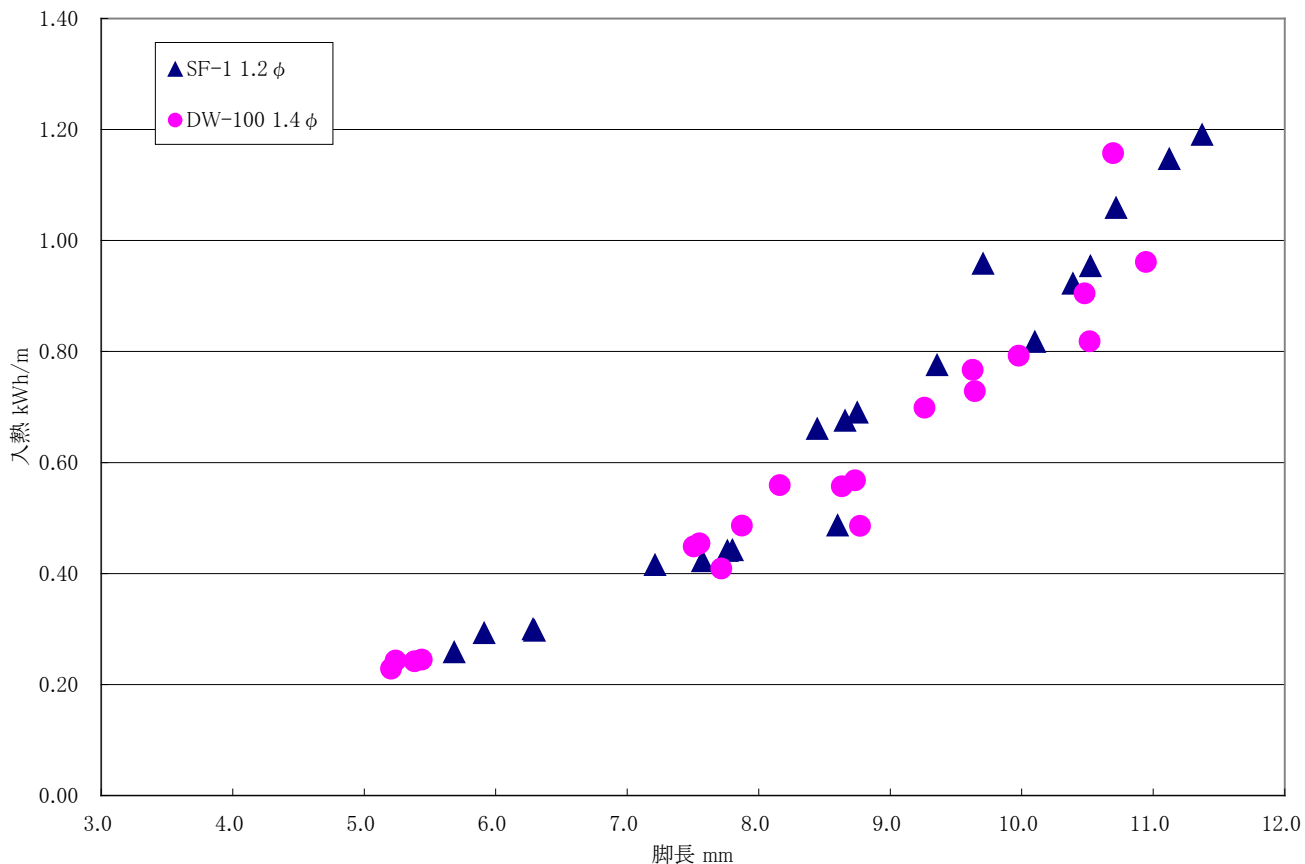
溶接速度と電流、入熱の関係



考察: 1パス溶接の脚長5mm~7mmでは、電流値の違いによる使用電力量の差は見られない。能率面から溶接速度アップとなる高電流値で溶接しても省エネルギー上問題ない。

