

# ぼうだより

# 技術がいと

## 2015 Spring

### Vol.486

●技術レポート

片面溶接装置の最新機能



**2** 技術レポート

**片面溶接装置の最新機能**

**7** 営業部ニュース

1- ユーザールポ 三井造船株式会社

**大分から世界の港へ** —世界のコンテナ物流を支える港湾クレーン

2- 新 銘柄のおはなし **被覆アーク溶接棒(6)**

**11** ほっとひといき | 世界の水辺

**消火栓のある風景**

**15** 解説コーナー | 試験・調査報告

**「深穴穿孔法による内部残留応力測定」**

**17** 神溶会コーナー

**Mail from Shanghai**

**18** 知恵袋コーナー | 用語解説

**「積層造形」について**



**—合併創刊号のお知らせ—**

長年愛読していただいております従来の「ぼうだより」と「技術がいど」が2015年4月号から年4回として合併することになりました。

今まで以上に内容の充実と見やすい誌面を心掛けて行く所存ですので、これからもよろしくお願いたします。

# 片面溶接装置の最新機能

諏訪 尊信

(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部

## 1. はじめに

神戸製鋼所が1964年に実用化した片面溶接施工法および装置は、多くの造船所のブロック製造ラインにおける板継溶接工程で採用頂いている。本装置は片面から高速かつ1パスにて溶接を行うことができ、また、コンベアによる流れ作業が可能であるため、造船所の板継溶接工程にはなくてはならない装置となっている。

2010年12月号の技術レポートにて当時の取り組みを報告し、その後もユーザーニーズに応えるべく新機能の開発を行ってきた。本稿では最新の片面溶接装置(図1)に搭載されている機能について紹介する。



図1 片面溶接装置

## 2. 新機能の概要

### 2-1 マルチオペレーション機能

国内の多くの造船所では、片面溶接装置を2台導入し、2シームを同時溶接することで生産性を向上させている。当社はこれまでシーム間隔自動位置決め機能を開発し、溶接開始前の段取時間短縮を実現してきた。しかし、溶接中の条件変更および微調整等は、各装置の操作盤より行うため、2台の装置間をオペレータが頻繁に行き来するか、装置1台につき1人のオペレータを配置する必要があった。そこで、オペレータの負荷軽減およ

び省人化のため、マルチオペレーション機能を開発した。

当社の片面溶接装置はそれぞれの溶接ヘッド部に制御機器を搭載し、装置1台毎に独立した制御を行っている。マルチオペレーション機能は、この独立した制御機器を専用の制御ネットワークで接続し、溶接中の溶接条件設定値およびモニタ値を他方のタッチパネルに表示させ、かつ溶接条件の変更や微調整を可能とする機能である。

図2にタッチパネルのマルチオペレーション画面を示す。本画面①部で相手号機側の各電極の溶接電流、溶接電圧等を確認することができる。溶接条件の微調整は各条件の数字をタッチし、②部で条件微調の「増」・

「減」を押して設定する。

本機能により2台の装置の同時溶接が1人で可能となり、生産現場での生産性の向上および省人化に貢献している。

図2 マルチオペレーション画面



## 2-2 直流／交流電源自動切替機能

近年、国内造船所で建造される船は製造コストの低減や燃費向上を目的とした船体軽量化への取り組みが推進され、それに伴い薄板や板厚差のある継手の割合が増えたため、それらの溶接に適したRF装置の導入が主流となっていた。至近では、多様な継手向けのRF施工に加え、コンテナ船やLNG船向けの厚板溶接に用いられるFCB施工の両方を兼ね備える「兼用装置」が求められるようになってきている。

当初の兼用装置は第1電極には直流定電圧特性の溶接電源を使用していた。しかしながら、極厚板のFCB施工時において安定した裏ビードを形成させるためには、広い条件

裕度を持つ交流垂下特性の溶接電源を用いる必要があることが判り、直流／交流電源自動切替機能を開発した。

本機能は直流または交流をあらかじめ設定し、自動溶接時に専用の制御盤に内蔵された遮断器で各溶接電源の2次側回路を切替えるものである。溶接電源の設定は溶接条件入力モード画面で条件番号毎に入力する(図3)。溶接電源の切替は自動溶接モード画面で条件番号を読みだした時に自動的に行われる(図4)。

本機能によって各施工法に適した溶接電源の自動選択化を実現し、安定した溶接品質の提供および省力化に寄与している。

図3 溶接条件入力モード画面



図4 自動溶接モード画面



### 2-3 片面溶接装置による後退溶接

片面溶接施工では、溶接線の継手終端部で溶接金属中央部に発生する終端割れが課題としてあり、その対策手法としてシーリングカスケード法やクレータ会合法が挙げられる。シーリングカスケード法とはあらかじめ溶接線の終端部付近に300mm程度のシーリングカ

スケードビードを施し、終端部では裏ビードを形成せずに溶接する方法である(図5)。また、クレータ会合法は溶接線の両端から中心へ向けてそれぞれ溶接を実施し、クレータを重ねる方法である(図6)。各手法のメリット・デメリットについて表1に記載する。

