

ぼうだより

技術がいど

2024 Winter

Vol.520

●技術レポート

高クロム鋼用バックシールド省略施工



2 年頭のご挨拶

7 技術レポート

高クロム鋼用バックシールド省略施工

11 神溶会コーナー

サポーターリレー（東北地区）

13 営業部ニュース-1

溶接ご法度集-30

各種母材におけるご法度(2) 鋳鉄編 その2

14 知恵袋コーナー | 用語解説

偏荷重

15 ほっとひといき | 日本の素材百科

金糸・金箔と金欄

17 解説コーナー | 試験・調査報告

ステレオ画像相関法について

19 営業部ニュース-2

新人営業マンのための溶接基礎講座

第4回「2番、ハズ(HAZ)」

21 解説コーナー | 溶接レスキュー隊 119番

ティグ溶接における施工上の注意事項【後編】



●年頭のご挨拶

謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

このたびの令和6年能登半島地震によって被災されました方々には心よりお見舞い申し上げます。
平素は、神鋼溶接材料ならびに溶接ロボットシステムの販売に多大なるご高配を賜り、
誠にありがとうございます。

(株) 神戸製鋼所 執行役員 溶接事業部門長
末永 和之



皆様、新年明けましておめでとうございます。

昨年は、新年の賀詞交歓会に始まり、5月の新型コロナの5類移行直後に開催された全国総会、また、秋の地区総会に至るまで、多くの会員の皆様と対面で交流させていただく機会を得ることができました。各地区によって主要な業種やお客様が異なっている中で、共通のニーズが「人材育成」であることを再認識致しました。神溶会の理念である、「伝統」の紫、「改革」の赤、「繁栄」の金色を実現していくために、神溶会がこれまで歩んできたように、誠意を持って人と接することを大事にし、「営業力の強化は人材育成から」という伝統をしっかりと守っていく所存です。そして、改革と繁栄へと繋げていくためには、お客様の声をしっかりと吸い上げ、集約し次のアクションに繋げる活動が重要であり、地域に応じたマーケティング活動が欠かせません。当社は、「品質」を経営の柱に掲げ、「世界で最も信頼される溶接ソリューション企業」であり続けることを目指していますが、この実現に向けて、今年も引き続き神溶会会員の皆様と一緒にマーケティング活動をより充実させていきます。

昨年を振り返りますと、新型コロナの制約は緩和されたものの、ロシアのウクライナ侵攻の継続に加えて中東問題の再燃や、資機材の高騰、円安や人手不足などにより、経済活動を営む環境は依然として不透明感が継続し、各業界の回復は緩やかなものでした。

その一方で、カーボンニュートラルやデジタル・トランスフォーメーションを中心とした、持続可能な開発や働き方変革は一層加速しています。溶接分野におきましても、溶接現場の生産性向上、自動化や職場環境改善への期待がより大きくなっており、当社の持つ「溶接ソリューション」を展開するチャンスであります。お客様の声に応えていけるよう製品・サービスの高度化をより一層加速していく所存です。

この2024年が皆様にとって、より良い1年となりますよう祈念申し上げます。

神溶会会長 | (株) 神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター 国内営業部長
広崎 成一



神溶会会員の皆様、新年明けましておめでとうございます。

この時期が来ると思い出すことがあります。昔、全国社会人ラグビー大会は毎年12月中旬～正月頃にかけて行われ、試合会場には最寄事業所の社員が総出で応援に駆け付けたものでした。92年のお正月、当時全盛期にあった当社ラグビー部は順調に勝ち進み、大阪花園での決勝戦の出来事です。平日開催のため、応援組はくじ引きで決めるのですが、運悪く私一人が留守番となりました。浮き浮きと出発する上司・同僚たちを羨ましく見送りながら事務所で留守番をしていると、昼前にY先輩から電話で「東大阪のA鉄工でパックのトラブルが起きた。現場に行って対応するように」と指示がありました。大急ぎで作業着を着こみ、緊張して現場に駆け付けると、そこにはY先輩とA鉄工の社長さんがたばこを吹かしてニコニコ雑談中でした。「問題は解決したで。このまま花園近いから一緒に応援しに行こか」と一言。留守番でふてくされていた私を連れ出す口実を作ってくれたのでしょうか。戸惑いながらもこれ幸いと、作業着姿のままラグビー観戦と一緒に楽しみました。結局、何のトラブルだったのかはついぞ知らずじまいでしたが、粋な先輩たちだったなと懐かしい思い出です。

さて、旧年はコロナ禍収束に伴い、平時のありがたさをしみじみ感じながら活動ができた年でした。「買うての幸い、売っての幸せ」という大阪商人の言葉を私自身ご挨拶などでよく使わせていただいておりますが、本年も会員皆様とお互いが幸せを感じられるようなご商売をさせていただければと存じます。神溶会活動におきましては引き続き、会員各社様のご理解、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

今年は龍のごとく、パックワイヤのごとく、一緒に力強く立ち昇って参りましょう！

●年頭のご挨拶

謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

このたびの令和6年能登半島地震によって被災されました方々には心よりお見舞い申し上げます。平素は、神鋼溶接材料ならびに溶接ロボットシステムの販売に多大なるご高配を賜り、誠にありがとうございます。

マーケティングセンター 国内営業部

東日本営業室長
入口 高明



昨年1月に東日本営業室に着任し1年が経過しました。昨年を振り返りますと、5月からの新型コロナウイルス5類化移行に伴い関東神溶会活動も本格的に再開、定例会や分会、地区総会に溶接サポーター活動などコロナ前とほぼ同じ活動レベルに戻り、懇親・親睦も含め多くの会員各社様と接する機会を設けさせていただきました。今となっては新型コロナウイルスのさまざまな感染対策も思い出話に近いものとなりました。そして昨秋に発表させていただいたエネルギーコストアップを主体とした5回目の溶接材料価格改定については、多大なご支援・ご協力を賜わり改めて感謝申し上げます。