溶接実験結果 すみ肉溶接

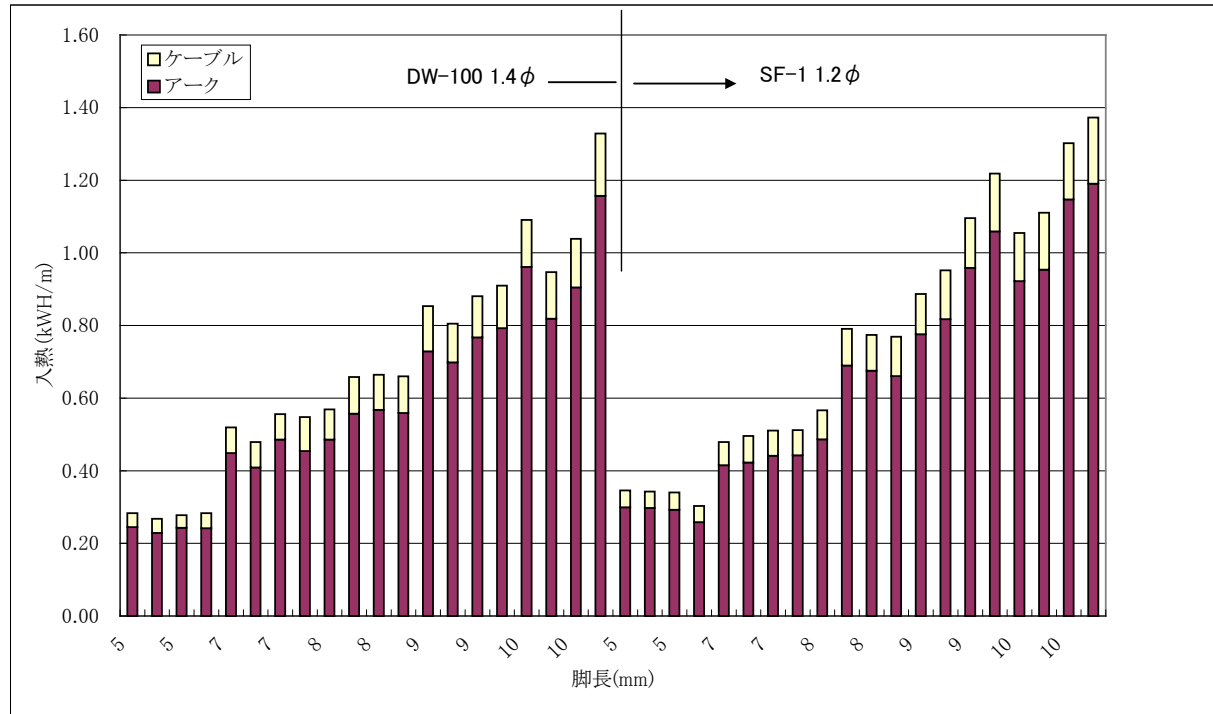
脚長と入熱の関係



考察: ワイヤ径による差はほとんどない。

溶接実験結果 すみ肉溶接

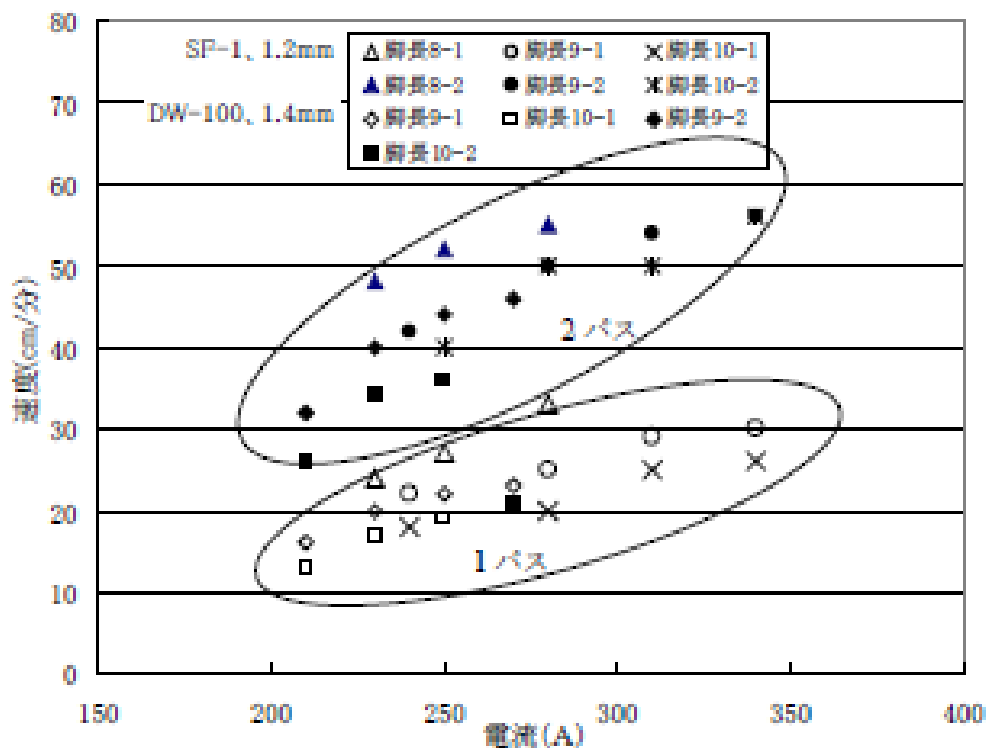
アークで発生する熱量とワイヤで発生する熱量



考察: 全供給入熱の12~15% がキャブタイヤケーブルで消費される。

溶接実験結果 すみ肉溶接

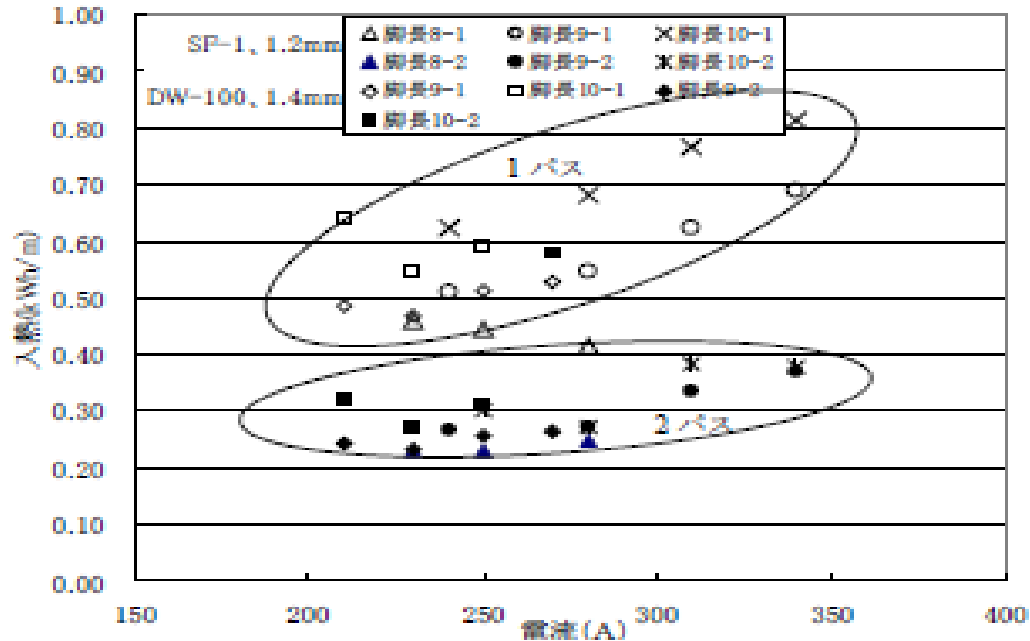
2パス溶接となった目標脚長8,9,10mmのパスごとの溶接電流と速度の関係



考察:1パス、2パスとも電流値を上げれば溶接速度もそれに比例して早くなっている。

溶接実験結果 すみ肉溶接

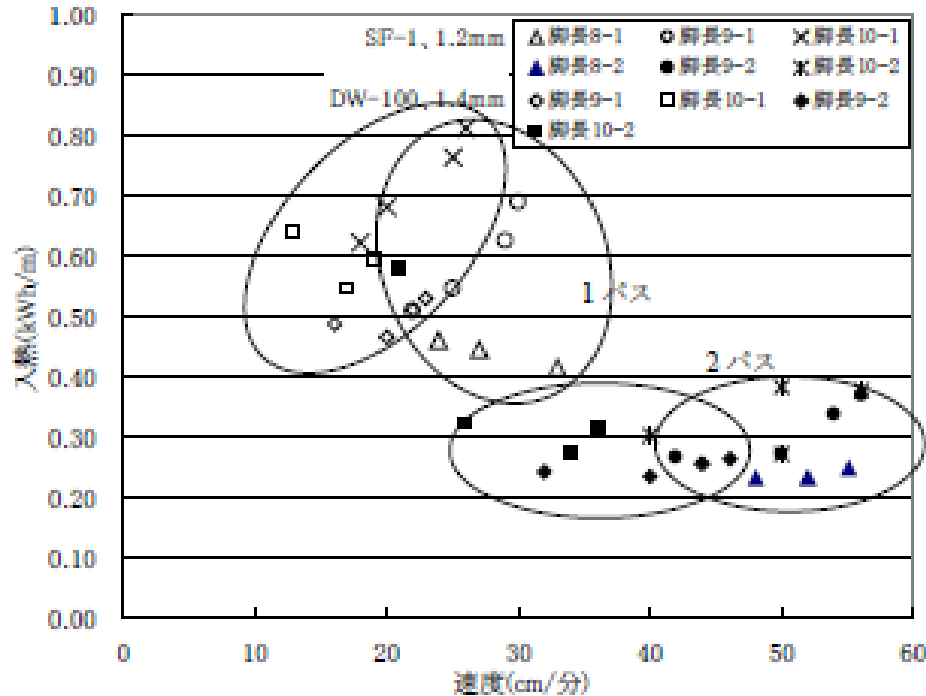
2パス溶接となった目標脚長8,9,10mmのパスごとの溶接電流と入熱の関係



考察: 2パスの入熱が1パスより小さく、脚長を変えても大きく変わっていない。

溶接実験結果 すみ肉溶接

2パス溶接となった目標脚長8,9,10mmのパスごとの速度と入熱の関係



考察:1パス、2パスとも入熱はあまり差がないが、1パス目、2パス目いずれもSF-1、1.2φの方がやや速度が速い条件で溶接している。

すみ肉溶接実験結果(SF-1 1.2φ その1)

ワイヤ:SF-1 1.2φ

試験片 番号	目標 脚長 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークトーチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	狙い		左側		中央		右側		平均		PT
											a mm	b mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	
5-1-1	5	1	235	30	26	34	0.35	0.30	0.05	13.3%	0	1	6.3	6.0	6.8	6.0	7.0	6.2	6.3	6.2	合格
5-1-2													5.5	6.6	5.8	6.2	6.3	6.0			
5-1-3													6.5	6.2	6.6	6.0	6.3	6.8			
5-2-1	5	1	240	30	26	35	0.34	0.30	0.05	13.3%	0	1	5.9	6.7	6.0	6.5	6.8	6.5	6.2	6.4	合格
5-2-2													6.5	6.5	6.2	6.6	6.4	6.3			
5-2-3													5.9	6.3	6.1	6.2	6.1	5.8			
5-3-1	5	1	250	31	26.7	38	0.34	0.29	0.05	13.9%	0	1	5.7	6.0	5.8	5.8	6.1	5.8	5.8	6.0	合格
5-3-2													5.2	6.8	5.7	5.8	6.0	6.2			
5-3-3													5.9	6.0	6.2	5.6	6.0	5.8			
5-4-1	5	1	270	31	26.4	46	0.30	0.26	0.05	14.8%	0	1	5.5	5.9	5.7	5.4	5.9	5.9	5.5	5.9	合格
5-4-2													5.0	6.0	5.1	5.5	5.9	5.5			
5-4-3													5.0	6.5	5.8	6.0	5.7	6.0			
7-1-1	7	1	230	30	26	24	0.48	0.42	0.06	13.3%	0	1	7.0	7.5	7.0	7.2	7.6	7.0	7.3	7.1	合格
7-1-2													7.0	7.0	7.3	7.0	7.9	7.0			
7-1-3													7.0	7.0	7.0	7.2	8.0	7.1			
7-2-1	7	1	240	31	26.4	25	0.50	0.42	0.07	14.8%	0	1	7.0	8.0	7.0	7.8	7.2	7.2	7.5	7.6	合格
7-2-2													7.2	7.7	8.8	7.5	8.3	7.2			
7-2-3													7.0	7.9	7.3	7.9	8.1	7.2			
7-3-1	7	1	260	33	28.5	28	0.51	0.44	0.07	13.6%	0	1	7.0	8.0	7.5	7.9	8.7	7.3	7.7	7.8	合格
7-3-2													7.3	8.2	7.7	7.8	7.9	7.5			
7-3-3													7.8	8.4	7.3	8.1	8.2	7.1			
7-4-1	7	1	270	33	28.5	29	0.51	0.44	0.07	13.6%	0	1	7.2	8.3	7.5	8.0	8.0	7.0	7.8	7.8	合格
7-4-2													7.7	8.2	7.9	7.2	8.6	7.4			
7-4-3													7.8	8.1	7.6	8.2	7.8	7.9			
8-1-1	8	1	280	34	29.2	28	0.57	0.49	0.08	14.1%	0	2	8.0	8.9	8.3	9.0	8.8	8.1	8.4	8.8	合格
8-1-2													8.3	9.6	8.3	8.0	8.7	8.3			
8-1-3													8.6	9.4	8.1	9.2	8.7	8.5			
8-2-1	8	2	230	33	28.8	24	0.53	0.46			0	2	8.1	9.3	8.0	8.8	8.5	9.0	8.4	9.1	合格
8-2-2													8.5	9.5	8.0	9.5	8.4	8.7			
8-2-3													8.0	9.5	8.9	8.9	9.0	8.9			
8-3-1	8	2	250	33	28.8	27	0.51	0.44			0	2	8.0	8.6	8.0	8.4	8.9	8.7	8.4	8.9	合格
8-3-2													8.0	10.0	8.0	9.0	8.5	8.6			
8-3-3													8.9	9.1	8.6	8.9	8.7	8.9			
8-4-1	8	2	280	34	29.2	33	0.48	0.41			0	3	8.0	8.1	8.1	8.0	8.7	8.1	8.2	8.6	合格
8-4-2													8.3	9.0	8.3	8.8	8.5	8.8			
8-4-3													8.0	9.0	8.0	9.0	8.3	9.0			

すみ肉溶接実験結果(SF-1 1.2φ その2)