図5 シーリングカスケード法

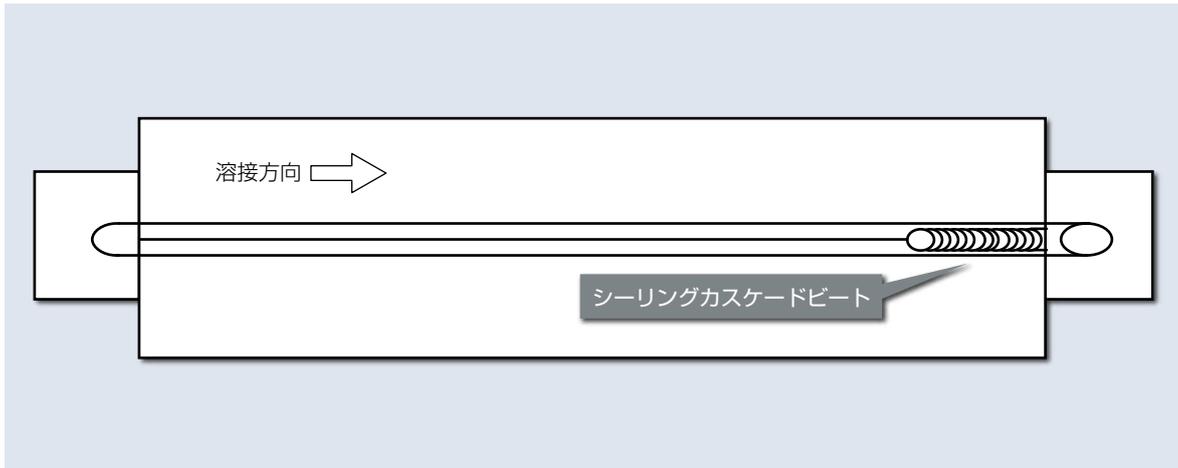


図6 クレータ会合法

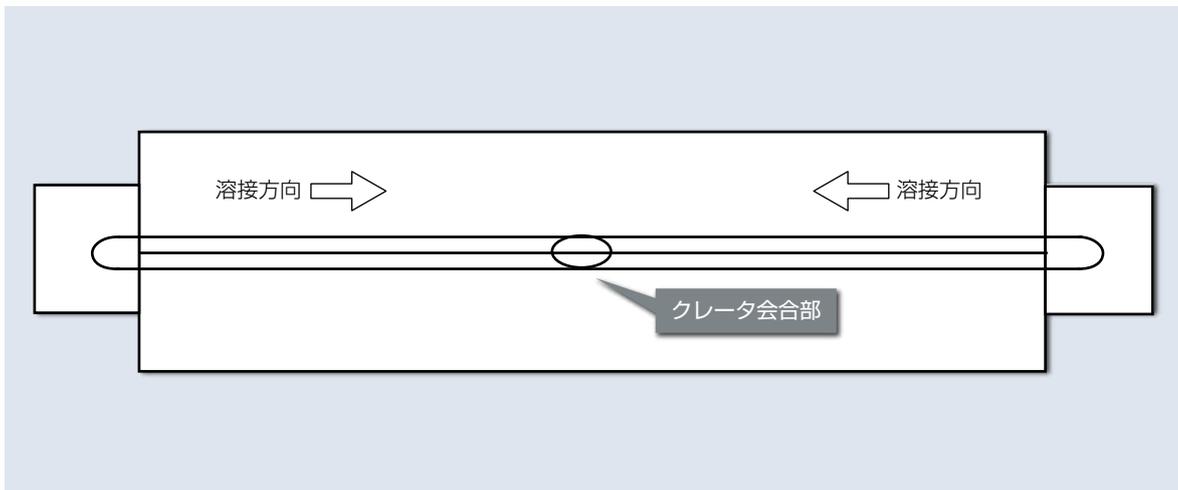


表1 終端割れ対策方法の特徴

終端割れ対策方法	メリット	デメリット
シーリングカスケード法	終端割れ防止率が高い	シーリングビードの処置が煩雑 終端部の裏ビード補修が必須
クレータ会合法		溶接が2回必要 会合部の手直しが不可欠

当社は終端割れの対策としてシーリングカスケード法を推奨してきた。さらにクレータ会合法適用のニーズに応えるため、終端部から始端側へ自動溶接を行う後退溶接機能を開発し、所望の終端処理を選択できる

ようになった。

現在は単電極の後退溶接機能を実用化しているが、多電極の後退溶接機能も現在開発中であり、近く実用化する予定である。

10mm離れた箇所です。ここで設定値より温度が高い場合は設定値以下になるまでロボットが待機します。測定中の温度は、図5に示すとおりPCの画面で確認でき、測定した温度が設定値以下になるとロボットが溶接を開始します。これを最終パスまで繰り返します。

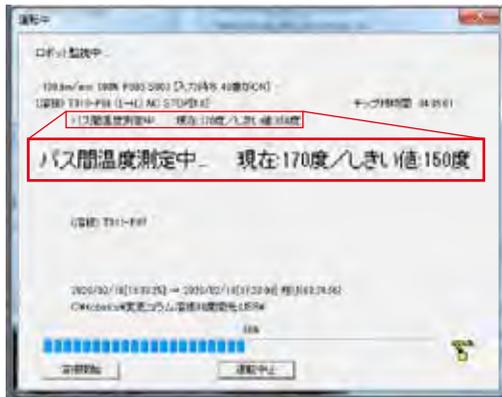


図5 パス間温度測定時のPCモニタの様子

### 3.3 パス間温度の記録

当社では溶接電流、アーク電圧、入熱量などを自動で記録し、施工レポートとして出力する機能があります。この施工レポートには、パス間温度を記入する項目を用意していますが、従来は人が測定したパス間温度を記入する、またはPCから入力する必要がありまし

た。本機能を使用することで、測定したパス間温度のデータを自動で入力できます(図6)。これにより温度データの入力作業の削減や入力ミスを防止できます。

## 4. おわりに

当社鉄骨溶接ロボットシステムで新たに開発したパス間温度測定機能について紹介しました。本機能により作業者がパス間温度の測定に要している時間を他の作業に活用でき、サイクルタイム短縮や品質安定化が期待できます。またパス間温度測定のために、作業者が安全防護柵の中で作業することがなくなり、安全性の向上も実現できます。

今後も、溶接品質向上、生産効率向上および省人化を実現する製品・機能を開発し、お客様の課題解決に貢献していきます。

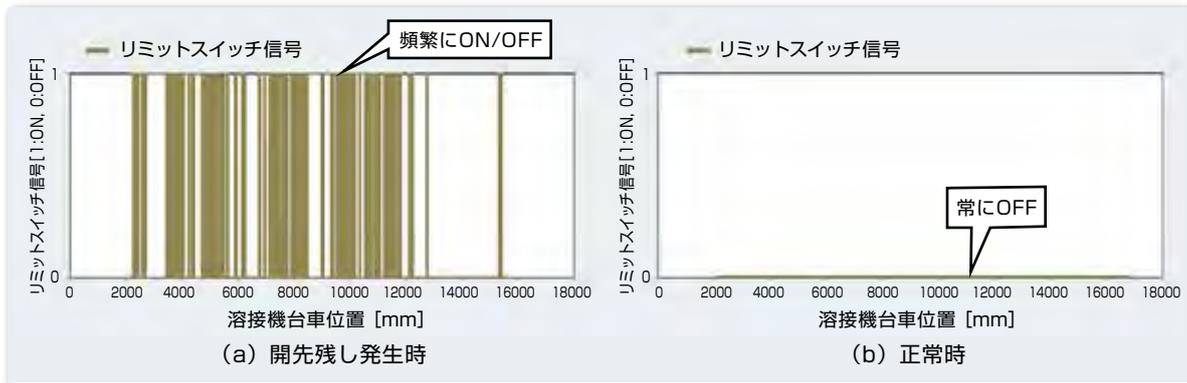
## 参考文献

- 1) 一般社団法人日本溶接協会溶接情報センター：溶接関係の統計 - 溶接技能者認証者数の推移 -、<http://www-it.jwes.or.jp/statistics/statistics2.jsp>、(2023-02-22)
- 2) 橋本潔ほか：鉄骨溶接ロボットシステムの開発状況、R&D神戸製鋼技報、Apr.2002、Vol.52 No.1、pp.64-67
- 3) 日本建築学会編「鉄骨工事技術指針・工場製作編」2018、p.384

工事名称					作業日	2022/06/30
柱番号					ロボット名称	
継手名					オペレータ	
母材		部位		コラム	記録者	
板厚	32mm	ルート間隔	8.9mm	横層図		
開先角度	35°	溶接姿勢	下向姿勢			
溶接材料	規格					
	ワイヤ径					
	メーカー					
	銘柄					
管理	パス間温度	250°C				
	溶接入熱	30000J/cm				
パス	区間	溶接電流(A)	アーク電圧(V)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(J/cm)	パス間温度(°C)
1	直線	318	34.8	24.0	27666	100°C以下
	コーナ	301	33.3	24.0	25058	
2	直線	295	35.8	26.8	23644	100°C以下
	コーナ	289	34.4	26.2	22767	
3	直線	280	36.0	26.3	22996	100°C以下
	コーナ	269	35.1	25.2	22480	
	直線	263	35.7	25.3	23060	
	コーナ	247	33.6	30.0	16598	
14	直線	270	33.3	31.3	17235	132
	コーナ	231	33.4	27.9	16592	
15	直線	264	33.6	31.6	16842	145
	コーナ	235	33.6	27.8	17041	
16	直線	254	33.9	29.7	17395	143
	コーナ	245	33.7	26.3	18836	