関東甲信越地区を取り巻く環境について、半導体の部品不足問題は昨秋より解消傾向にあり自動車・建設機械関連については増産体制を敷く顧客もあり期待が持てます。一方の建築鉄骨関連は資機材高騰や物件の設計変更に伴う現地建設の遅れ・一時停止などもあり予想していたほど回復が見込めていない状況です。業種を問わずこれから「労働者不足」や「2024年問題」に直面していくなか、お客様ならびに神溶会メンバーや神戸製鋼も試練の年になると予想しており、時代にマッチした最適な溶接ソリューション提案が益々求められると感じております。

このような変化が著しい環境において、神戸製鋼が最大販売量・最大販売台数を確保するための手段に奇策はありません。関東神溶会の皆様との連携を一層強化し、お客様との信頼関係を築き上げることにあります。昨年末から開始しました関東神溶会独自企画「Good Partner & Best Supporter」活動をはじめ、適切な価格政策、技術営業のさらなる推進、溶接ソリューションの展開などをひたむきに突き進め、関東神溶会の皆様とともにこの難局を乗り切って参りますので、今後ともご支援・ご協力をお願い申し上げます。

中日本営業室長
木村 憲一郎



昨年は、5月に新型コロナの位置づけが2類から5類に移行し、行動制限が緩和されたことから、東海神溶会の活動も昨年までと違った活動的な1年となりました。サポーター講習会、キャラバンカー巡回、ユーザ同行訪問など、コロナ禍の3年間は思うような活動ができなかったことから、これを取り戻すかのように皆様とともにアグレッシブな活動をさせていただきました。さらに、東海地区独自のサポートプレミアム活動「売ってよかった神戸製鋼、やっぱりコベルコ大作戦！」を積極展開中です。各種講習会や個別勉強会、またユーザ様への同行訪問などを通じて弊社製品の特長をご理解いただき、自信を持って提案活動ができるようにサポートして参ります。そして、これらを通じてお客様のものづくりの課題解決に繋げることで、結果的に「売って良かった！、買って良かった！」、「やっぱりコベルコだね！」と、売る側と買う側双方で「良かった！」と実感していただき、また次回も「よろしく！」と言ってもらえる関係づくりができるように努めて参ります。

国内市場は、資機材の高騰、モノ不足、世界情勢の不安定などによる課題が山積していますが、当地区のメイン業種でもある自動車業種では、トヨタ自動車様をはじめ自動車部品メーカー様の生産がコロナ前の水準まで回復しています。また、建築鉄骨においても地場の中小物件はまだら模様ではあるものの、錦三丁目やイビデン、ららぽーと安城といった大型物件が継続しており一定量が確保されていることから、緩やかに経済は回復に向かうと予測されます。機を逃すことなく、神溶会の皆様とともに当地区のみならず、我が国のものづくりに貢献すべく、これからも神溶会の皆様とのコミュニケーションを通じて、互いに成長できることを楽しみにしております。最後になりますが、会員各社様のご発展と皆様のご健勝を祈念し新年のご挨拶とさせていただきます。



西日本営業室長
濱 俊彦

昨年は新型コロナの5類移行により、人の往来や経済活動が本格的に再開した1年でした。スポーツではWBC、バスケットボール、ラグビーなどの国際大会が相次ぎ、またプロ野球では阪神vsオリックスの59年ぶりの関西対決が実現し、ご当地大阪は最後まで盛り上がりを見せていました。選手たちの真剣なパフォーマンスは我々に感動と勇気を与え、チームワークの素晴らしさを改めて感じさせてくれました。

一方、世界では紛争が絶えず、政治、経済面で分断が続いています。また猛暑、洪水、山火事などの自然災害が世界中で発生し、地球温暖化が今まさに進行中であることを警告しています。これら世界情勢や環境の変化は我々の溶接事業にも影響を及ぼし、鉄鋼原料が高止まりする中、溶剤原料やエネルギー高騰により、昨年後半からベース値上げをお願いすることになりました。過去の鉄鋼市況連動とは異なる複合的な要因による価格改定でしたが、関西神溶会の皆様から多大なご理解、ご協力をいただくことができ、心より感謝申し上げます。

さて本年は辰年です。竜は十二支の中で唯一空想上の動物ですが、古来より縁起の良い生き物として親しまれ、またその勇ましい姿から権力の象徴とも言われています。足下の景況感は決して力強いものではなく、また人手不足など閉塞感を感じることも多い事業環境ですが、天空を駆ける竜のごとくスケールの大きい活動で関西神溶会を盛り上げ、会員各社様のお役に立てるように尽力して参ります。

本年も皆様からの変わらぬご指導、ご鞭撻を賜りたく、何卒よろしくお願い申し上げます。



東日本営業室 北海道営業所 所長
辻 高弥

昨年は阪神タイガースが38年ぶりとなる「アレのアレ（日本一）」に輝き、岡田監督の采配や言動にも注目が集まりました。一方、北海道日本ハムファイターズは、48年ぶりとなる2年連続の最下位に沈みました。但し、北海道ボールパーク「エスコンフィールド」が開場した効果は絶大で、観客動員数は前年比46%増となる188万人が観戦したそうです。今年こそは8年ぶりの日本一を目指して、新庄監督3年目の大躍進に期待したいものです。

北海道神溶会でも月例会の暑気払い企画としてエスコンフィールドを訪れ、球場内で醸造されたクラフトビール片手に声出し応援を行いました。このほかにもコロナ5類移行を受け、さまざまな行事を4年ぶりに再開。登別温泉で開催した制限のない地区総会、ボウリング・懇親会を再開した地区分会など、会員の皆様との懇親を再び深める機会をたくさん持つことができ、「これぞ、神溶会」という実感の持てる1年となりました。