ワイヤ:SF-1 1.2φ

試験片 番号	目標 脚長 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークトーチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	狙い		左側		中央		右側		平均		PT
											a mm	b mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	
9-1-1	9	1	240	32	28	22	0.58	0.51			0	3	9.3	9.6	9.4	9.0	9.9	9.6	9.3	9.4	合格
9-1-2		2	240	32	28	42	0.30	0.27			0	3	9.5	9.1	9.7	9.6	9.0	9.8			
9-1-3							0.89	0.78	0.11	12.5%			9.0	9.3	9.0	9.3	9.1	9.2			
9-2-1	9	1	280	34	29.2	25	0.63	0.55			0	3	9.0	10.8	9.0	10.8	9.5	10.8	9.3	10.9	合格
9-2-2		2	280	34	29.2	50	0.32	0.27			0	3	9.0	10.4	9.0	10.5	10.1	11.2			
9-2-3							0.95	0.82	0.13	14.1%			9.0	11.2	9.3	11.0	10.0	11.2			
9-3-1	9	1	310	40	35	29	0.71	0.62			0	3	9.4	9.4	9.4	9.5	10.0	9.9	9.9	9.6	合格
9-3-2		2	310	40	35	54	0.38	0.33			0	3	9.1	9.6	9.5	9.5	10.0	9.5			
9-3-3							1.10	0.96	0.14	12.5%			10.1	9.6	10.7	9.0	10.5	10.0			
9-4-1	9	1	340	42	36.5	30	0.79	0.69			0	3	10.1	11.0	10.5	10.0	11.8	10.1	10.7	10.7	合格
9-4-2		2	340	42	36.5	56	0.43	0.37			0	3	10.3	11.0	10.0	10.6	12.1	10.0			
9-4-3							1.22	1.06	0.16	13.1%			10.1	11.1	10.1	11.3	11.3	11.5			
10-1-1	10	1	240	32	28	18	0.71	0.62			0	3	10.2	11.0	10.4	10.2	10.8	10.7	10.3	10.5	合格
10-1-2		2	250	33	28.8	40	0.34	0.30			0	3	10.1	10.5	10.0	10.1	10.2	10.1			
10-1-3							1.05	0.92	0.13	12.6%			10.2	10.5	10.7	10.3	10.0	11.0			
10-2-1	10	1	280	34	29.2	20	0.79	0.68			0	3	11.0	10.5	11.0	10.0	10.2	11.1	10.8	10.3	合格
10-2-2		2	280	34	29.2	50	0.32	0.27			0	3	10.7	10.2	10.2	10.3	10.8	10.3			
10-2-3							1.11	0.95	0.16	14.1%			11.0	10.0	10.9	10.0	11.1	10.1			
10-3-1	10	1	310	42	37	25	0.87	0.76			0	3	11.3	10.2	10.8	10.6	12.3	10.2	11.6	10.7	合格
10-3-2		2	310	42	37	50	0.43	0.38			0	3	10.5	10.7	11.0	10.3	12.2	10.3			
10-3-3							1.30	1.15	0.16	11.9%			12.8	11.1	11.1	11.0	12.0	11.8			
10-4-1	10	1	340	43	37.3	26	0.94	0.81			0	3	10.4	11.8	11.1	11.1	12.0	11.1	11.2	11.6	合格
10-4-2		2	340	43	37.3	56	0.44	0.38			0	3	11.3	13.0	10.8	12.0	12.5	11.3			
10-4-3							1.37	1.19	0.18	13.3%			10.0	11.7	10.7	11.1	11.6	11.2			

すみ肉溶接実験結果 (DW-100 1.4φ その1)

ワイヤ: DW-100 1.4φ

試験片 番号	目標 脚長 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークターチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	狙い		左側		中央		右側		平均		PT
											a mm	b mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	
5-5-1	5	1	170	22	19	22	0.28	0.24	0.04	13.6%	0	0	5.5	5.4	5.8	5.1	5.9	5.2	5.5	5.4	合格
5-5-2													5.5	5.9	5.4	5.6	5.3	5.3			
5-5-3													5.0	5.5	5.3	5.2	5.9	5.1			
5-6-1	5	1	210	26	22.2	34	0.27	0.23	0.04	14.6%	0	0	5.1	5.1	5.1	5.0	5.3	5.1	5.3	5.1	合格
5-6-2													5.3	5.1	5.2	5.1	5.3	5.1			
5-6-3													5.4	5.1	5.6	5.0	5.8	5.0			
5-7-1	5	1	250	32	28	48	0.28	0.24	0.03	12.5%	0	0	5.0	5.1	5.1	5.0	5.0	5.2	5.3	5.2	合格
5-7-2													5.1	5.5	5.4	5.3	5.4	5.5			
5-7-3													5.4	5.0	5.6	5.0	5.5	5.2			
5-8-1	5	1	290	34	29	58	0.28	0.24	0.04	14.7%	0	0	5.5	5.5	5.7	5.1	5.8	5.5	5.6	5.2	合格
5-8-2													5.3	5.0	5.5	5.0	5.4	5.0			
5-8-3													6.0	5.0	5.8	5.1	5.5	5.2			
7-5-1	7	1	170	22	19	12	0.52	0.45	0.07	13.6%	0	0	7.9	7.0	8.0	7.4	8.0	7.1	7.9	7.1	合格
7-5-2													7.9	7.0	7.8	7.0	8.3	7.0			
7-5-3													7.8	7.7	7.7	7.0	7.5	7.0			
7-6-1	7	1	210	26	22.2	19	0.48	0.41	0.07	14.6%	0	0	7.7	7.5	8.0	7.0	7.8	7.0	8.0	7.4	合格
7-6-2													7.5	8.1	7.7	7.4	8.7	7.6			
7-6-3													7.9	7.8	7.8	7.0	8.9	7.5			
7-7-1	7	1	250	32	28	24	0.56	0.49	0.07	12.5%	0	0	7.8	8.0	7.9	7.8	7.9	7.9	7.8	7.9	合格
7-7-2													7.8	8.0	7.8	7.8	7.9	7.7			
7-7-3													8.0	8.0	7.9	7.9	7.6	8.0			
7-8-1	7	1	290	34	28.2	30	0.55	0.45	0.09	17.1%	0	0	7.8	7.8	7.8	7.6	8.0	7.1	7.6	7.5	合格
7-8-2													7.0	7.2	7.0	7.6	7.8	7.2			
7-8-3													7.6	7.8	7.5	7.7	7.7	7.7			
8-5-1	8	1	210	26	22.2	16	0.57	0.49	0.08	14.6%	0	0	8.0	8.7	8.0	8.3	9.0	9.0	8.9	8.7	合格
8-5-2													8.8	9.3	8.2	9.0	9.5	8.5			
8-5-3													9.2	8.5	9.1	8.4	9.9	8.4			
8-6-1	8	1	250	30	25.4	19	0.66	0.56	0.10	15.3%	0	0	8.8	8.8	8.6	8.2	8.8	8.3	8.7	8.5	合格
8-6-2													9.5	8.6	8.9	8.4	8.4	8.7			
8-6-3													8.6	8.9	8.4	8.8	8.7	8.0			
8-7-1	8	1	290	33	28.2	24	0.66	0.57	0.10	14.5%	0	0	9.0	8.8	8.8	8.0	9.8	8.0	9.0	8.4	合格
8-7-2													8.1	9.3	9.0	8.9	9.7	8.0			
8-7-3													9.1	8.1	8.9	8.6	9.0	8.1			
8-8-1	8	1	330	36	30.5	30	0.66	0.56	0.10	15.3%	0	2	8.0	8.0	8.0	8.1	8.7	8.0	8.3	8.0	合格
8-8-2													8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	8.1			
8-8-3													8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	8.0			

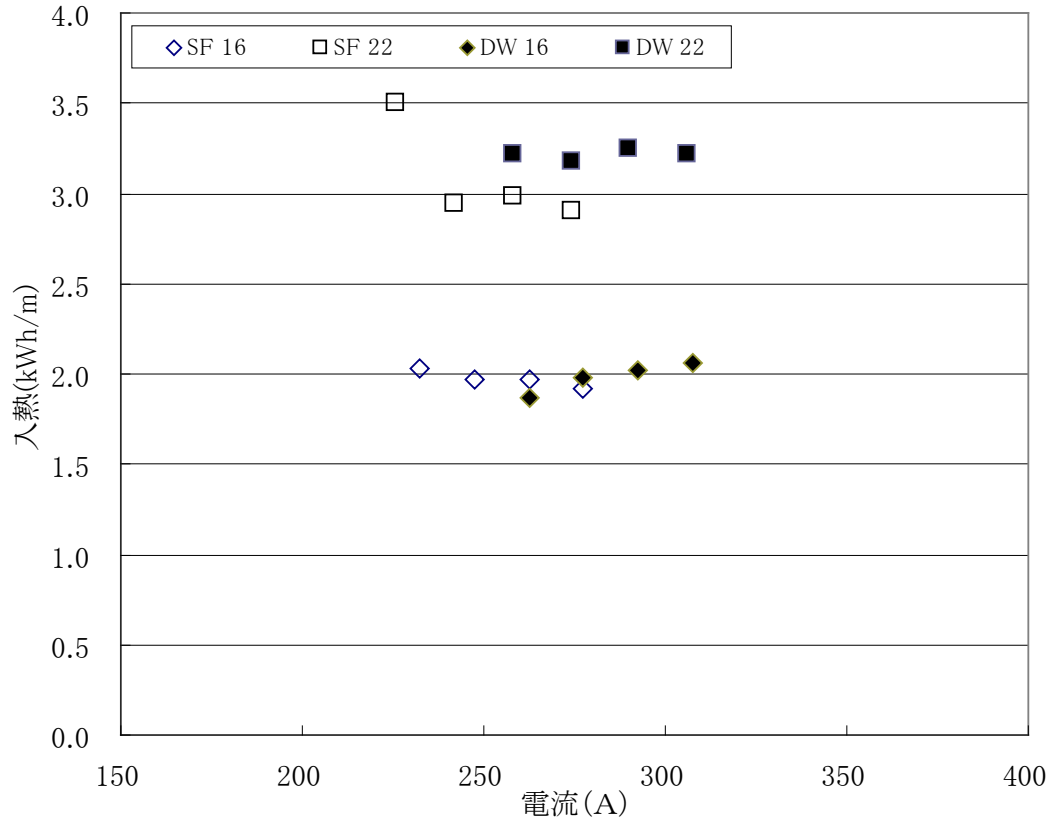
すみ肉溶接実験結果 (DW-100 1.4φ その2)