図6 測定した温度が自動記録された施工レポート

図8 リミットスイッチ信号

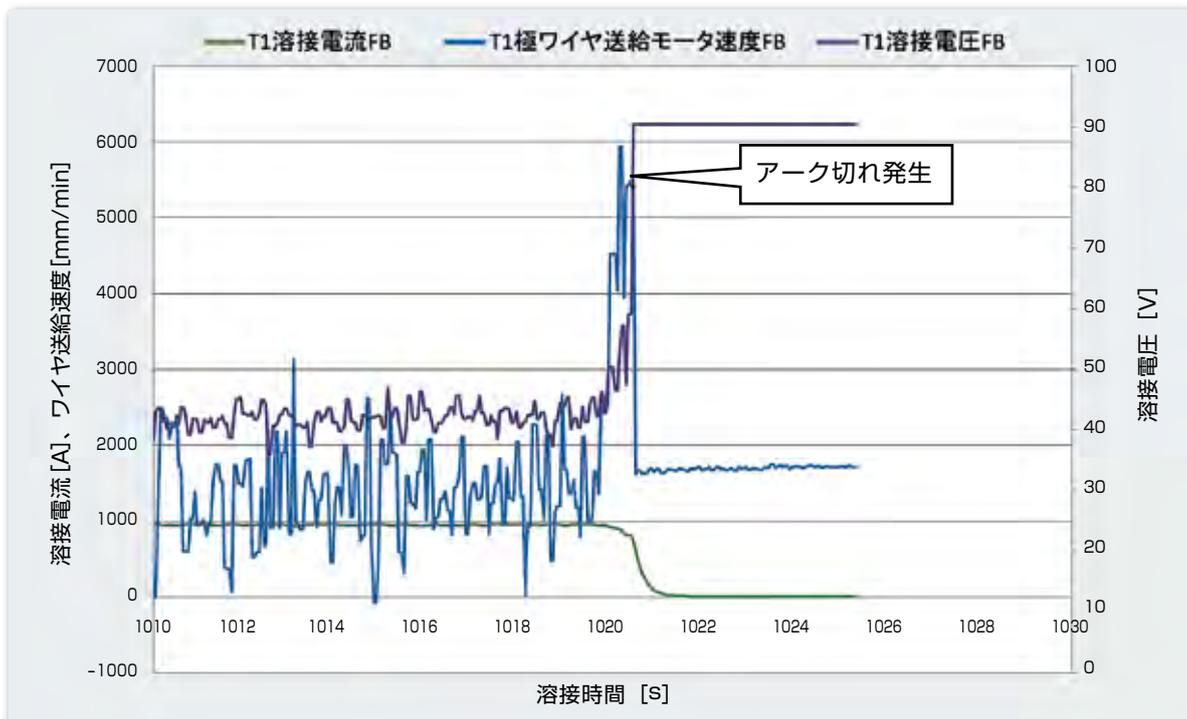


### 2) アーク切れ発生原因の特定

アーク切れ異常が頻発するトラブルが発生した。アーク切れ現象はワイヤ送給不良に起因することが多いため、溶接電流、電圧、ワイヤ送給モータ速度に着目し、アーク切れ発生時の波形(図9)を確認した。その結果、溶接電圧が上昇するとともにワイヤ送給速度が増加しており、ワイヤ送給モータは正常に動作していることが判った。

本現象が頻発する以前の波形と比較しても同等の波形であり、制御上の問題ではなく機械的要因によりアーク切れが発生していると推測した。実際に装置を点検した結果、ワイヤ送給ローラの加圧不足が原因であることが判明し、早期問題解決に至った。

図9 アーク切れ発生時の溶接電流、電圧、ワイヤ送給モータ速度波形



### 3. むすび

本稿では、最新の片面溶接装置に搭載されている機能について紹介した。今回紹介した中で、溶接状況ロギング機能は生産管理や品質管理の更なる強化に有効活用できると考えており、機能開発を進める予定である。

今後も神戸製鋼所はユーザの幅広いニーズに応え、

革新的な機能を提供するために機能開発に邁進していく所存である。

#### [参考文献]

- 田中和雄：技術レポート，神戸製鋼所，Vol.37 (1997)
- 木幡 茂：技術レポート，神戸製鋼所，Vol.50 (2010)

## 大分から世界の港へ — 世界のコンテナ物流を支える港湾クレーン

大分県大分市。九州の東部、瀬戸内海の西部に位置し、古くは豊後国の国府が置かれ、府内と呼ばれていました。キリシタン大名として名高い大友宗麟公のもと、南蛮文化が花開いた土地であり、現在は、関あじ関さば豊後ふぐ、とり天に豊後牛とグルメの方々からの人気が高い街でもあります。併せて、鉄鋼業や化学工業が盛んな工業都市でもあり、近年では電子工業の立地も進んでいます。



河津課長補佐

今回は、三井造船株式会社運搬機工場を訪問し、製造部の河津課長補佐にお話しを伺いました。

■本日はご多忙中にも関わらず、お時間を頂戴し誠にありがとうございます。また、日頃より弊社溶接材料及びシステムをご愛顧頂きましてありがとうございます。早速ですが、御社の概要と直近の仕事状況をお聞かせ下さい。

大分事業所は1981年に操業を開始し、1993年に当時業界最大級の鉄構工場として能力増強を行い、これまでに大型ボイラー、各種橋梁、石油掘削装置、LPGタンク、海洋開発機器等を製造し今日に至ります。現在は三井造船の運搬機工場として、「社会に人に信頼されるものづくり企業であり続けます」という企業理念のもと、コンテナ荷役用のガントリークレーンとトランスファークレーンを主製品として、その他各種クレーンと陸上構造物を製造しています。

2014年実績では、ガントリークレーンを約20基、トランスファークレーンを約40基建造しました。向け先は国内港湾向けと輸出案件が半々くらいとなっています。輸出先としては、東南アジアが最も多いですが、トルコやアルゼンチンといった国々にも実績があります。

世界的な物流量の増加が継続すると予測されるため、港湾用の荷役クレーンの需要も伸びていくと見ており、大分事業所も大幅な能力増強を図っているところです。

■クレーン製作において、水平すみ肉溶接にはFAMILIARC™ MX-Z200をご採用頂いております。継続的にご使用して頂いている理由をお聞かせ下さい。

まずは耐ピット性に優れるところが挙げられます。加えて脚長7mm程度までなら1パスで滑らかで美しいビードが引ける点も好評です。それから神鋼さんのFCWは送給性に優れているという点で、現場の作業が滞ることなく進められるので重宝しております。

水平すみ肉を専門に行う部署では、半自動、簡易台車、多電極溶接装置で、ほぼ全てFAMILIARC™ MX-Z200を使用しています。



ガントリークレーン



トランスファークレーン

■ご評価頂きありがとうございます。次に全姿勢用のFAMILIARC™ DW-100についても評価をお聞かせ下さい。

クレーンの製作においては、製品のサイズや形状、建屋の制約もあり、反転を行いつらいという難点があります。そのために立向きや上向きの溶接がどうしても多くなりますので、全姿勢用の溶接材料が必須となります。神鋼さんには立向き上進性の向上という現場の要望をくみ上げて頂き、当初納入して頂いていたFAMILIARC™ DW-100から、何度かの改良を経て現在の製品を納入して頂くに至っています。

立向き上進溶接の効率が向上し、現場からの評価も上々です。FAMILIARC™ MX-Z200同様に送給性が良いので、トーチまでの送給系が長く少々曲がっていても安定した溶接が可能となっています。また、全姿勢用ワイヤでは590MPa級鋼用の材料についても改良を実施頂きました。こちらも作業性が良いと好評です。

■ありがとうございます。では当社溶接ワイヤや溶接システムへの総合的な印象をお聞かせ下さい。

先ほどFAMILIARC™ DW-100改良の経緯でも述べましたが、現場の意見を良く聞いていただいているという印象を持っています。

それから、カスタマーサポートグループに溶接コンクール指導を複数回実施頂いています。運搬機工場では主に厚板の溶接を行っており、また二次電源がコンクールのときに使用する二次電源と違うため、条件合わせのコツなど溶接材料以外の点でも多くのアドバイスを頂き、非常に参考になっております。