神溶会活動の要である人材育成についても、本格的に再開しています。北海道地区では「道内テイクオフプロジェクト23」と題して、今年度の活動を展開しておりますが、第一弾として、北海道で初開催となるビギナーサポーター講習会を道内6地区で開催。続く第二弾では、4年ぶりに開催した溶接サポーター講習会にも多数ご参加をいただきました。真剣に受講される会員皆様の熱意を感じ、大変意義のある講習会が開催できたと思います。

足下、半導体ラピダス工場建設やインバウンド需要の回復に期待が集まる一方、物価高騰や人手不足などの影響で、多くの建築物件が見直しや中止・延期となっています。2030年冬季五輪の誘致断念、北海道新幹線札幌延伸工事の遅延など、負の連鎖が巻き起こる状況ではありますが、北海道経済が再び浮上＝テイクオフできるよう、皆様のビジネスを微力ながら後押しして参りたいと思います。本年も何卒、よろしくお願い申し上げます。

●年頭のご挨拶

謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

このたびの令和6年能登半島地震によって被災されました方々には心よりお見舞い申し上げます。平素は、神鋼溶接材料ならびに溶接ロボットシステムの販売に多大なるご高配を賜り、誠にありがとうございます。



東日本営業室 東北営業所 所長
渡邊 宙史

昨年は、東北神溶会・地区総会を含め、さまざまな会合やイベントがコロナ前と同様な形で開催され、あっという間に過ぎ去った1年ではなかったでしょうか？また、各会合とともに対面での営業も完全復活し、コロナ禍で希薄となってしまったお客様との関係が、徐々に回復できた1年でもありました。東北神溶会では、会員の営業マンの皆様の技術営業力の向上と人脈の再構築を目的として、昨年より「KOBELCO WELDING NETWORKING」を開催しております。これまで約100名の営業マンの方に参加いただき、ご好評につき、今年も継続して開催して参りますので、奮ってご応募の程お待ちしております。

さて、東北地区の経済状況ですが、昨年10月末にSBIホールディングス社と台湾PSMC社が宮城県大衡村にて半導体工場を建設すると発表されました。総投資は8,000億円程度と言われており、九州や北海道での半導体関連の投資規模には劣るものの、既存の半導体関連工場や東北大学の半導体材料における高い研究力とあわせて、東北も「日本の半導体ハブ」の一つになると予測されています。また、PSMC本社がある台湾新竹市にも放射光施設があるように、次世代放射光施設「ナノテラス」が運用される4月以降、さらにさまざまな半導体関連企業が東北へ進出し、生産工場が建設されると言われています。足元、中小案件の延期や中止が相次ぎ、鉄骨ファブの稼働がやや低調になっていますが、今後このような半導体関連や需要が堅調な物流倉庫により、春以降の稼働回復に期待したいところです。

今年の干支は「甲辰」で、これからの成功や成長が芽吹くために、種子の内側で大きくなっていく年であり、芽吹くと大きく旺盛に実ると言われています。この言葉の通り、足元は少し厳しいものの、後半の旺盛に向けて、東北神溶会の皆様とともに切磋琢磨して参りたいと思いますので、本年も神戸製鋼ならびに東北神溶会をよろしくお願い申し上げます。



西日本営業室 中国営業所 所長
澤田 啓太郎

2023年を振り返りますと、年初にはコロナ禍からの本格的な回復を実感できる年になるのではと期待しておりましたが、円安と物価高の進展、国際情勢が一段と不安定化、海外経済の減速といった下押し要因から経済の先行を不安視するムードが漂っております。我々中国地区を取り巻く主要業種の環境も不透明感を増しており、建築鉄骨では回復感に乏しく、仕事があるのは域外物件を手掛けられる大手ファブだけという「我慢の時期」が暫く続くものと思われます。最大業種である造船では、緩やかな回復を期待も、人手不足、資機材の調達難、設備老朽化という3つの「不足」が足枷となり、造りたくても造れないという状況が続いております。唯一自動車だけは、半導体不足などの影響は解消が進み、各メーカーでは計画値を上回る生産実績を重ねるなど増産体制を整えつつあります。このように業種による明暗とユーザ個々に温度差はあるものの、コロナ前と異なる新常态であると認識しております。

コロナ禍で神溶会活動が難しかった間に、当社や商社・代理店の方も、異動や世代交代でその構成が変化しております。活動を再開するにあたり、基本に立ち返った人材育成が求められているのだろう、そして顔の見えるコミュニケーションを大切にしたいと考え、中国神溶会『POWER OF COMMUNICATION』と題したテーマ選択型の講習会を行っております。2024年も引き続き行って参りますので、会員各社様からの積極的なエントリーをお願い致します。

辰年は陽の気が動いて万物が振動するので、活力旺盛になって大きく成長し、形がととのう年だといわれています。中国神溶会と会員各社様の大きな成長に繋がる2024年となるよう神溶会活動への変わらぬご支援とご協力をお願い申し上げます。



西日本営業室 四国営業所 所長
宇治原 宏昭

2023年はコロナ禍の行動抑制が段階的に緩和され、四国の三大祭りも無事盛大に開催されるなど、人的交流が活発化した年でした。地区総会も行動制限を設けず完全再開致しましたが、やはり会員各社様が懇親会と2次会を通じ相互に交流を深められていくのを拝見し、改めて会としての役割や存在価値について考えさせられた次第です。