ワイヤ: DW-100 1.4φ

試験片 番号	目標 脚長 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークーチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	狙い		左側		中央		右側		平均		PT		
											a mm	b mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm	S1 mm	S2 mm			
8-6-1	8	1	250	30	25.4	19	0.66	0.56	0.10	15.3%	0	0	8.8	8.8	8.6	8.2	8.8	8.3	8.7	8.5	合格		
8-6-2							9.5	8.6	8.9	8.4			8.4	8.7									
8-6-3							8.6	8.9	8.4	8.8			8.7	8.0									
8-7-1	8	1	290	33	28.2	24	0.66	0.57	0.10	14.5%	0	0	9.0	8.8	8.8	8.0	9.8	8.0	9.0	8.4	合格		
8-7-2							8.1	9.3	9.0	8.9			9.7	8.0									
8-7-3							9.1	8.1	8.9	8.6			9.0	8.1									
8-8-1	8	1	330	36	30.5	30	0.66	0.56	0.10	15.3%	0	2	8.0	8.0	8.0	8.1	8.7	8.0	8.3	8.0	合格		
8-8-2							8.0	8.0	8.0	8.0			9.0	8.1									
8-8-3							8.0	8.0	8.0	8.0			9.0	8.0									
9-5-1	9	1	210	26	22.2	16	0.57	0.49			0	3	10.2	9.7	9.0	9.8	10.3	10.6	9.5	9.8	合格		
9-5-2		2	210	26	22.2	32	0.28	0.24					0	3	9.5	9.2	9.1	9.1				9.0	10.3
9-5-3							0.85	0.73	0.12	14.6%					9.6	9.8	9.5	10.4				9.2	9.3
9-6-1	9	1	230	28	24.3	20	0.54	0.47			0	3	9.0	9.1	9.0	9.1	9.0	9.6	9.2	9.4	合格		
9-6-2		2	230	28	24.3	40	0.27	0.23					0	2	9.8	9.2	9.3	9.2				9.1	9.9
9-6-3							0.81	0.70	0.11	13.2%					9.1	9.6	9.0	9.2				9.2	9.3
9-7-1	9	1	250	31	27	22	0.59	0.51			0	3	9.0	10.2	9.1	10.2	9.0	10.8	9.2	10.0	合格		
9-7-2		2	250	31	27	44	0.29	0.26					0	2	9.2	9.9	9.3	9.1				9.2	9.3
9-7-3							0.88	0.77	0.11	12.9%					9.6	10.5	9.5	10.2				9.1	10.1
9-8-1	9	1	270	31	27	23	0.61	0.53			0	3	9.0	11.1	9.2	11.0	9.4	11.0	9.1	10.8	合格		
9-8-2		2	270	31	27	46	0.30	0.26					0	2	9.1	10.4	9.1	10.2				9.0	11.2
9-8-3							0.91	0.79	0.12	12.9%					9.1	10.9	9.2	10.8				9.0	10.9
10-5-1	10	1	210	27	23.8	13	0.73	0.64			0	3	10.7	10.9	10.2	10.9	10.4	11.8	10.7	11.2	合格		
10-5-2		2	210	27	23.8	26	0.36	0.32					0	3	10.9	10.9	10.7	11.0				10.3	11.9
10-5-3							1.09	0.96	0.13	11.9%					11.1	11.2	10.7	10.7				10.9	11.8
10-6-1	10	1	230	28	24.2	17	0.63	0.55			0	3	11.1	10.0	10.4	10.9	10.3	11.0	10.5	10.5	合格		
10-6-2		2	230	28	24.2	34	0.32	0.27					0	3	11.1	10.1	10.8	10.0				10.0	10.7
10-6-3							0.95	0.82	0.13	13.6%					10.5	10.7	10.5	10.1				10.1	11.0
10-7-1	10	1	250	31	27	19	0.68	0.59			0	3.5	10.1	10.5	10.0	10.5	10.4	10.7	10.3	10.6	合格		
10-7-2		2	250	31	27	36	0.36	0.31					0	2	10.3	10.5	10.4	10.3				10.5	11.0
10-7-3							1.04	0.90	0.13	12.9%					10.8	11.1	10.2	10.0				10.3	11.0
10-8-1	10	1	270	31	27	21	0.66	0.58			0	3.5	10.5	11.0	10.1	10.9	10.6	11.1	10.5	10.9	合格		
10-8-2		2	270	31	27	21	0.66	0.58					0	2	10.3	11.2	10.3	11.0				10.1	11.6
10-8-3							1.33	1.16	0.17	12.9%					11.0	10.5	11.0	10.0				10.3	11.0

溶接実験結果 突合せ溶接

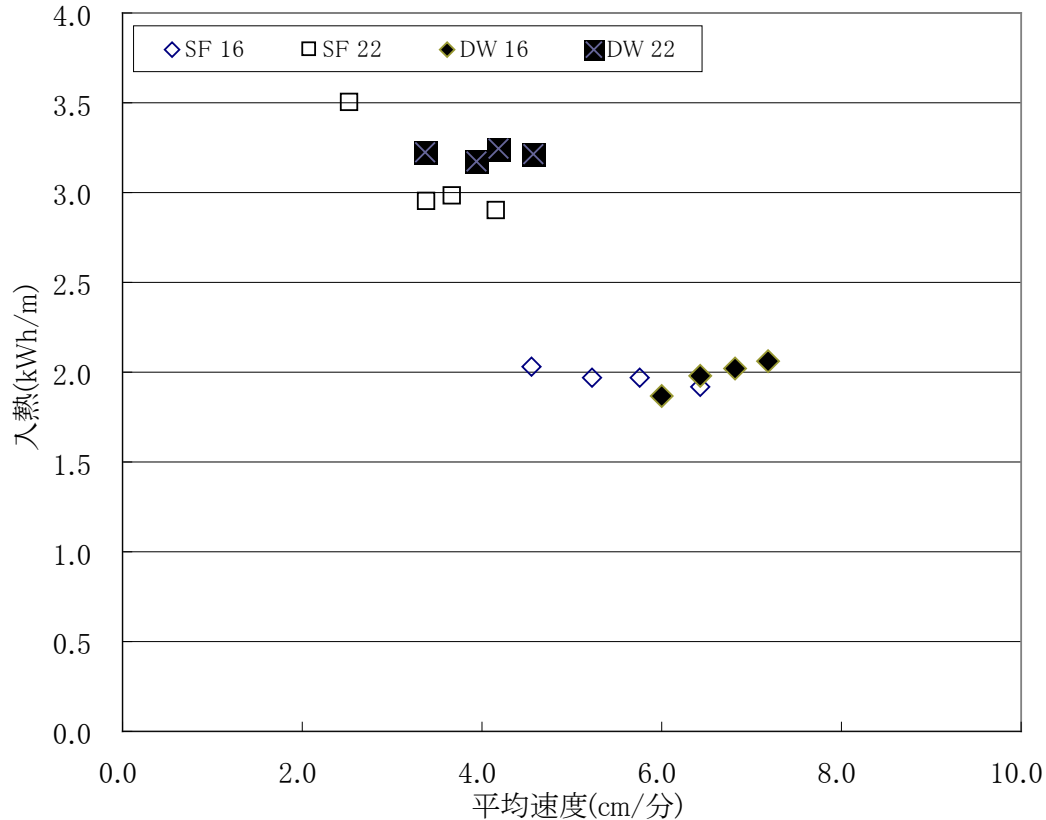
溶接電流と入熱の関係(CO₂溶接)



考察: 板厚16mm、22mmともにワイヤ径が太い方が、電流値が高い。
板厚16mmではワイヤ径による入熱の差はないが、板厚22mmではワイヤ径1.4φの入熱がやや大きい。

溶接実験結果 突合せ溶接

溶接速度と入熱の関係(CO₂溶接)