また、2014年に納入いただいた神鋼さんの溶接材料は29銘柄で、サイズ、包装形態毎に細分すると40種以上にもなりました。これは現場のニーズに合わせて多様なラインナップを揃えていることはもちろんですが、ユーザーが要求する時期に遅滞なく多種多様な製品を

生産する神鋼さんの工場、物流や在庫の調整を行う流通販売網が機能してこそできることだと思います。おかげさまで、製造工程を考える上で溶接材料が入荷しないというリスクを減らすことができております。

■当社への要望がありましたらお聞かせ下さい。

クレーンの部材には、炭素量が0.5~0.7%の高炭素鋼を使用する箇所があり、低水素系の電弧棒で施工しています。これらを半自動で施工できるようなFCWがあればと思っています。安全衛生の観点からは、更にヒュームを減らして頂きたいと思います。製品の構造上、狭隘部での溶接は避けて通れないため、ヒュームが少ないワイヤは現場から支持されることと思います。

■貴重なご意見ありがとうございます。また、本日はお忙しい中、貴重なお時間を頂きまして誠にありがとうございました。

今後とも、溶接材料並びに溶接システム共に益々信頼して頂けるメーカーとなれるよう努力して参りますので、宜しくお願い致します。

■終わりに

ご多忙の中、取材にご協力頂いた河津課長補佐をはじめ、三井造船(株)運搬機工場の皆様の益々のご発展をお祈り申し上げます。

レポーター 里元 創  
(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 営業部  
西日本営業室 九州営業所



FAMILIARC™ DW-100狭隘部



反転を行いつらい大型構造物

## PREMIARC™

今回は硬化肉盛、鑄鉄用被覆アーク溶接棒の銘柄の由来をお話しします。肉盛は求められる硬さ、特性に応じ様々な銘柄がラインナップされています。鑄鉄(鑄鋼とは異なりますので注意!)の溶接は鑄鉄専用の銘柄が適用されます。

## 16. HF-XXX

専門書などによると、固体と固体がある接触圧力の下で相対運動を起こすと、固体のいずれか一方、もしくは双方の摩擦が生じ、形状が変化していきます。ブルドーザーやショベルなど建設機械の部品の中の土砂や岩石などの硬い物質と接触するツース類、金属体が相互に接触するクローラのリンクとスプロケットの関係などはその典型です。

摩耗の進行度合は、接触圧力が高ければ高いほど、また、相互に接触する固体の硬さが低ければ低いほど、一般的に大きく、また温度などの環境にも影響されます。

このため、摩耗を軽減または防止する目的で接触部に硬さの高い物質を使用したり、固体同士が直接接しないよう固体間に適当な液体(潤滑油)などを介在させる方法をとっています。硬化肉盛(ハードフェイスング: Hard Facing)溶接は前者に属する方法で、各種の機械部品の表面部に母材より硬さの高い金属を溶接により生成することで、稼働時の摩耗・変形を軽減し、機械設備・部品の長寿命化を図ることが出来ます。

また、摩耗・変形した部品の修復にも使用されています。

神戸製鋼では、本目的で使用されている被覆アーク溶接材料の銘柄名として「Hard Facing」の頭文字をとった「HF-XXX」を充てています。また、硬化肉盛用のフラックス入りワイヤとしてDW-HXXXシリーズがありますが、このHも「Hard Facing」の頭文字をとったものです。

神戸製鋼製の硬化肉盛用溶接金属の種類は、①少量のクロム・モリブデンなどを含む低合金タイプ ②10%前後を超えるクロム、マンガンなどからなる高合金タイプ

③3%前後の炭素を含む溶接金属に比較的多量の合金元素を添加した鑄鉄系タイプ、の3つに大別され、その原型は昭和27年から29年に開発・上市されています。その後、現存する表面硬化肉盛用被覆アーク溶接棒のほとんどが我が国の鋳工業生産が急激に拡大した昭和38年位までに開発され、今日に至っています。

もっとも初めに開発されたものの一つに高炭素・高マンガン系のPREMIARC™ HF-11、高炭素・中合金鋼系のPREMIARC™ HF-12などがあります。「-11」は高マンガン鑄鋼(いわゆるハッドフィールド鋼)の特徴である11%マンガンに由来しています。「-12」はそれに次ぐ2番目の被覆アーク溶接棒として、「PREMIARC™ HF-13」は13%クロム系であることから「-13」を使用しています。

高クロム系としてはPREMIARC™ HF-30があります。「-30」は30%クロム系であることに由来しており、硬化肉盛用フラックス入りワイヤのPREMIARC™ DW-H30やPREMIARC™ DW-H30MVの「-30」も同様に30%クロム系であることを表しています。

PREMIARC™ HF-16の「-16」は高炭素-16%マンガン-16%クロムの溶着金属を形成することに由来します。

「PREMIARC™ HF-240」から「PREMIARC™ HF-1000」などHFに続く数字が3~4桁の数字からなるグループがありますが、この3桁・4桁の数字は溶着金属の硬さをおよその「ビッカース硬さ」であらわしており、比較的やわらかいパーライト系溶接金属からタングステン炭化物を多量に含む高硬度のものまで広く含まれます。フラックス入りワイヤDW-HXXXシリーズも同様に、PREMIARC™ DW-H250からPREMIARC™ DW-H800ま

## フラックス入りワイヤと被覆棒の種類・特長

肉盛金属の種類		フラックス入りワイヤ	被覆棒	ビッカース硬さ
パーライト系		☐DW-H250, ☐DW-H350	☐HF-240, ☐HF-260, ☐HF-350	200~400
マルテンサイト系		☐DW-H450, ☐DW-H600 ☐DW-H700, ☐DW-H800	☐HF-450, ☐HF-500, ☐HF-600 ☐HF-650, ☐HF-700, ☐HF-800K	350~800
13%クロムステンレス鋼系		☐DW-H131S, ☐DW-H132	☐CR-134	350~500
セミ・オーステナイト系		—	☐HF-12	500~700
高マンガン・オーステナイト系	13%Mn系	☐DW-H11	☐HF-11	150~500
	16%Mn-16%Cr系	☐DW-H16	☐HF-16, ☐MC-16	200~400
高クロム鉄系		☐DW-H30, ☐DW-H30MV	☐HF-30	600~800
タングステン炭化物系		—	☐HF-950, ☐HF-1000	800~1200

☐: PREMIARC™

で、溶着金属のビッカース硬さを表す数字を銘柄にしたパーライト系・マルテンサイト系の銘柄があります。

その他の硬化肉盛用被覆アーク溶接棒が極軟鋼心線を使用し、合金元素をフラックスから添加している中でPREMIARC™ HF-1000のみが、フラックス入りワイヤ同様、主合金成分のタングステン炭化物を軟鋼フープに巻き込んだチューブ状の心線を使用するユニークな構造をしています。

硬化肉盛用溶接材料は、求められる硬さ、特性(耐金属間摩耗、土砂摩耗、高温摩耗、など)に合せラインナップされています。硬さの確保、割れの防止(軽減)には適切な溶接材料の選定と母材の錆やよごれ、割れの除去などの母材側の処理、熱管理など施工上の管理が重要です。