昨年はまた、経済活動の再開にあたりお客様における人手不足の課題、熟練工の退職に伴う技能継承の課題など、ものづくりにおける課題が大きく取り沙汰された年との印象もあります。四国地区においても特に造船業は受注量が回復し大手ヤードさんの線表は2年半以上が埋まってきている中、加工量は中々上げきれない状況が続いています。製造業に携わる人口は年々減少していく中、海外からの技能実習生の受け入れや確保が大きなテーマとなってきています。溶接分野においても脱技能化や省人化といった提案に対する関心は高く、メーカとしての商品開発はもちろんのこと、業界全体としてこの課題に向き合っていくことの重要性を感じています。神溶会活動におきましても、四国地区では「Challenge 4 to Expert」と題してテーマ選択型の講習会を実施しておりますが、質疑応答も活発で好評いただいております。若い営業マンの方々にも提案力のある営業活動を実践いただければと思っています。2024年に向けて大きな需要の伸びは難しいかもしれませんが、お客様へ脱技能をはじめとした課題解決型提案を会員の皆様と積極的に活動していくことで、WIN-WINの関係づくりとお客様に喜ばれる神溶会、神鋼商品であることを目指して参ります。

最後となりますが会員各社様のご健勝を祈念し挨拶に代えさせていただきます。今年もよろしくお願い申し上げます。



西日本営業室 九州営業所 所長
加賀谷 陽介

昨年6月に九州営業所に着任し、早いもので7ヶ月が経過しました。

昨年は、日本がグレゴリオ暦を導入して150周年という節目の年でした。グレゴリオ暦の本質は、平年では1年を365日とするが、400年間に97回の閏年を置いて、その年を366日とすることにより、400年間にわたる1年の平均日数を $365日 + (97/400)日 = 365.2425日$ (365日5時間49分12秒) とすることであり、実際に観測で求められる平均太陽年に比べて約26.821秒長いだけであり、それまで用いられていたユリウス暦に比べると格段に精度が向上したということです。因みに、九州地区では、北九州市市政60周年、関門橋開通50周年、ホークス球団創設85周年、福岡ドーム開場30周年という節目の年でした。

この1年を振り返りますと、新型コロナが『5類』に引き下げられ、さまざまなイベントがコロナ前の水準で開催されました。神溶会活動においても、当地区では『九神ビッグバン』と名付け、人材育成をテーマとした溶接サポーターや業種別エキスパートを展開させていただきました。ご参加いただきました皆様のご理解とご協力に改めて御礼申し上げます。

神溶会の旗揚げから今年で72年、グレゴリオ暦には及びませんが、競艇発祥の地として知られる長崎県の大村競艇場と同一年になります。神溶会の伝統『営業力の強化は人材育成から』を大切にして、今後も九州神溶会の皆様とともに発展すべく、本年もよろしくお願い申し上げます。

高クロム鋼用バックシールド省略施工

磯野 晋也

(株) 神戸製鋼所 溶接事業部門 技術センター 溶接開発部

1. はじめに

Cr-Mo鋼に代表されるフェライト系低合金耐熱鋼は高温強度や高温における耐酸化性などに優れているため、火力発電プラントや石油精製プラントなどの高温・高圧環境下の鋼材として多く使用される。Crは高温強度、特にクリープ強度の向上と耐高温酸化性や耐高温硫化腐食性の向上を目的として12%程度まで添加される鋼材が使用されている。これら低合金耐熱鋼に加えて、同じくCr含有量の多いステンレス鋼のティグ溶接 (Gas Tungsten Arc Welding ; 以下、GTAW) で裏波溶接を実施する場合、裏波溶融金属を適切に保護しなければ裏波ビードが激しく酸化し凹凸が発生してしまい、健全な溶接金属が得られない。これは、裏波溶融金属の表面が大気に触れて、表面に高融点のCr酸化物が形成され、その酸化物が溶融金属の均一な凝固および湯流れを阻害するためと考えられている¹⁾。健全な初層溶接金属を得るため、不活性ガスにより裏波溶融金属表面の酸素濃度を十分に低下させ保護するバックシールド (またはバックパージ) と呼ばれる手法が一般的に適用される。バックシールドガスの消費量を抑え効率良く裏波を保護するためにはさまざまな治具を用いる方法があるが、特に配管の溶接では溶接線近傍の管の両端を封止してガスを大気と置換させ充満させる方法がよく用いられる。しかし、この方法では治具の設置、ガスの置換、酸素濃度管理など段取りに多くの時間を要し、さらに配管の径や長さ、レイアウトによっては治具の設置位置が制限され、治具によりガスを封止したとしても使用するガスの量は膨大となる。加えて、治具の外し忘れにより運転時に機器に損傷を与えたり、補修などのため配管内部へ人が立ち入った際にガスが残留していた場合には窒息による事故が発生するリスクがある²⁾。

上記問題を解決すべく、当社ではバックシールドを省略しながらも健全な裏波溶接が可能なGTAW用溶加材を開発した。本稿では9Cr-1Mo-V-Nb鋼 (以下、Gr.91鋼) 用として開発した **TRUSTARC™** TG-SX91CMIによる施工例を中心に、5～9%のCrを含む低合金鋼のGTAWによる裏波溶接において溶加材の成分調整によりバックシールドを省略できる施工法を紹介する。

2. 従来のバックシールド省略GTAW施工手法

バックシールドを省略できるGTAW施工としては、裏波ビード表面にスラグを形成させ裏波溶融金属を保護する手法が古くから検討され実用化されている。スラグ形成剤の添加方法としては、大きく二つの手法がある。一つは溶加材にスラグ形成剤を添加する方法であり、当社のステンレス鋼用TG-Xシリーズのようにフ

ラックス入りワイヤを溶加材とするものや、タセト社のTGFシリーズのようにフラックスを溶加材の表面に被覆させるものがある。もう一つは、開先にペースト状のスラグ形成剤を塗布する方法である。いずれも良好な裏波溶接が可能となるが、裏波ビードの全線に相当量のスラグが発生する。配管の裏波溶接に適用する場合は内部にスラグが残存するため、異物の残留を嫌う配管系の場合は適切に除去する必要がある。

3. TRUSTARC™ TG-SX91CMの成分設計

一方で、本稿で紹介する開発材を用いた施工法は、ソリッドワイヤ溶加材の成分調整により裏波溶融金属の過剰な酸化を防ぎ、健全な溶接金属を得ることができる手法である。この手法ではスラグ形成剤を必要としないため、裏波ビードに発生するスラグは極めて少ない。