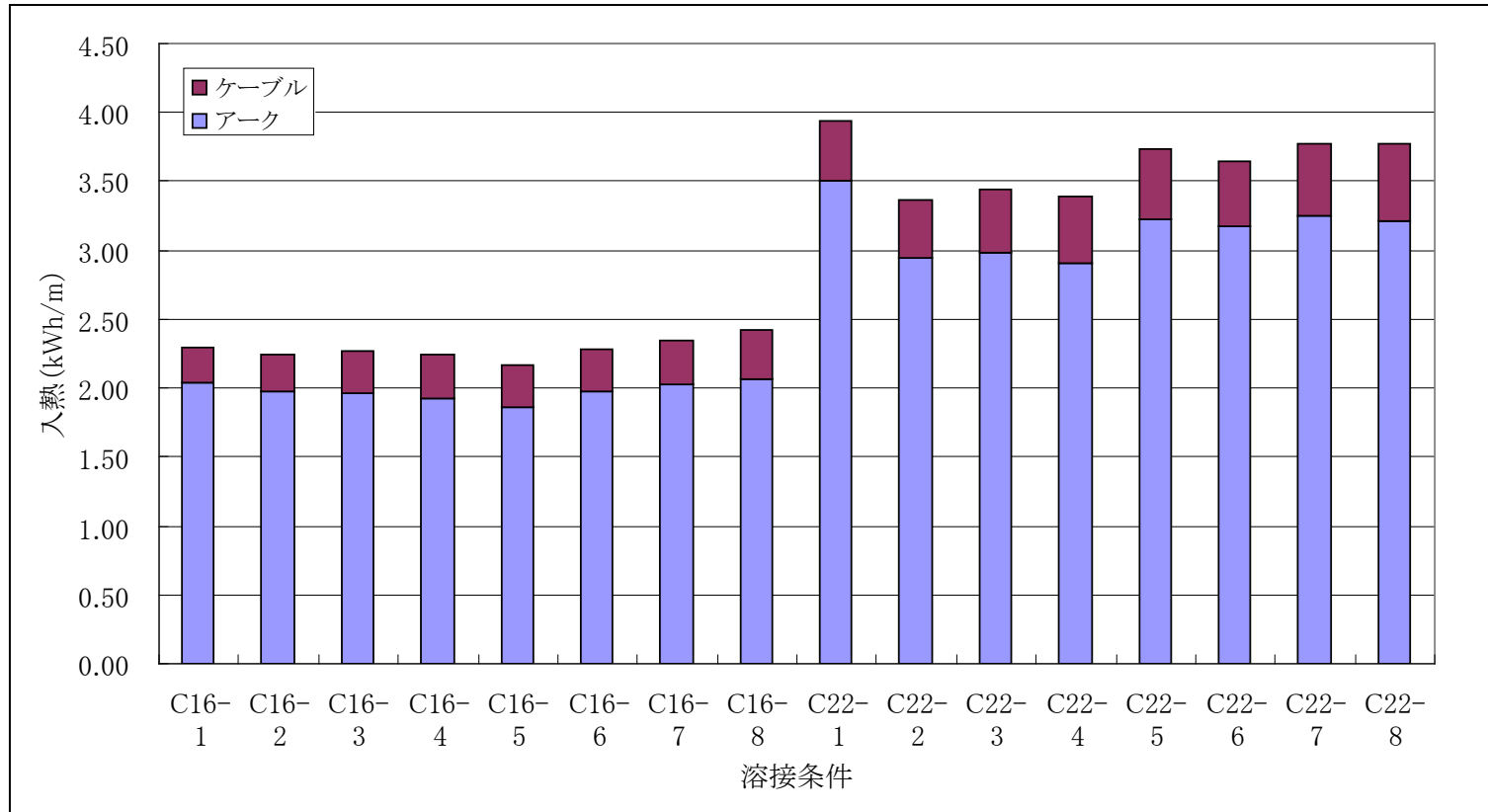


考察: 板厚16mm、22mmともにワイヤ径が太い方が、速度が速い。

板厚16mmではワイヤ径による入熱の差はないが、板厚22mmではワイヤ径1.4φの入熱がやや大きい。

溶接実験結果 突合せ溶接

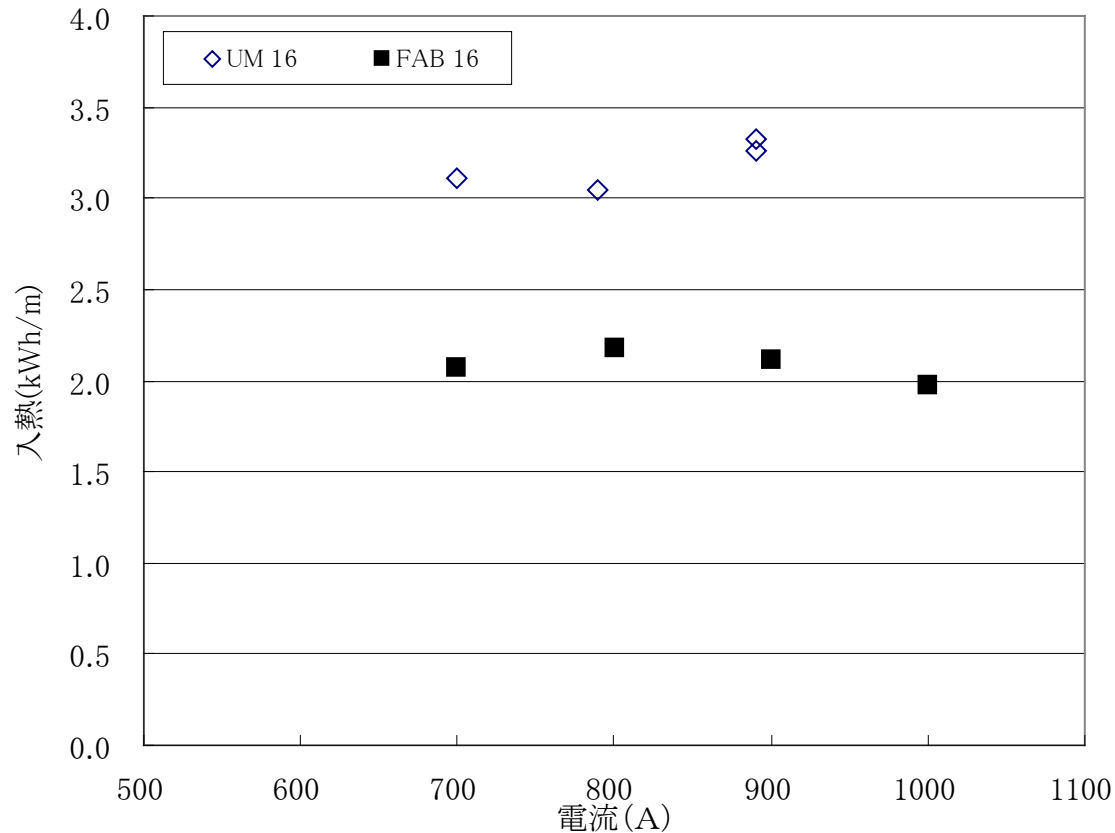
溶接条件ごとの入熱配分(CO₂溶接 板厚16mm、22mm)



考察: 全供給入熱の12~15% がキャブタイヤケーブルで消費される。

溶接実験結果 突合せ溶接

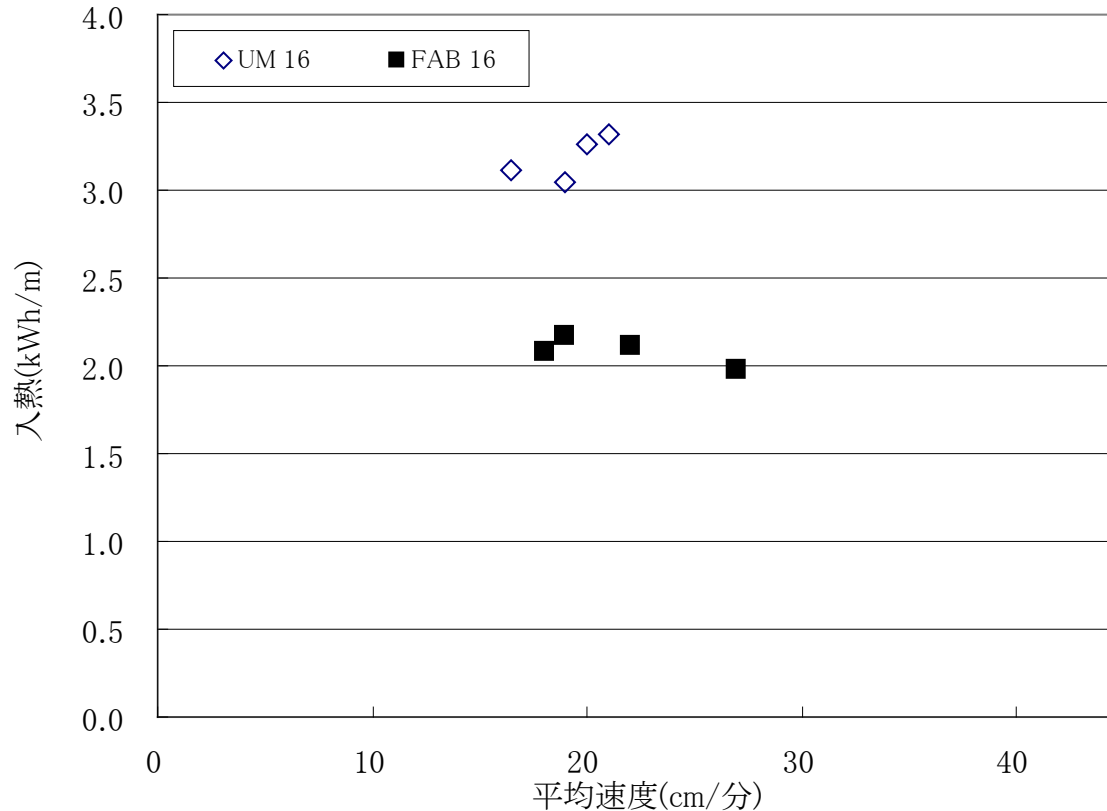
溶接電流と入熱の関係 (SAW溶接)



考察: UMの入熱量はFABの入熱量より約1.5倍大きい。

溶接実験結果 突合せ溶接

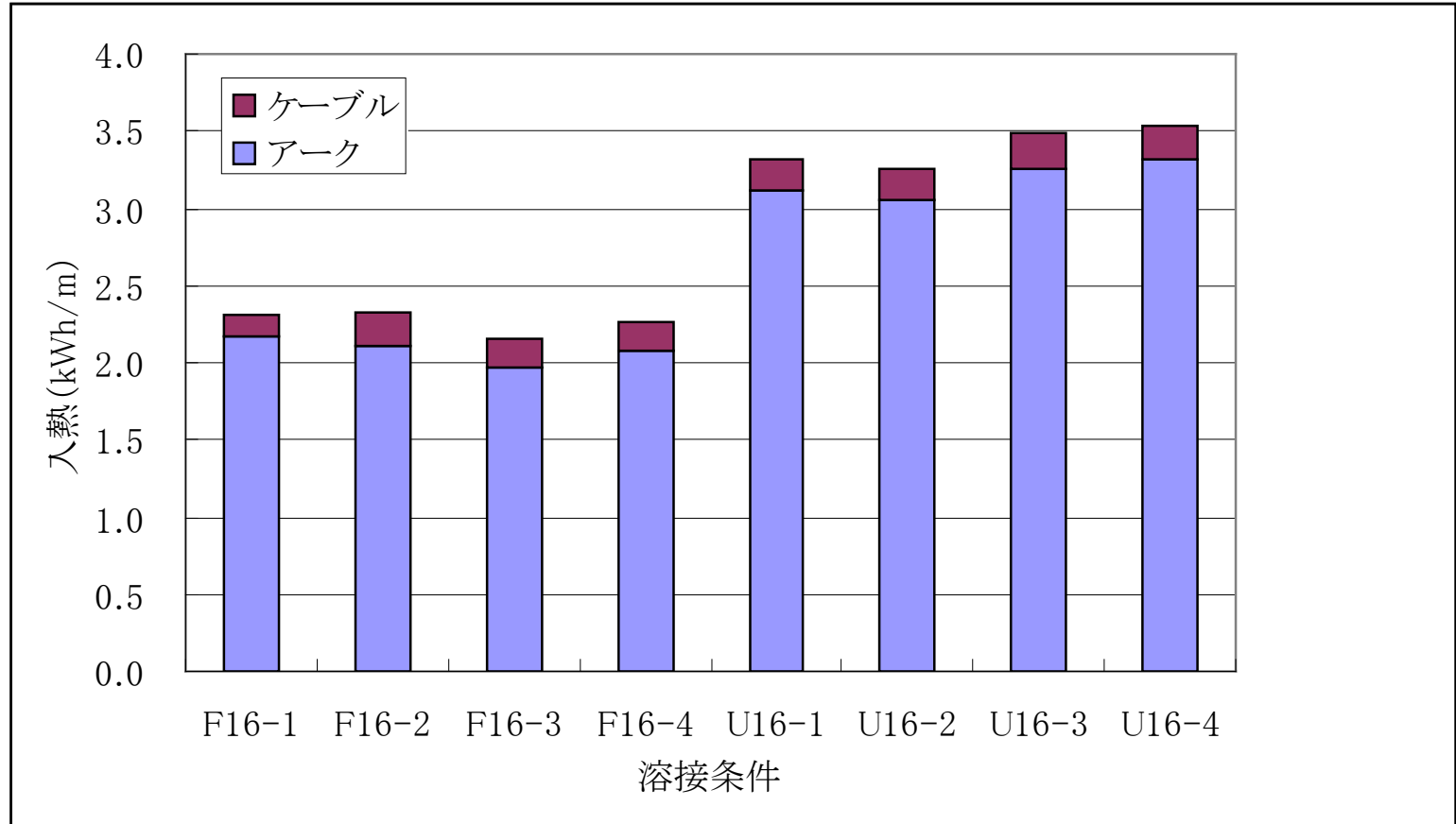
溶接速度と入熱の関係 (SAW溶接)