## 17. CI-A

「CI-AXX」は鋳鉄用被覆アーク溶接棒です。「C」「I」はそれぞれ「Cast Iron」(鋳鉄)の頭文字に由来します。「A」はCM-AXXXで紹介の通り、心線に合金線が使われていることを表します。最初に開発された鋳鉄用被覆アーク溶接棒PREMIARC™ CI-A1(昭和30年開発)に合金線(純Ni線)が使用されており、以降55%Ni-Fe合金線のPREMIARC™ CI-A2(昭和33年開発)と続いています。その後は純鉄心線を使用したPREMIARC™ CI-A3にも本銘柄を付しています。

PREMIARC™ CI-A1は溶着金属中のニッケルの効果により母材部(鋳鉄)からの溶着金属への炭素の拡散をおさえることにより熱影響部の硬化を低減し、また延性に富んだニッケルベースの溶着金属と相まって延性の不足しがちな鋳鉄の溶接を可能にしています。

PREMIARC™ CI-A2は溶着金属のニッケルを35~45%として熱膨張係数を小さくすることで、溶接時の収縮応力に起因した割れの発生を軽減しています。

PREMIARC™ CI-A3は軟鋼系の溶接材料で、溶接金

属は鋳鉄母材の溶込みによる炭素の影響で硬くなることから、PREMIARC™ CI-A1やPREMIARC™ CI-A2と比較して耐割れ性は劣ります。しかし鋳鉄母材とのなじみ性がよく、母材との色調差が少ないメリットもあり、小さな鋳造欠陥の補修にはよく用いられています。

なお、PREMIARC™ CI-A1から-3の数字は開発順序を示しています。

## 18. PREMIARC™ MC-16

「MC」を称する被覆アーク溶接棒はPREMIARC™ MC-16のみです。低炭素系の16%マンガン-16%クロム溶接金属を生成し、高強度・高靱性の安定したオーステナイト組織が得られます。MCはそれぞれマンガン(Manganese)、クロム(Chromium)の頭文字、16はそれらの添加量(16%)を示しています。

PREMIARC™ MC-16は13%マンガン鋼の溶接などに使用される他に、透磁性が極めて小さいという特長からリニアモーターカーに使用される高マンガン系非磁性鋼板の溶接などで好評価を得ていました。



(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 営業部  
営業企画室 原田 和幸

主な特長	主な特性 ※1						
	耐金属間摩耗	耐土砂摩耗	耐高温摩耗	耐キャビテーション	耐食性	耐熱性	耐衝撃性
耐割れ性良好 機械加工容易	○	△	×	—	—	×	○
耐摩耗性良好	○	○	△	—	×	△	△
耐酸化性、耐熱性、耐食性 耐摩耗性良好	○	△	○	○	○	○	△
靱性・耐摩耗性良好	○	○	△	△	△	△	△
靱性・耐衝撃摩耗性良好 加工硬化性大	×	○	×	△	×	×	◎
高温硬度大、靱性良好	○	△	○	○	○	○	○
耐エロージョン性極めて良好 耐食性、耐熱性良好	△	◎	◎	×	○	○	×
耐重研削摩耗性極めて良好	×	◎	×	×	×	×	×

※1 ◎：極めて良好 ○：良好 △：やや劣る ×：劣る —：一般に用いられない



文・写真：水中・水辺の  
フォトジャーナリスト

高野 弘

## 「消火栓のある風景」

火事場で活躍する消火栓。

大きな水圧に耐えるよう作られ、見た感じはどっしりして、「僕が街を守っているよ！」と言わんばかりの存在感がある。

日本の消火栓はシルバー色に近い単色だが

海外の水辺の旅でよく出会うものは、姿、形も違う。

本体のカラーも時々異なり、

取材中に出会う消火栓を撮影してきた。

マレーシアと北米で出会った消火栓を通じて

水辺や街の風景そして魅力を紹介。



### <自然豊かなボルネオ島東マレーシア>

東マレーシアに位置するサバ州。州都「コタキナバル」は、同州の玄関口として発展を続けてきた。空の旅を楽しみながら空港に近づくと街の沖合に浮かぶ島々が眼下に見えてくる。これらの島々はツウルク・アブドゥル・ラーマン国立公園を構成し、紺碧の海では各種マリンスポーツが楽しめる。島のリゾート施設も充実しており訪ねてみるとさっそく色鮮やかな消火栓に出会った。



海では黄色がよく似合う。それを思って色付けされたのか、このリゾートではイエロー色の消火栓に統一していた。熱帯の花に負けない色使いで島のトロピカル度アップに貢献している。

南国の島の楽しみ、それは、カラフルな原色に出会うこと。

### <リゾートを守る心強い存在>

朝、カーテンを開ける。朝の陽光が室内で弾け、フレッシュな海からの空気を熱帯の花の香りとともに風が運んでくる。そして魅力は海が目の前に広がっていることだ。夜は南シナ海に沈む落日を楽しみ、島の1日が終わる。そんなリゾートライフを満喫できるように海上に建てられた水上コテージをここでも消火栓が守っている。木製で作られた部屋が多い上、リゾート内の移動は木で作られた橋を利用する。万一火災が発生すると熱帯の暑さも手伝って火の手が早い。ゲストの滞在を24時間守っている頼もしい消火栓でもある。



水上コテージに続く板でブリッジと消火栓。

### <南シナ海に沈む夕日と馬との出会い>

離島の取材からコタキナバルに戻り、街の中心から車で半時間ほどのビーチを訪ねた。南シナ海に浮かぶ夕日の撮影のためビーチで時間を過ごしていると、馬に乗った男性が近づいてきた。話しかけると今から馬を走らせるという。農家の馬で、農作業の疲れとストレスが取れるため馬も喜び、夕暮れ時の日課だとのこと。すると本当に馬は嬉

しそうに海岸線から20mほど先の海をビーチと平行して全速で走り始めた。人も動物も植物にとっても自然はストレスフリーに効果あり。インターネットの中のバーチャルの世界から離れることも大切なのだろう。特に水辺の旅はお勧め。良いリズムを体内で生み出す力がある。



人も動物も癒す一時、南シナ海に沈む落日。



広大な敷地に建つマイクロソフト社と消火栓。

### <北米シアトルとマイクロソフト本社の消火栓>

「水の街」として親しまれる北米ワシントン州の街、シアトル。人口60万ほどではあるが、最近は温暖なこの地に移住する海外の人が多という。世界的な企業である航空機関連のボーイング社、大手通販企業のアマゾン、IT企業では特に著名なマイクロソフト社、またシアトルコーヒーやスターバックスが生まれた土地でもある。滞在中、マイクロソフト本社を訪

ねる機会があった。仕事ではなく、「シアトルに来たのであれば一度はマイクロソフト社の外観でも見たい」とお世話になった現地在住の方に連れて行ってもらった。到着すると、本社の建物のスケールにびっくり。広い。僕はどちらかという敷地内へ続く入口の消火栓に注目。「おお、こんなところでも頑張っているのではないか」とさっそくカメラを向けた。



「当地で獲れる魚介類ですよ！」と地元産魚種の一覧と港。

### <シアトルの海の恵み>

漁業が盛んな街の水辺では漁船やヨットなどを係留する波止場によく出合う。風光明媚な場所に多く、おしゃれなレストランなどが立ち並び、シーフードを堪能できる。写真の波止場は、漁船やヨットの他、浚渫船（しゅんせつせん）など作業船も多い。目的に応じて船の形や大きさなど様々で見ているだけで楽しくなる。広い波止場を歩いていると看板が目にとまった。見ると当地で獲れる魚介類の顔ぶれがイラスト入りで紹介されていた。これまで数多くの港を訪れたがこんな紹介の仕方は初めて見る。シアトルの水辺の魅力に自信を持つ管理者の姿勢が表れていた。