上述のように、Cr含有量の多い鋼材の裏波溶接では高融点のCr酸化物の発生が裏波ビード形成に悪影響を及ぼすと考えられている。裏波溶融金属表面は高温で大気に触れるため酸化物が形成されることは避けられないが、Cr酸化物の形成を抑制し溶融金属の凝固や湯流れに悪影響が出ないような酸化物組成とすれば良好な裏波ビードを得られると考えた。種々成分系を探索した結果、Siの添加が効果的であることがわかった。

図1に当社のGr.91鋼用GTAW用溶加材であるTG-S90B91と、開発材であるTG-SX91CMのバックシールドを省略した際の裏波ビード外観および断面マクロを示す。溶加材中にSiを多く添加することにより、バックシールドを省略しても良好な裏波ビード外観・形状が得られる。溶融金属中のSi量が十分であると、

Si主体の酸化物が裏波溶融金属表面に優先的に生成し、Cr主体の酸化物の生成を抑えられるため裏波ビードの外観・形状が良好になると推察される。

しかし、Siはフェライト生成元素であるため、過剰に添加した場合は特にGr.91鋼のような高温・高圧で使用される材料ではクリープ破断強度を低下させる δ フェライトの残留が懸念される。代表的なオーステナイト生成元素であるMnやNiの添加により改善の余地があるが、これらの元素の過剰な添加はAc1変態点を低下させるため、添加量上限はASME BPVC Section Iなどにより厳しく制限される。一方で、Coは δ フェライトの残留を抑制させながらも、MnやNiと異なりAc1変態点を低下させにくい特徴があり、当社のGr.91鋼用材料(B91シリーズ)に積極添加されている³⁾。TG-SX91CMでもCoを積極添加した上で、Si添加量を必要最小限に抑えることにより δ フェライトの残留を抑制する設計としている。

以上のポイントを踏まえ成分設計されたTG-SX91CMの化学成分の一例値を表1に示す。Si量が高いためAWS A5.28 ER90S-B91 (Si上限:0.50%)には合致しない。

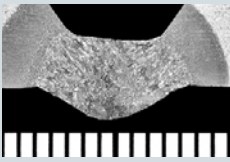
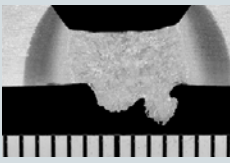
溶加材	裏波ビード外観		断面マクロ
	撮影角度: 直上	撮影角度: 斜め	
TG-SX91CM (Si≒1.2%)			
TG-S90B91 (Si≒0.3%)			

図1 Gr.91鋼のバックシールド省略初層裏波GTAWのビード外観および断面マクロ(下向)

表1 TG-SX91CMの化学成分(mass%, 一例値)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	N	Al	Co
0.10	1.17	0.67	<0.003	0.006	<0.01	0.20	8.8	0.97	0.20	0.02	0.05	<0.01	0.40

4. TRUSTARC™ TG-SX91CMを
用いたバックシールド省略施工

4-1. 試験方法

表2に示す条件でTIG-SX91CMを初層～3層目までの溶接に用いた片面多層溶接継手を作製し、継手性能を確認した。残層は当社のGr.91鋼用のSMAW用溶接材料であるTCM-95B91を用いた。

4-2. 裏波ビード外観および断面形状

図2にGTAW層溶接後の裏波ビード外観および全層溶接後PWHT後の断面写真を示す。後続パスの熱影響

による裏波ビード外観の変化はほぼなく、良好なビード外観を示した。ビード表面や止端部には薄いスラグや酸化スケールが形成されたが、PWHT後に母材表面に形成される酸化スケールと比較して少量であった。また、アンダカットやオーバラップがない裏波ビードを形成できており、余盛高さも確保できていた。

4-3. ミクロ組織および機械性能

図3に初層溶接金属原質部のミクロ組織を示す。δフェライトもフレッシュマルテンサイトもない、焼戻マルテンサイト単一組織であることがわかる。

表3に機械試験結果を示す。引張性能、曲げ性能、および

表2 溶接条件

母材	ASTM A387 Gr.91 Class2
板厚	19mm
開先形状	75°V、ルート面≒1.5mm、ルート間隔≒3～4mm
溶接材料(溶接法、極性)	1～3層目: TIG-SX91CM (GTAW、DCEN) 4層目～: TCM-95B91 (SMAW、DCEP)
溶接姿勢	下向(1G)、立向(3G)
PWHT条件	760℃×2h
予熱・パス間温度	200～300℃
シールドガス	100%Ar (GTAW)
バックシールドガス	なし

溶接姿勢	裏波ビード外観 ※GTAW層(3層)溶接後	断面形状
下向(1G)		 SMAW TCM-95B91 GTAW TIG-SX91CM
立向(3G)		 SMAW TCM-95B91 GTAW TIG-SX91CM

図2 裏波ビード外観および断面形状

表3 機械試験結果(ASME BPVC Section IX準拠)

溶接姿勢	継手引張	側曲げ試験	シャルピー衝撃試験※ 吸収エネルギー(J)
下向(1G)	696MPa (母材破断)	3mm以上の開口なし	30, 65, 65 平均53
立向(3G)	695MPa (母材破断)	3mm以上の開口なし	50, 38, 38 平均42

※試験温度:9℃、ルート側1.5mmより採取、5mmハーフサイズ

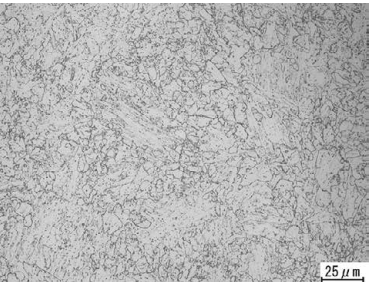


図3 初層溶接金属原質部のミクロ組織
(立向、PWHT後)