考察: UMの入熱量はFABの入熱量より大きい。さらに平均溶接速度(表側30cm/分、裏側30cm/分の時15cm/分)も遅い。

溶接実験結果 突合せ溶接

溶接条件ごとの入熱配分 (SAW溶接 UM、FAB)



**考察: UMとFABの比較ではFABの電力量が小さかった。
全供給入熱の6~9%がキャブタイヤケーブルで消費される。**

突合せ溶接実験結果 (CO₂溶接)

ワイヤ:SF-1 1.2φ

試験片番号	板厚 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークターチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	ウィービング			PT	RT
											幅 mm	回数 回/分	両端 停止		
C16-1-1	16	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C16-1-2		2	200	28	25	23	0.41	0.36			7	45	0.1		
C16-1-3		3	200	28	25	18	0.52	0.46			9	45	0.1		
		4	200	28	25	10	0.93	0.83			11	45	0		
							2.29	2.03	0.26	11.3%					
C16-2-1	16	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C16-6-2		2	220	29	25.5	24	0.44	0.39			7	45	0.1		
C16-6-3		3	220	29	25.5	22	0.48	0.43			9	45	0.1		
		4	220	29	25.5	12	0.89	0.78			11	45	0		
							2.25	1.97	0.28	12.4%					
C16-3-1	16	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C16-3-2		2	240	30	26	25	0.48	0.42			7	45	0.1		
C16-3-3		3	240	30	26	24	0.50	0.43			9	45	0.1		
		4	240	30	26	14	0.86	0.74			11	45	0		
							2.27	1.97	0.30	13.4%					
C16-4-1	16	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C16-4-2		2	260	31	26.5	28	0.48	0.41			7	45	0.1		
C16-4-3		3	260	31	26.5	25	0.54	0.46			9	45	0.1		
		4	260	31	26.5	17	0.79	0.68			11	45	0		
							2.24	1.92	0.32	14.4%					
C22-1-1	22	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C22-1-2		2	200	28	25	18	0.52	0.46			7	45	0.1		
C22-1-3		3	200	28	25	12	0.78	0.69			9	45	0.1		
		4	200	28	25	9	1.04	0.93			12	45	0.1		
		5	200	28	25	8	1.17	1.04			13	45	0		
							3.94	3.50	0.43	11.0%					
C22-2-1	22	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C22-2-2		2	220	29	25.5	20	0.53	0.47			7	45	0.1		
C22-2-3		3	220	29	25.5	16	0.66	0.58			9	45	0.1		
		4	220	29	25.5	16	0.66	0.58			12	45	0.1		
		5	220	29	25.5	10	1.06	0.94			13	45	0		
							3.36	2.95	0.41	12.3%					
C22-3-1	22	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C22-3-2		2	240	30	26	22	0.55	0.47			7	45	0.1		
C22-3-3		3	240	30	26	18	0.67	0.58			9	45	0.1		
		4	240	30	26	17	0.71	0.61			12	45	0.1		
		5	240	30	26	11	1.09	0.95			13	45	0		
							3.44	2.98	0.46	13.4%					
C22-4-1	22	1	330	38	32.8	48	0.44	0.38			3	50	0	合格	合格
C22-4-2		2	260	31	26.5	26	0.52	0.44			7	45	0.1		
C22-4-3		3	260	31	26.5	22	0.61	0.52			9	45	0.1		
		4	260	31	26.5	19	0.71	0.60			12	45	0.1		
		5	260	31	26.5	12	1.12	0.96			13	45	0		
							3.39	2.90	0.49	14.4%					

CO₂突合せ溶接実験結果 (DW-100 1.4φ)

ワイヤ:DW-100 1.4φ

試験片番号	板厚 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークーチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	ウィーピング			PT	RT
											幅 mm	回数 回/分	両端 停止		
C16-5-1	16	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C16-5-2		2	240	30	26	25	0.48	0.42			7	45	0.1		
C16-5-3		3	240	30	26	23	0.52	0.45			9	45	0.1		
		4	240	30	26	16	0.75	0.65			12	45	0		
							2.16	1.86	0.30	13.9%					
C16-6-1	16	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C16-6-2		2	260	32	28	28	0.50	0.43			7	45	0.1		
C16-6-3		3	260	32	28	25	0.55	0.49			9	45	0.1		
		4	260	32	28	17	0.82	0.71			12	45	0		
							2.28	1.98	0.30	13.2%					
C16-7-1	16	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C16-7-2		2	280	33	28.5	30	0.51	0.44			7	45	0.1		
C16-7-3		3	280	33	28.5	27	0.57	0.49			9	45	0.1		
		4	280	33	28.5	18	0.86	0.74			12	45	0		
							2.35	2.02	0.33	14.1%					
C16-8-1	16	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C16-8-2		2	300	34	29	32	0.53	0.45			7	45	0.1		
C16-8-3		3	300	34	29	29	0.59	0.50			9	45	0.1		
		4	300	34	29	19	0.89	0.76			12	45	0		
							2.42	2.06	0.36	14.9%					
C22-5-1	22	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C22-5-2		2	240	30	26	23	0.52	0.45			7	45	0.1		
C22-5-3		3	240	30	26	17	0.71	0.61			9	45	0.1		
		4	240	30	26	12	1.00	0.87			12	45	0.1		
		5	240	30	26	11	1.09	0.95			13	45	0		
							3.73	3.22	0.51	13.6%					
C22-6-1	22	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C22-6-2		2	260	32	28	26	0.53	0.47			7	45	0.1		
C22-6-3		3	260	32	28	19	0.73	0.64			9	45	0.1		
		4	260	32	28	17	0.82	0.71			12	45	0.1		
		5	260	32	28	12	1.16	1.01			13	45	0		
							3.65	3.18	0.47	12.9%					
C22-7-1	22	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C22-7-2		2	280	33	28.5	28	0.55	0.48			7	45	0.1		
C22-7-3		3	280	33	28.5	20	0.77	0.67			9	45	0.1		
		4	280	33	28.5	18	0.86	0.74			12	45	0.1		
		5	280	33	28.5	13	1.18	1.02			13	45	0		
							3.77	3.25	0.52	13.9%					
C22-8-1	22	1	330	36	30.2	48	0.41	0.35			3	50	0	合格	合格
C22-8-2		2	300	34	29	30	0.57	0.48			7	45	0.1		
C22-8-3		3	300	34	29	22	0.77	0.66			9	45	0.1		
		4	300	34	29	21	0.81	0.69			12	45	0.1		
		5	300	34	29	14	1.21	1.04			13	45	0		
							3.78	3.21	0.56	14.9%					

SAW突合せ溶接実験結果 (FAB、UM)

FAB溶接

ワイヤ:US-36 4.8φ フラックス:NF-38 200xD 鉄粉:RR-1、散布高さ16mm 裏当材:FAB-1

試験片番号	板厚 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークトーチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	PT	RT
F16-1-1	16	1	800	33	31	19	2.3	2.2	0.1	6.1%	合格	合格
F16-1-2												
F16-1-3												
F16-2-1	16	1	900	34	31	22	2.3	2.1	0.2	8.8%	合格	合格
F16-2-2												
F16-2-3												
F16-3-1	16	1	1000	35	32	27	2.2	2.0	0.2	8.6%	合格	合格
F16-3-2												
F16-3-3												
F16-4-1	16	1	700	35	32	18	2.3	2.1	0.2	8.6%	合格	合格
F16-4-2												
F16-4-3												

UM溶接

ワイヤ:US-36 4.8φ フラックス:NF-38 200xD

試験片番号	板厚 mm	パス	電流 A	電源端子 電圧E1 V	ワークトーチ 電圧E2 V	速度 cm/分	入熱1 E1で計算 kWh/m	入熱2 E2で計算 kWh/m	入熱差 kWh/m	入熱差 ÷ 入熱1	PT	RT
U16-1-1	16	表	700	47	44	33	1.7	1.6	-----	-----	合格	合格
U16-1-2		裏										
U16-1-3		-----										
U16-2-1	16	表	790	47	44	38	1.6	1.5	-----	-----	合格	合格
U16-2-2		裏										
U16-2-3		-----										
U16-3-1	16	表	890	47	44	40	1.7	1.6	-----	-----	合格	合格
U16-3-2		裏										
U16-3-3		-----										
U16-4-1	16	表	890	50	47	42	1.8	1.7	-----	-----	合格	合格
U16-4-2		裏										
U16-4-3		-----										

まとめ

CO₂すみ肉溶接実験

- すみ肉溶接では電流値を上げれば溶接速度もそれに比例して早くなる。
- 1パス溶接の脚長5mm～7mmでは、電流値の違いによる使用電力量の差は見られない。能率面から溶接速度アップとなる高電流値で溶接しても省エネルギー上問題ない。
- 1.4φワイヤで8mmまで1パス溶接条件が選定できた。
1.2φは7mmまで1パス溶接条件が選定できた。→1パス施行範囲の拡大により、消費電力削減に寄与する。
- 今回試験した条件範囲ではワイヤの差による消費エネルギーの差は認められなかった。

まとめ

突合せ溶接実験

- CO₂溶接では板厚22mmの実験で1.2φワイヤの方が入熱量(消費電力量)が少なかった。
- UMはFABの約50%増しの電力を消費している。(FABの方が省エネルギーになる)