足元に建つような感じの消火栓。青いキャップがイキな感じ。

### ＜水辺を離れ、シアトル郊外のドイツ村へ＞

シアトルから車で数時間の距離にあるドイツ村“レブンワース”。街から日帰りで行けるとのことで訪ねてみた。街全体、ドイツの雰囲気漂い、レストランではソーセージや豚料理などドイツ定番のレストランメニューが目飛び込んでくる。北米にはドイツの移民が多いという。定着し、コミュニティから村へそして街へ発展したのだろう。そしてこ

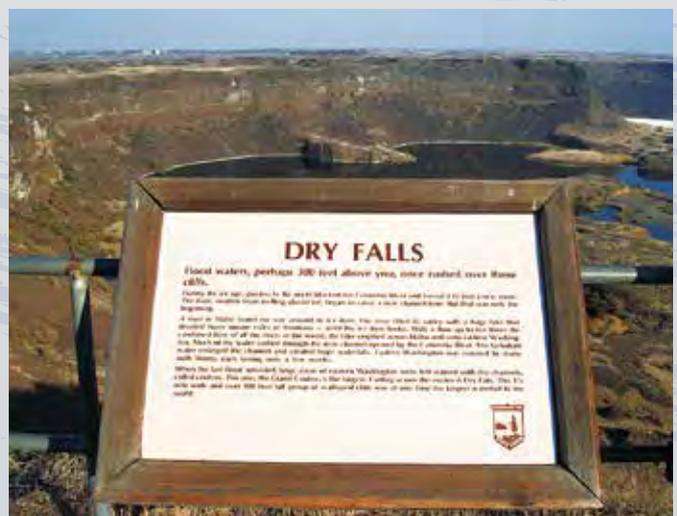
こにも消火栓が。黄色い色だが、マレーシアのスマートな姿とは違い、体高は短く、太い。ソーセージの食べ過ぎではないか、と思うほどだ。

しかし、パワーは間違いなくありそうだ。



### ＜地球の大変動から生まれた巨大滝跡＞

この機会に、さらにワシントン州を西へと車を走らせ、シアトルの水の供給にも関係するコロンビア川を訪ねた。雄大な川だ。「この土地には昔、地球一大きな滝があった」とのことで、川に近い「Dry Falls」(乾いた滝)を訪ねたが、その滝跡の姿に唖然！落差120m全長5kmほどに及ぶ滝跡はすっかり乾き、岩肌が露出。かつては氷河が被い、その後、氷雪解けと洪水で約14,000年前に滝を形成。その後すっかり水がなくなったという。今回の水辺の旅は地球の水の壮大なドラマとの出会いもあり、ますます消火栓が愛おしくなった。



氷河期、洪水、濁水と壮大な地球のドラマを感じる Dry Falls。(氷河が決壊した当時の水位は展望台の位置からさらに100mほど高い位置にあったという。)

# 深穴穿孔法による内部残留応力測定

## 1. はじめに

残留応力とは、外力が作用していない状態で材料や構造物の内部に存在する隠れた力(応力)のことです。構造物によって残留応力は様々な分布を持ちますが、平衡状態を保つために引張応力と圧縮応力の総和はゼロになります。この残留応力の存在は、好ましい場合と好ましくない場合があります。一般的に部材表面の圧縮残留応力は亀裂の開口を抑える方向に作用するため、応力腐食割れの耐性や疲労強度の向上に繋がり、好ましい場合が多いです。一方、部材表面の引張残留応力は、亀裂の開口を助長する方向に作用するため予想もしなかった破壊の原因となることもあり、好ましくありません。これら表面の残留応力に対し、内部の残留応力は、その分布状態によって亀裂の伝搬進路や変形に影響することが知られています。このため、構造物の設計において、溶接部周辺等大きな力が作用すると思われる箇所の内部残留応力分布を知ることは、極めて重要となります。

残留応力を実測する方法はいろいろありますが(図1)、板厚内部の残留応力を測定できる方法は多くありません。取り分け50mm以上の厚板となると、ひずみゲージ切断法、Contour法、深穴穿孔法(以下、DHD(Deep Hole Drilling)法)の3手法に限られます。これら3手法は破壊法となり実構造物への適用はできませんが、モックアップ試験体に対し活用されています。ひずみゲージ切断法は、ひずみゲージを貼り付けた部分をブロック状に切断していき、その際に解放された応力を測定する手法ですが、測定対象となる試験体形状に制限があります。Contour法は、純粋な実測ではなく、切断による変形計測とFEM解析の組合せで応力を算出する手法となります。DHD法は、ドリル加工した穴の直径変化量から解放前後の応力を算出する手法で、手順が比較的簡便で複雑な形状への適用も可能となっています。

今回は、板厚内部の残留応力測定方法の一つであるDHD法をご紹介します。また、DHD法をベースとし、より高精度化を達成した改良型深穴穿孔法も合わせてご紹介させていただきます。

## 2. DHD法(深穴穿孔法)

DHD法の測定は以下の手順で行います(図2)。測定穴径の変化量から残留応力を算出します。

- |         |                               |
|---------|-------------------------------|
| ①ドリリング  | 測定したい位置にドリル加工により測定穴をあけます。     |
| ②計測     | 測定穴径をエアプローブにより計測します。          |
| ③トレパニング | 測定穴回りを放電加工により円筒状に切出します。(応力解放) |
| ④再計測    | 測定穴径を再計測します。                  |

このDHD法は、イギリスのBristol大学の教授等により開発された手法で、同大学から派生した会社が測定事業を世界で唯一実施しております。現在、国内企業を含め、各国から内部残留応力の測定依頼がこの会社へ集中しております。

図1 試験体形状

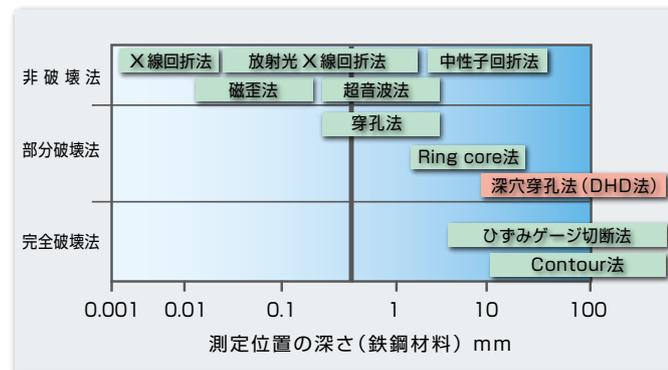


図2 DHD法の測定手順

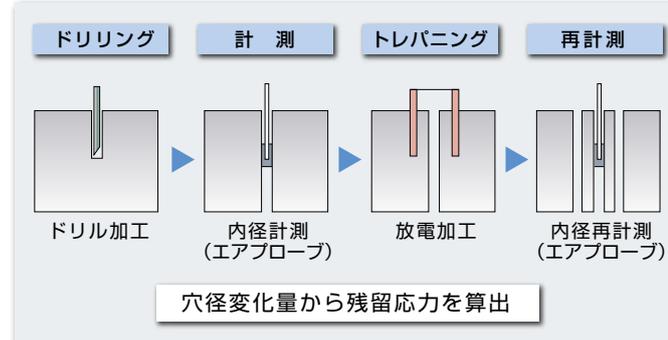


表1 DHD法と開発法の比較(一例)