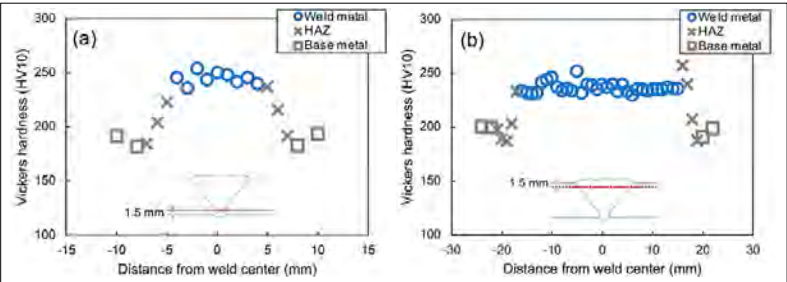


図4 溶接継手断面のビッカース硬さ試験結果(下向)
(a)GTAW層(裏面から1.5mm)、(b)SMAW層(表面から1.5mm)

衝撃性能はGr.91鋼に要求される性能を確保できている。

図4に溶接継手断面のビッカース硬さ試験結果を示す。表層(被覆アーク溶接部)と同等の硬さを示しており、過度な硬化や軟化は確認されなかった。

4-4. ルート部の化学成分

図5にルート部近傍のSi, Cr, NのEPMAマッピングを示す。裏波ビードのCr量は母材同等のコントラストを示しており、母材同等の耐高温酸化性を有すると考えられる。また大気(N)の巻込みも確認されなかった。

以上の結果より、本施工を用いて健全なGr.91鋼の溶接継手が得られたと考える。

5. 製品ラインナップ

バックシールドを省略して作製した溶接継手の諸性能をGr.91鋼用GTAW溶接材料「**T**TG-SX91CM」を例として紹介したが、同様の思想で開発した5Cr-0.5Mo鋼用「**T**TG-SX5CM」および9Cr-1Mo鋼用「**T**TG-SX9CM」もラインナップされている。なお、**T**TG-SX5CM、**T**TG-SX9CMは日揮グローバル(株)との共同開発品であり、実工事への適用に向けての検討が進んでいる。

図6に**T**TG-SX9CMを用いた小径管(NPS2)の目違いのある溶接継手の水平固定管上進溶接における裏波ビード外観および断面マクロを示す。目違いがあっても上向、下向姿勢のいずれでも良好な裏波ビードを得られることが確認されている。

6. おわりに

Cr-Mo鋼の裏波溶接時のバックシールド省略施工は、従来の不活性ガスによるバックシールド適用時と比較して、品質面では酸素濃度管理不足による裏波不良の削減、コスト面では不活性ガス不使用によるコスト削減、納期面では治具の設置・取り外しやガス充填待機時間の短縮、安全面では窒息事故リスク回避など、さまざまな課題を解決できる施工であると考えられる。さらに本施工法では裏波ビードへのスラグ形成もほとんどなく、適用機器や配管系を選ばず使用できるメリットがある。引き続き本施工法の実用化に取り組むことで、施工能率や安全性の向上に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 川嶋巖:トラブル事例から学ぶステンレス鋼溶接の勘どころ, JWES WE-COMマガジン 第17号
- 2) Atsushi Takahashi, Shinya Isono, Hideaki Takauchi: "EVALUATION OF CR-MO STEELS WELDS PRODUCED BY GAS TUNGSTEN ARC WELDING WITH HIGH SILICON CONTAINED SOLID FILLER ROD TO OMIT BACK SHIELDING", ASME PVP 2023-106175
- 3) 坂野泰隆:火力発電向けP91鋼用溶接材料について, ぼうだより 2015年7月号 vol.487 技術レポート (Vol. 56 2015-3)



図5 ルート部近傍のSi, Cr, NのEPMAマッピング(立向)

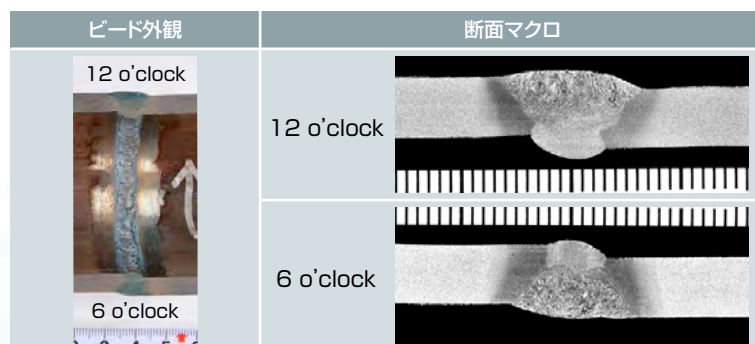


図6 **T**TG-SX9CMの目違いのある水平固定管試験体の裏波ビード外観および断面マクロ一例 (母材: ASTM A335 Gr.P9, NPS2 Sch80)

※文中の商標を右記のように短縮表記しております。 **TRUSTARC**™ → **T**



サポーターリレー(東北地区)

東北営業所の古上です。東北営業所では、現在、営業3名、デリバリー担当2名が在籍しており、東北6県のお客様を中心に溶接材料および溶接ロボットシステムをお届けするため、日々営業活動を行っております。ちなみに私は、昨年6月にシンガポールから東北営業所へ異動して参りました。仙台での生活もあっという間に約半年が過ぎましたが、4年間の常夏のシンガポール生活ですっかり身体は南国仕様になっているため、これから本格的な冬を迎える東北地方の寒さに負けないよう、精力的に営業活動に取り組んで参ります。