まとめ

キャブタイヤケーブルで発生する電力量

- CO₂ 溶接のキャブタイヤケーブルで発生する電力量は全供給電力量の約12～15%、SAW 溶接のキャブタイヤケーブルで発生する電力量は全供給電力量の約6～9%であった。
- キャブタイヤケーブルで発生する電力量はジュール熱 $Q=I^2R$ で表されるもので、ケーブルの抵抗値を小さくすることによって減少させることができる。
- 38mm² のケーブルを60mm² のケーブルに交換することによって**37%ケーブルで発生する電力を減少させることができる。**
- ケーブルで発生する電力が全体の10%である場合、上記ケーブル交換により $10\% \times 0.37 = 3.7\%$ の省エネルギー効果を得ることができる。

7. 省エネルギーの観点による最適溶接施工 実験結果の効果推定

溶接使用電力量推定

船舶建造時の溶接使用電力量推定

➤ 推定要領:実績ベースの簡易方法

(1)ベース船溶接種類別溶接長算出及び傾向検証

すみ肉は脚長別、突合せは装置別に溶接長を算出し、溶接別分布の傾向を把握する。

すみ肉溶接:簡易化のためMin脚長にて算出(NK規則F2)

➔脚長別溶接長算出(ΣLFi)

突合せ溶接:溶接装置別溶接長算出(ΣLJj)

(UM,FAB,FCB,CO2)

(2)ベース船使用電力量算出及び傾向検証

上記の各溶接長に実験等で求めた各単位長さ当たりの使用電力量 $Pi(kWh/m)$ を乗じて、

使用電力= $\{ \Sigma(LFixPi) + \Sigma(LJjxPj) \}$

を算出し、傾向を把握。省電力を計る対象を絞り込む。

電力量の絶対値まで把握する
なら

(3)年間使用電力算出

年間使用量=ベース船電力使用量x年間換算建造隻数x係数となる係数を実績より推定。

係数:水密区画他の脚長増加分及び溶接以外の使用電力量(仮付け・待機電力・他)

溶接使用電力量推定

使用電力量推定事例

(1) 溶接種類別溶接長算出及び傾向検証

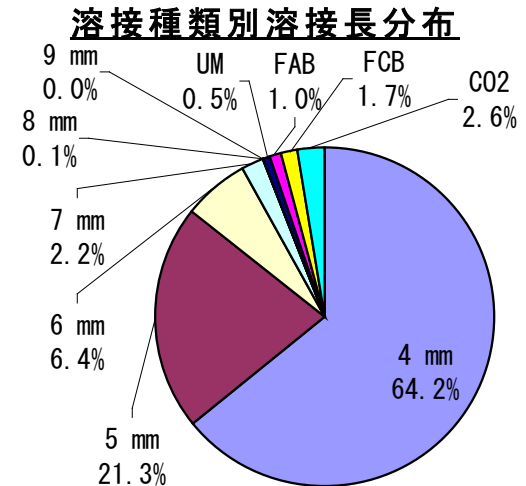
ある造船所の実績船にて、溶接長算出プログラムにNK-F2脚長設定機能を加え、溶接種類別の溶接長算出

非水密隔壁F2	合計			内訳												
	すみ肉	突合せ	計	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm	10 mm	11 mm	UM	FAB	FCB	CO2	
DB	26.6%	1.7%	28.4%	15.6%	8.1%	2.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.6%	0.6%	
UD	32.4%	2.0%	34.4%	21.4%	8.3%	2.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	1.0%	0.8%	
Hold-other	14.1%	0.8%	14.9%	10.6%	1.5%	1.3%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%	0.3%	
E/R	10.2%	0.6%	10.9%	8.3%	1.1%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.4%	
船首尾	10.8%	0.7%	11.5%	8.2%	2.4%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.5%	
計	94.2%	5.8%	100.0%	64.2%	21.3%	6.4%	2.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	1.7%	2.6%	
				4-7mm=>			94.1%	8mm以上			0.1%					



傾向→大半が4-7mmすみ肉溶接

- ・すみ肉: 4-7mm脚長→94%
8mm以上 → 0.1%
- ・突合せ: → 5%弱(内、50%はCO2溶接)



実際には、水密隔壁(NK-F1)やフルペネ適用部があり、7mm以上の溶接長増加。

F2->F1となる溶接長の割合は、構造区画によって異なり、その実績値も少ないが、概算値では10-25%程度であると推測



すみ肉: 4-7mm脚長→91%
: 8mm以上→ 2.2%
→それ程大きな差は見られない

溶接使用電力量推定

使用電力量推定事例

(2) ベース船使用電力量算出及び傾向検証

1隻当たりの溶接長を100,000mとした場合で試算

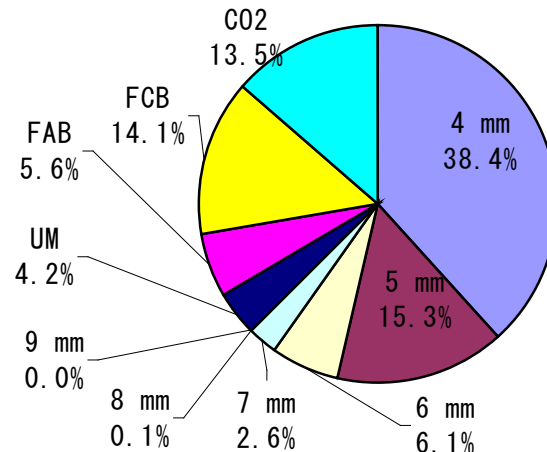
	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm	10 mm	11 mm	UM	FAB	FCB	CO2	
ベース船溶接長	64,186	21,297	6,425	2,178	77	0	0	0	543	1,027	1,691	2,576	
KWh/m	0.25	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	3.2	2.3	3.5	2.2	総計
kWh	16,047	6,389	2,570	1,089	54	0	0	0	1,739	2,361	5,918	5,667	41,833 kWh/隻
								すみ肉総計	26,149 kWh			突合せ総計	15,684 kWh



傾向→溶接長に比べ突合せ溶接の比率がアップ

- ・溶接長10km→使用電力量=42,000kWh
- ・すみ肉:4-7mm脚長→62%
8mm以上 → 0.1%
- ・突合せ: →37%(内、1/3はCO2溶接)

溶接種類別使用電力量分布



水密隔壁(NK-F1)やフルペネ適用部の脚長考慮した溶接長の使用電力量への影響

↓(ベース船での概算)

総使用電力量:7%増加:

- ・すみ肉4-7mm脚長:62% →61%
8mm以上 : 0.1%→ 4%
- ・突合せ :37% →35%(電力量は不変)



使用電力量が7-10%増加と見ればよい

↓
溶接長10km□使用電力量=46,000kWh:

溶接使用電力量推定

使用電力量推定事例

(3) 溶接年間使用電力量推定

ある造船所で、使用済みワイヤー実績から逆算した使用電力量との対比結果より試算した例より係数を設定

- **年間使用電力量 = 年間ベース船使用電力量 × 係数**

① **年間ベース船使用電力量 = ベース船使用電力量 × 年間ベース船換算隻数**
(NK規則-F2ベースの脚長)

② **係数 ≒ 1.8**

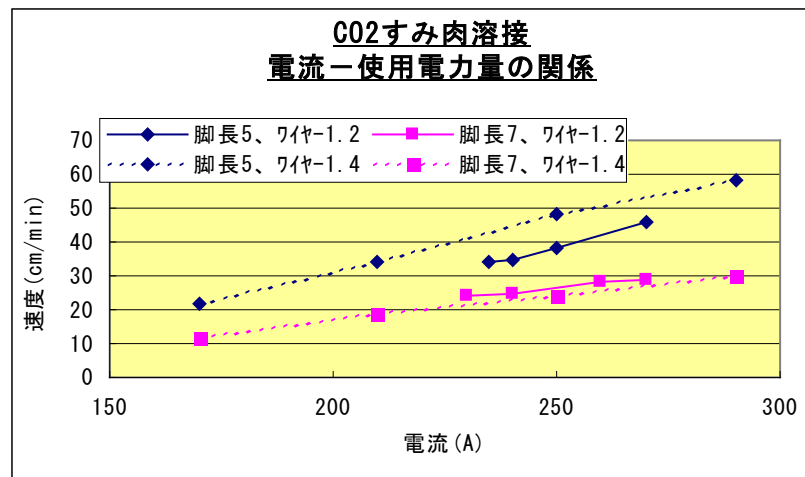
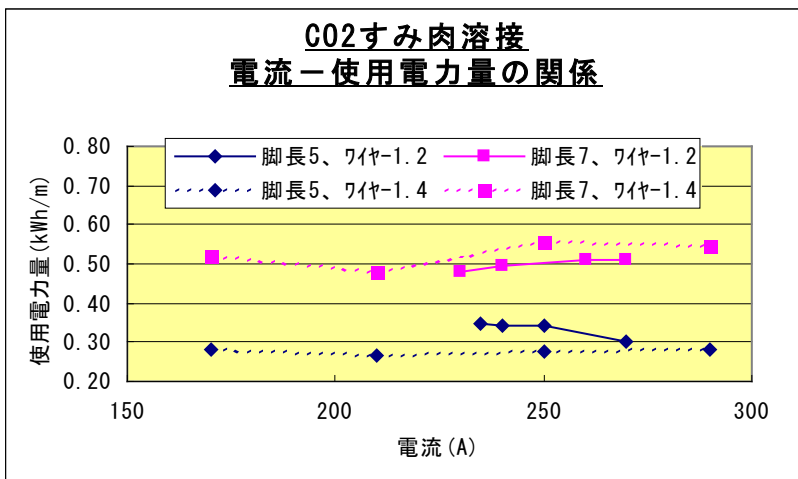
- A) 実設定脚長考慮係数(水密区画やフルペネ): 1.07~1.1程度
- B) 実際の施工脚長による溶着金属量増加 : 1.5程度
(規定脚長+1mmで、1.5程度)
- C) 他業務使用分 : 1.05程度
(パイプ加工・艀装品・仮付け・鉄構など)
- D) 待機電力 : 1.05程度
- E) 内作率 : 1.0以下