項目	DHD法	開発法
評価式導出のための応力状態の仮定	二次元 応力状態	三次元 応力状態 (実現象)
DHDプロセス中に生じる塑性変形の影響	× (考慮なし)	○ (考慮あり)
トレパニング後の計測	測定穴径の計測のみ	測定穴径 +円筒倒れ +円筒伸び の計測

〈参考文献〉

- ・北野ら：溶接学会全国大会講演概要、91(2012)、284-285
- ・北野ら：溶接学会論文集、31-4(2013)
- ・河合ら：溶接学会全国大会講演概要、95(2014)、368-369
- ・永井ら：溶接学会全国大会講演概要、95(2014)、370-371
- ・河合ら：溶接技術、63(2015)、109-113

神鋼溶接サービス(株) 技術調査部技術室  
永井 卓也

### 3. 開発法(改良型深穴穿孔法)

経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の採択を受け、(株)山本金属製作所、大阪大学、神鋼溶接サービス(株)の3機関が、高精度で迅速性を有する内部残留応力計測を可能とする改良型 DHD 法を開発しました。3機関の役割は、大阪大学が評価式の導出、(株)山本金属製作所が加工及び計測方法の開発、神鋼溶接サービス(株)が試験体製作及び評価・検証です。また、アドバイザーとして、重電メーカー2社、鉄鋼メーカー1社、自動車メーカー1社に参加頂いております。

開発法の特徴を表1に示します。DHD法では、二次元体の弾性解析によって導出された残留応力の評価式が用いられており、ドリル加工及びトレパニング時に生じる塑性変形は考慮されておられません。つまり、塑性変形による測定穴径の変化量は応力計算に反映されていないこととなります。一方、開発法は、三次元応力状態及びドリル加工、トレパニング時の塑性変形を考慮した評価式を用いております。また、この評価式を活用するため、加工精度も向上させております。具体的には、穴あけに回転工具を螺旋上に移動させながら穴を繰り広げていくヘリカル加工を取り入れ、溶接部における真円度(円の最大内接円の半径と、最大外接円の半径の差)と真直度(穴の入口と出口の位置ずれ)で高レベルの精密加工を達成しております。また、トレパニングによる応力開放に伴う材料変形を考慮した円筒倒れ・伸び量計測手法も確立しております。

### 4. 開発法(改良型深穴穿孔法)による実測例

開発法を用いた実測およびひずみゲージ切断法による比較試験を行うため、図3に示すように、母材に板厚100mmのSUS304、溶接ワイヤに308系を用いた両側U開先ティグ溶接試験体を作製しました。ひずみゲージ切断法による内部残留応力測定では、溶接線方向と溶接線直角方向に薄板を切り出し、その時解放される応力とその板に残っている応力の和として残留応力を求める方法を用いました。残留応力の測定位置は試験体中央で、溶接線方向と溶接線直角方向の残留応力を測定しています。

溶接線方向および溶接線直角方向の残留応力測定結果を図4に示します。開発法は、トレパニングを95mmまで行ったデータです。開発法、ひずみゲージ切断法ともに、両測定方向において、試験体表面および裏面から15mm程度内側で引張残留応力の最大値を示し、板厚中心に向けて圧縮側へシフトしていく傾向を示しています。表面から約85mm深さまでは、両手法の値は良い一致を示しています。なお、開発法ではトレパニングを最後まで行わず、下面から15mm程度までは応力解放が完全でないため、85mm以降で差が生じたものと推察されます。

### 5. おわりに

内部残留応力を測定できる深穴穿孔法をご紹介しました。深穴穿孔法は溶接をはじめ、切削や圧延、鋳造等製造工程全般を対象とする残留応力の評価方法として適用が可能です。熱処理による応力除去状況の確認、溶接継手等の残留応力の把握、FEM解析結果の妥当性確認等への活用が見込まれます。また、内部残留応力を高精度に評価することで、脆性破壊挙動や疲労き裂や応力腐食割れの進展挙動との関係がより詳細に解明されることも期待されます。これを機会に内部残留応力の評価に興味を持って頂ければ幸いです。

図3 残留応力評価用の試験体形状

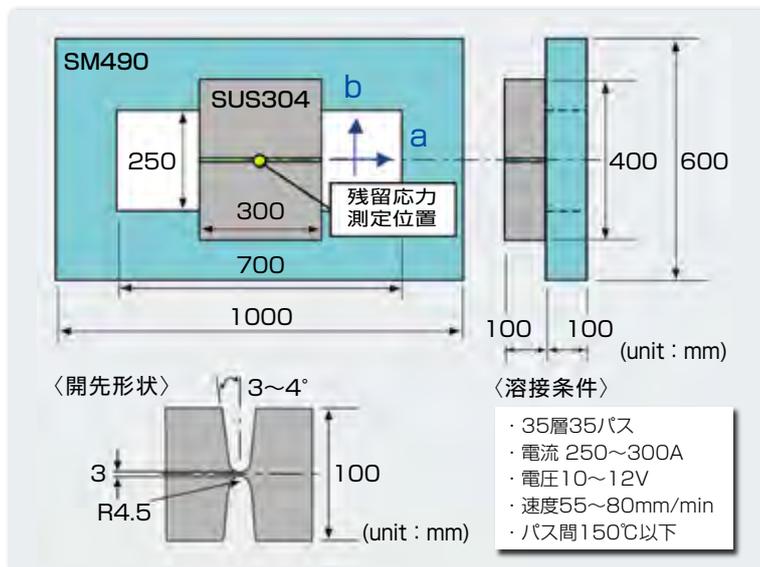
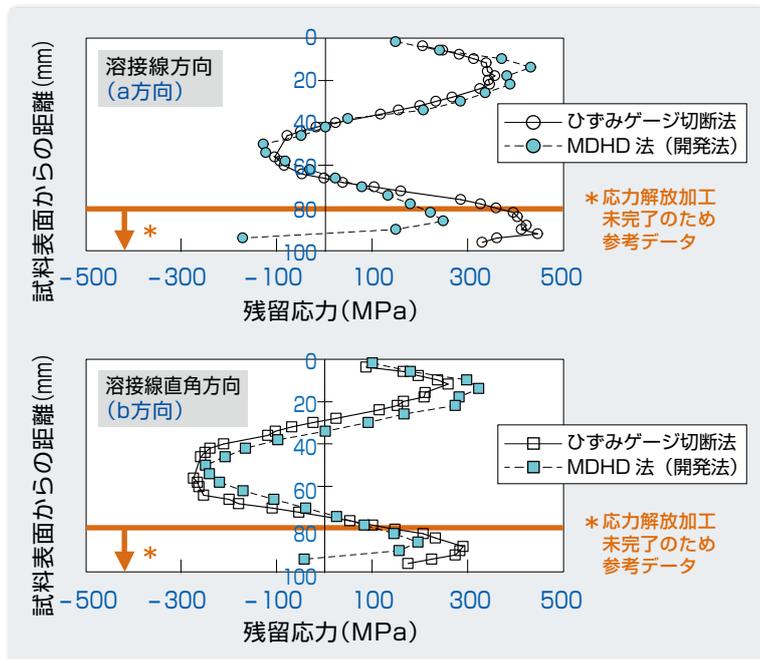


図4 溶接線方向及び溶接線直角方向の残留応力測定結果





●神溶会コーナー

Mail from Shanghai

# 歡迎光臨、上海!

上海溶接器材有限公司 山下 誠人



ぼうだより・技術がいの読者の皆様、こんにちは。

上海溶接器材有限公司 (KWSH) の山下誠人です。2008年に入社、福知山工場で生産管理を2年、東京本社で海外営業を4年担当し、昨年8月に中国へ赴任しました。

KWSHは中国における溶接材料、溶接システムの販売拠点として2010年に設立されました。昨年8月には唐山神鋼溶接材料有限公司 (KWT)、青島神鋼溶接材料有限公司 (KWQ) の営業部門が統合され、中国の全市場の営業、マーケティングを担う新生KWSHとなりました。現在は中村総経理以下34名(内、日本人からの駐在員は9名)が勤務しています。