右から鏡味さん、筆者（古上）、渡邊所長、鈴木さん、佐藤さん

さて今回は、東北営業所の「KOBELCO WELDING NETWORKING」活動についてご紹介いたします。約3年にわたるコロナ禍では、東北神溶会の活動も、多くの活動制限を強いられましたが、コロナが5類へ移行されたタイミングを見計らい、2023年上期から東北地区の独自企画「KOBELCO WELDING NETWORKING」活動をスタートさせました。本活動の目的は、東北神溶会が掲げる「技術営業力」「お客様対応力」を再確認することと、受講される方々に「さまざまな情報をアップデート」する機会として活用してもらうこと。神溶会会員各社様の支店・営業所へ当社営業担当者がお伺いし、全15テーマから各社拠点ごとのご要望に沿って、原則、対面で溶接講習会を行うというものです。この企画のためにご用意したテキストも、オリジナルで実践的な内容で編集いたしました。

本講習会は、これまでに16社88名の方々にご参加いただいております。すでに講習会の開催回数が3回目に達している会員企業様の営業所もございます。そのため、当初は23年上期のみの活動を予定しておりましたが、想定を上回る反響があったことから、下期も継続してこの活動を実施していくことにいたしました。コロナ禍に入社や、配置換えなどで新たに溶接が主要となるお客様を担当する営業の方には溶接を学ぶ第一歩となっていたり、一方、経験豊富なベテランの方にとっては、技術知識や商品知識を一層深く学習しながら、日々の疑問を解消する機会になったりという、嬉しいお声もいただいております。東北営業所へ異動して間もない私にとっても「KOBELCO WELDING NETWORKING」をきっかけに初めてご挨拶する方々も多く、この活動が起点となり神溶会会員の皆様とのつながりが広がっていくことを実感しております。

本講習会の後には、打ち解けた雰囲気の中で、営業活動の課題について意見交換や、今後の拡販活動について具体的な話に発展するケースも出てきており、我々にとっても、手ごたえを感じる有意義な活動となっております。本講習会にご参加いただいた方には、もちろん「NEW REGARC™ 専用ワイヤ」「FAMILIARC™ MG-56R(A)」の包装パッケージを模したブリングルズをお配りしており、こちらも非常に好評をいただいております。

先述のとおり、2023年下期は、引き続き「KOBELCO WELDING NETWORKING」活動を開催しておりますので、ぜひ東北神溶会会員各社の皆様には、奮って

ご参加いただければと存じます。

東北営業所では、本年も、東北神溶会のさらなる活性化と、会員各社様の技術営業力の向上と、益々の連携強化を目指して、さまざまな企画を予定しておりますので、積極的なご参加ならびにご支援のほどよろしくお願い申し上げます。

(株)神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター
国内営業部 東日本営業室 東北営業所 古上 敦規



KOBELCO WELDING NETWORKINGにおける溶接講習会の様子



皆様のご都合に合わせて時間、場所、規模がアレンジ可能です



初参加の方々には大好評バックデザインのブリングルズをプレゼント

今回は鋳鉄編の最後となります。

※本文中の溶接110番・119番および用語解説バックナンバーは、以下URLよりお入りください。
ぼうだより 技術がいどライブラリー <https://www.boudayori-gijutsugaido.com/library/>

ご法度¹³⁴

Ni系被覆アーク棒を 高電流で溶接するのはご法度！

鋳鉄の溶接には、Ni系の被覆アーク棒を使います。
被覆アーク棒の心線に合金成分が多く含まれると、電気抵抗が大きくなります。そのため、一般の被覆アーク棒と同じ電流を用いると、溶接の途中で被覆アーク棒が赤熱し被覆剤が分解してしまいます。
できるだけ細径の被覆アーク棒で、電流は可能な限り低電流側の溶接条件でお願いいたします。

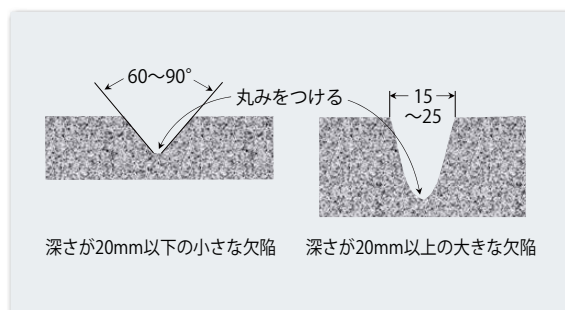
神戸製鋼の鋳鉄用被覆アーク棒の電流範囲

	棒径	電流範囲
P CI-A1	3.2	80～130
	4.0	110～160
	5.0	150～210
P CI-A2	2.6	60～90
	3.2	80～120
	4.0	120～150
P CI-A3	2.6	60～90
	3.2	90～130
	4.0	120～160

ご法度¹³⁵

油抜きを忘れるのはご法度！

鋳鉄を補修する際、使用中に油がしみ込んでいるケースが多く見受けられます。そのまま溶接すると、ピットやブローホールが発生します。そのため、溶接前にしみ込んだ油を除去する必要があります。
油抜きの方法としては、ガスバーナーで焼く方法があります。400℃位で煙がでなくなるまで焼いてください。
また、補修部分は欠陥がなくなるまで、十分にハツリ鳥、底部に丸みをつけてください。
(ご法度130をご参照ください。)



ご法度¹³⁶

母材と溶接金属の色調の差を忘れるのはご法度！

鋳鉄を補修溶接した場合、溶接金属が色調が目立つことを嫌うケースがあります。とくにNi系被覆アーク棒の溶接金属は母材との色調が大きく変わるため、注意する必要があります。
色調差を嫌う場合は、Niを含んでいない鉄系の被覆アーク棒を用いる必要があります。この場合、融合部