* 上記係数は、すべての造船所にそのままあてはまるかどうかは未検証のため、あくまでも大凡の目安となる数値。

実験結果に基づく省エネ効果推定

(1) 4-7mmすみ肉溶接

- 得られた知見: 使用電力量と溶接速度は正比例関係
→ Max溶接速度採用が生産能率面でメリットあり



● 前述ベース船での試算

実験結果の中間の速度-->Max速度とした場合

脚長	現状		速度Max
5mm	38cm/min x 250A	-->	46cm/min x 270A
7mm	25cm/min x 250A	-->	29cm/min x 270A

* 1. ワイヤ径=1.2Φ。

* 2. 4, 6mmも5, 7mmと同様と仮定する

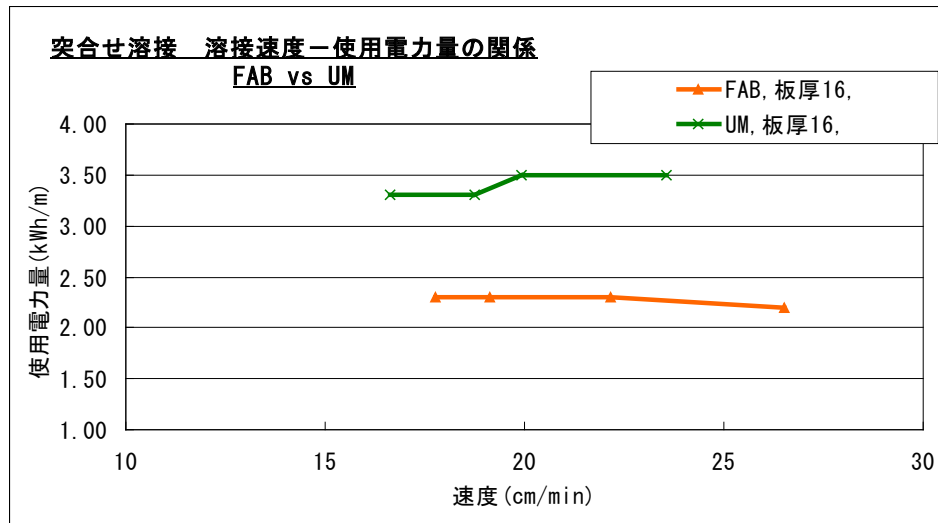
脚長	溶接長	溶接時間 (HR)		短縮時間
		現状速度	速度Max	
4mm	64, 186	2, 815	2, 326	-490
5mm	21, 297	934	772	-162
6mm	6, 425	428	369	-59
7mm	2, 178	145	125	-20

-731 HR/隻

実験結果に基づく省エネ効果推定

(2) 突き合わせ溶接: UM-->FABへの装置変更

- 得られた知見: FABの使用電力量はUMの70%



- 前述ベース船での試算

使用電力量差

	単位使用電力量
UM	3.4 kWh/m
FAB	2.3 kWh/m
差	1.1 kWh/m

* 16mm平均として

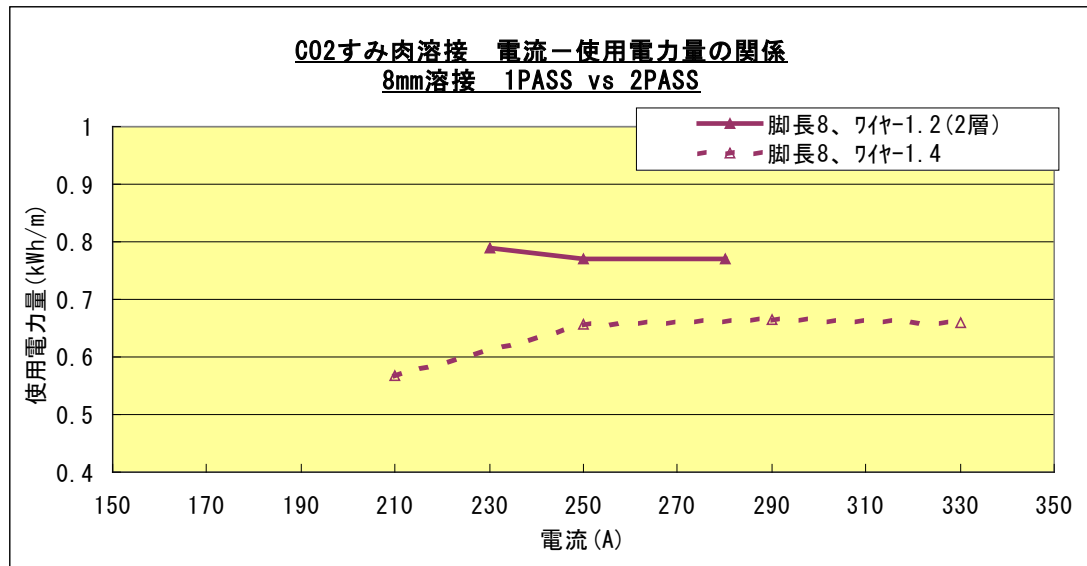


ベース船1隻当り: 543 m/隻 × 1.1 kWh/m = 598 kWh/隻
突合せの 3.8% に相当

実験結果に基づく省エネ効果推定

(3) 8mmすみ肉溶接 1.4Φワイヤーによる1パス施工

- 得られた知見: ワイヤー径1.2Φx2Passに比べて使用電力量は15%減



- 前述ベース船での試算

使用電力量差

	単位使用電力量
1.2Φx2pass	0.77 kWh/m
1.4Φx1pass	0.66 kWh/m
差	0.11 kWh/m



ベース船当たり: $1,560 \text{ m/隻} \times 0.11 \text{ kWh/m} = 171.6 \text{ kWh/隻}$
すみ肉の 0.2% に相当

* 上記溶接長は、水密隔壁等考慮したF!ベース溶接長ラフ推定値

➤ 全般:

- 今回の研究を通して、以下の知見を得ることが出来た。
 - 溶接種類別の使用電力量分布及び絶対値
 - ⇒ すみ肉:突合せ=60% : 40%
 - ⇒ CO2が占める割合=80%
 - ⇒ 4-7mmの1パスすみ肉溶接=60%
 - ⇒ 溶接長100,000mで使用電力量は約50,000kWh
 - 使用電力量削減の観点で3つの溶接法について以下を確認
 - ⇒ 4-7mmすみ肉溶接は、使用電力Minとなる特異点はない
 - ⇒ 突合せ溶接では、FABがUMより省エネに貢献できる
 - ⇒ 1.4Φワイヤー使用により8mmすみ肉1パス溶接が可能
- 上記3つの溶接法に関する省エネ効果つまり使用電力量削減の効果としては多くはないが、一つの目安として数値化出来たことは、今後の省エネ推進の観点では、評価できると思われる。

評価(続き)

- **溶接施工法別の実験結果による省エネ効果:**
 - 1. 4-7mm脚長 1パスすみ肉溶接
 - 溶接の使用電力量の60%を占める4-7mm 1passすみ肉溶接の使用電力量は、溶接品質を保つ範囲では、電流値と溶接速度は正比例となり一定。
 - 品質を維持できる溶接条件は、230A-23cm/min～270A-45cm/minの範囲。上記範囲では、作業能率及び稼働時間短縮による付帯設備の使用電力量削減の両面から溶接速度が速い溶接条件で施工することが推奨される。

評価(続き)

- 溶接施工法別の実験結果による省エネ効果:
 - 2. 突合せ溶接 UM/FAB
- 16mm板厚では、UMに対してFAB施工が30%省エネであるが、施工対象箇所が少なく溶接全体に対しては1.5%の効果に留まる。
- 突き合わせ溶接については、各社・各工場の施工要領が異なるため、UM施工を単純にFAB施工へ移行するのが得策とは断言出来ず、各社・各工場での判断になる。

評価(続き)

- **溶接施工法別の実験結果による省エネ効果:**
 - **3. 8mm脚長1パス溶接施工**
 - 省エネの観点では、その**効果は0.2%以下**と効果は大きくない。
 - ワイヤー径が1.4mmに限定されるという制限がある反面、1パス脚長キープという品質維持の観点では、作業能率向上も伴うこと、CSR適用で増厚による8mm施工範囲が増加することも視野に入れて、各社で判断する必要がある。

8. 総括

省エネルギーレーザーNC切断機の ソフトウェア開発

- ① マーキングや切断材料の集配材などの切断以外の時間で、レーザー発振器の消費電力を削減するNCレーザー切断機の機能が完成した。
- ② 開発した機能を使用して簡易的な効果確認の実験を行い、レーザー発振器の消費電力削減効果があることを確認した。
- ③ 各造船所殿でのレーザー切断機運用状況に、開発した機能を適用した場合の消費電力削減量の試算を行い、平均**21.8%**(9社平均)のレーザー発振器の消費電力削減効果が得られる試算結果が得られた。

省エネルギープラズマ切断機開発

- ① 現行の切断速度を維持し、切断電流を低減させる為の電極及びノズル等、プラズマトーチ、ガス制御装置を開発し、その可能性を見いだした。
- ② 上記の切断にて、実際に電力量の測定を行い、プラズマ切断機の消費電力量の**15%**削減が確認された。
- ③ 造船工場のプラズマ切断機の稼働状況と、本開発の省エネルギーNCプラズマ切断機を適用した場合のシミュレーションを行い、切断電流の低減に見合った消費電力量削減効果が得られる結果となった。

- 以下の知見を得ることが出来た。
 - 溶接種類別の使用電力量分布及び絶対値
 - ⇒ すみ肉：突合せ = 60% : 40%
 - ⇒ CO₂が占める割合 = 80%
 - ⇒ 4-7mmの1パスすみ肉溶接 = 60%
 - ⇒ 溶接長100,000mで使用電力量は約50,000kWh
 - 使用電力量削減の観点で3つの溶接法について以下を確認
 - ⇒ 4-7mmすみ肉溶接は、使用電力Minとなる特異点はない
 - ⇒ 突合せ溶接では、FABがUMより省エネに貢献できる
 - ⇒ 1.4Φワイヤー使用により8mmすみ肉1パス溶接が可能
- 上記3つの溶接法に関する省エネ効果つまり使用電力量削減の効果としては多くはないが、一つの目安として数値化出来たことは、今後の省エネ推進の観点では、評価できると思われる。

終