私が所属する溶材部は業種によって3つのチームに分かれています。私は造船、橋梁、海洋構造物のお客様を担当する第2チームに所属し、KWQ製フラックス入りワイヤ、日本から輸入される電弧棒やサブマージアーク溶接用ワイヤなどをお客様にご提供しています。中国はここ数年で世界最大の造船大国に成長しましたが、人件費高騰や品質安定化が課題となっており、最近では溶接自動化、効率化のニーズが急速に高まっています。このような環境下で、神鋼グループがお役に立てる機会は益々増えており、いち早く情報を捉え、お客様にとって最適なお提案を行うことがKWSHに求められています。お客様にとって最も信頼されるパートナーであるため、KWSHスタッフ一同全力で業務に邁進しています。



上海を代表する観光地、外灘

さて、ここで上海の生活を少しご紹介させていただきます。平日は出張で各地を転々とするため、休日を自宅でゆっくり過ごすことが多い私ですが、家族や友人が訪ねてきた

時は、はりきって観光案内に出掛けます。日本でもよく知られている外灘エリアのほかに、昔ながらの中国風情を残す豫園、上海随一の繁華街である南京東路を歩けば、上海の魅力を存分に感じることが出来ます。また少し足を延ばせば、マルコ・ポーロに「世界で最も華やかな街」と称えられた古都・杭州、運河が街を廻る情緒たっぷりの蘇州など、中国を代表する観光名所もあり、これらも「一見の価値あり」です。

また上海は中国全土、さらには世界中から料理店が集まり、美食の面でも魅力の多い都市です。「上海なら中華料理!」と思われがちですが、(意外にも?)イタリアンやフレンチのレベルが高く、価格も日本よりリーズナブルで、お勧めです。

皆様も上海へお越しの際は、観光名所を巡り、美食を満喫して下さい。またその際は、(昨年7月に新しくなった)KWSHの事務所にも是非お立ち寄り下さいませ。



私が担当する第2チームのメンバー(中国人5名)と ※筆者は奥右

# 「積層造形」について

金属製品の加工は、{加圧成形、溶接、切削加工等}で材料を目的の形状まで造形する手法が一般的ですが、必要な形状を得るために二次元の断面を連続的に積層する方法が注目されています。この手法は積層造形と呼ばれており、印刷と同様に複雑な形状の立体が成形できるため、この装置は三次元プリンターと呼ばれています。

積層造形の歴史は、1980年代後半にアメリカで、光造形による三次元プリンターが商品化されたことに発端しています。当時、1台あたり数百万円するため、汎用性はなかったのですが、2008年頃からは、基本特許の失効に伴い、数十万円のものが発売されるようになり、現在では、家庭等でも導入されるようになってきました。

積層造形技術には数種類の積層法が実用化されています。検出またはインプットした三次元データを1層ずつ順に出力し、目的の形状を得ることができる各種積層造形法の適用素材、メカニズム、長短所を

【表】に示します。

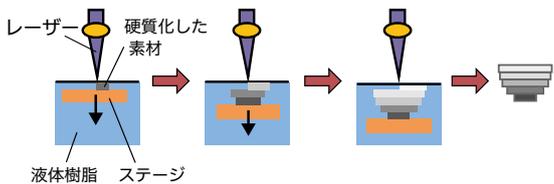
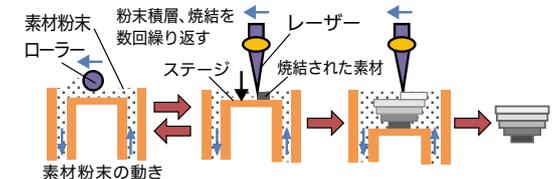
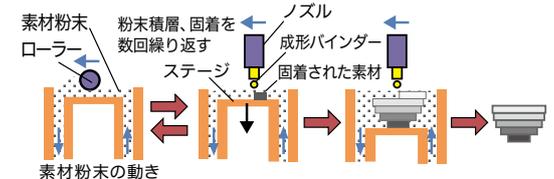
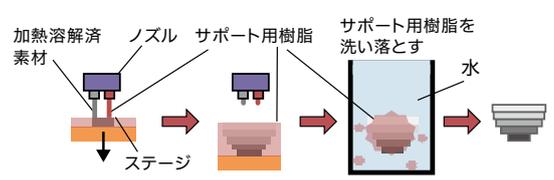
これらの技術とは別に、金属の積層造形にアーク溶接を適用する技術が産学共同で開発されています。アーク溶接で溶接ワイヤを熔融させて凝固造形させる手法は、粉末焼結法と比べ造形精度は劣りますが、低コストかつ高能率な積層造形が可能となります。なお、この方法で目的とする形状を精度高く得るためには、切削加工等の仕上加工が必要になりますが、新たな金属加工法として様々な製造業分野で期待されています。

(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター  
溶接開発部 小林 智

参考)

- 1) 溶接学会誌 2014年 Vol.83 No.4 P16-35
- 2) デジタルコンテンツ会3Dプリンター特集  
<http://www.ss-dc.com/tokusyu/tokusyu94.html>
- 3) 日刊工業新聞 金属3Dプリンター開発-アーク溶接応用、高速・低コスト化  
<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0720141224aaai.html>

【表】各種積層造形法の特徴

方法	適用素材	メカニズム	長所	短所	模式図
1 光造形法	光硬化樹脂	光硬化樹脂の液体に紫外線を照射し固化	・高精度 ・高強度	・素材限定 ・設備コスト	
2 粉末焼結積層法	熱可塑性樹脂 金属 砂	素材粉末を薄く平面上に敷詰め高出力レーザーで焼結	・高強度 ・素材豊富	・低精度 ・表面粗度	
3 粉末固着積層法	セラミック 樹脂 紙	素材粉末を薄く平面上に敷詰め成形バインダーとなる接着剤を噴き付けて固化	・高精度 ・素材豊富	・低強度 ・表面粗度	
4 熱溶解積層法	熱可塑性樹脂 金属 石膏	加熱溶解された素材をサポート用樹脂の上にノズルで吹付け冷却固化	・素材豊富 ・設備コスト	・低精度 ・表面粗度	

表紙のことば **日本の風景** 津軽の春-弘前



桜の美しい城、魅力ある津軽十萬石の城下町 — 青森県弘前市

青森に桜前線がやってくるのは、4月下旬頃。

弘前公園の「弘前さくらまつり」は全国でも屈指の桜の美しい名所として日本さくら名所百選、人と自然が織りなす日本の風景百選に選ばれ約50種3,000本の桜が咲き誇る。

また、追手門広場にはルネサンス様式の旧市立図書館と旧東奥義塾外人教師館。さらに東側の青森銀行記念館。キリスト教伝道の先進地でもあった弘前には教会建築も多い。一方、城の北側には武家屋敷群と藩政期からの商家がたたずみ、重伝建地区に選定されています。城の南西は禅宗の寺ばかりが集まった静寂な禅林街。その最奥には津軽藩主の菩提寺である長勝寺に重要文化財の三門を構えるなど、周囲に残っている数々点在する和洋の歴史建築が彩りを添えます。

夏の夜の勇壮華麗なねぶた、郊外の秋のリンゴ畑など、弘前は魅力が詰まった街です。