が硬化し機械加工がしにくくなる可能性があるのでご注意ください。

神戸製鋼では、P CI-A3が鉄系の被覆アーク棒となります。ご法度133に各銘柄の特徴を記載しておりますので、ご参照ください。

※文中の商標を下記のように短縮表記しております。

PREMARC™ → P

コベルコ溶接テクノ(株) CS 推進部・営業部
<https://www.kobelco-kwts.co.jp/>
原田 和幸

へん か じゅう 偏荷重

溶接ロボットシステムにおいて溶接対象（＝ワーク）を溶接に適した姿勢に変えられるポジションは重要な要素の一つです。

図1に示すポジションは、ポジションの一種である片持ち2軸ポジションです。このポジションは、片持ち支持部にワークを傾ける傾斜軸と、片持ち先端にワークを回転させる回転軸の回転自由度2軸を持ちます。

今回は、こうした回転自由度を持つポジションのスペックに登場する「最大偏荷重」という用語についてご説明します。

回転自由度を持つポジションのスペックで謳う偏荷重とは、ワークやワークを把持するためのクランプ治具の重心がポジションの傾斜軸や回転軸の中心から偏った状態にあるとき、このときに発生する傾斜軸や回転軸周りの力のモーメント（＝トルク）のことを指します。従って、単位は〔N・m〕です。

例えば、クランプ治具とワークが一体となった時の重心によって生じる偏荷重が、傾斜軸駆動部の発生するトルクを超えると、ポジションがワークを傾斜させることができないといったことや、傾斜軸の落下といった重大事象に繋がります。

こういったことが起こらないよう、回転自由度を持つポジションのスペックには許容値として最大偏荷重

を明記しています。

では、偏荷重の計算を片持ち2軸ポジションが90°傾斜したときを例に具体的にみていきましょう。

偏荷重計算に用いる必要諸量は、図2に示す「ワークとクランプ治具の合成荷重：W」と「傾斜軸中心からワークとクランプ治具の合成重心までの距離：L」です。

このとき、傾斜軸周りの偏荷重は次式のとおりに計算できます。

$$\text{偏荷重} = W \times L$$

仮に $W = 20,000 \text{ N}$ 、 $L = 0.3 \text{ m}$ の場合、偏荷重は $6,000 \text{ N} \cdot \text{m}$ となります。

当社は、ポジション、移動装置をはじめとした周辺装置のメニューを幅広く揃え、ワークに応じた最適なシステムを構築することで、お客様の生産性の向上、溶接品質の向上に貢献します。

今回紹介した最大偏荷重をはじめとした周辺装置のスペックを正しく理解し、当社溶接ロボットシステムを有効にご活用ください。

（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 高崎 怜史

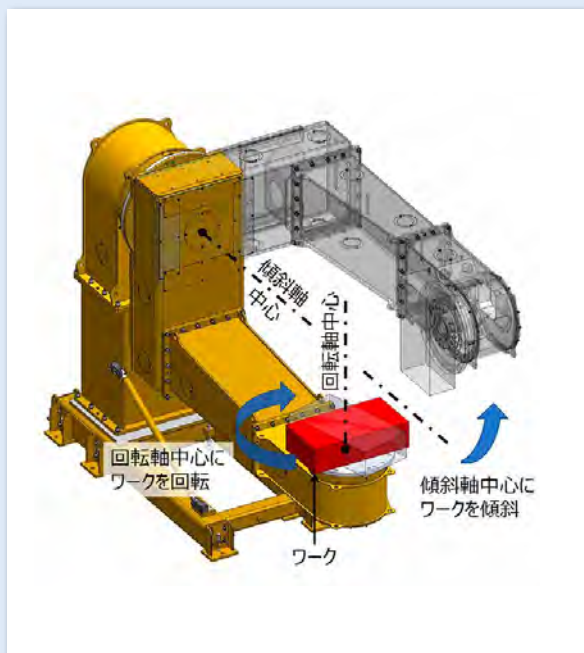


図1 片持ち2軸ポジション
ワークの傾斜/回転イメージ

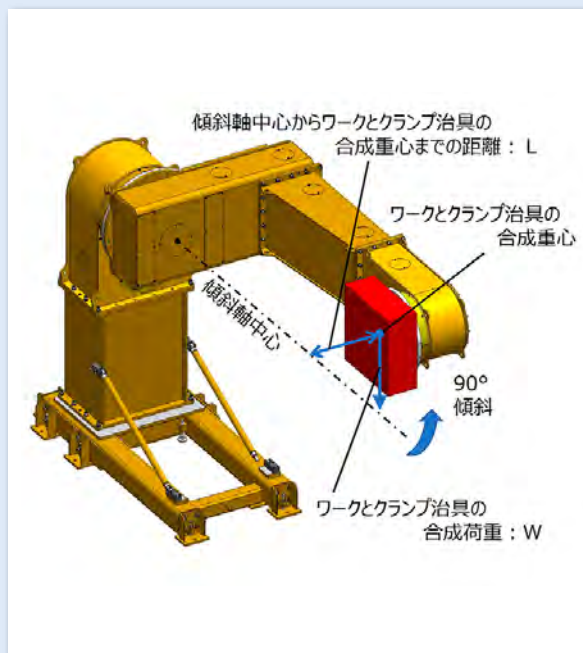


図2 片持ち2軸ポジション（90°傾斜）
偏荷重計算必要諸量



【第14回】金糸・金箔と金欄

雛人形の装束は、人形の印象を決める大きな要素のひとつだ。特に、金で紋様を織り出した豪華な生地は「金欄」と呼ばれる。光沢のある滑らかな質感の布に、多くは雛祭らしい春の花や縁起物の柄が配置されており、節句を祝うおめでたいモチーフを、晴れの日にあふさわしい華やかな金で彩ったものである。

金欄は、古くから人々の特別な一日を彩ってきた織物だ。一方で、こうした「非日常感」と「高級感」の演出は、時代とともに大きく移り変わるものでもある。人の世に寄り添う、現代らしい金欄の在り方を追ってみよう。

金欄とは

金欄とは、金銀の箔や糸などで紋様を織り出す豪華絢爛な織物のことだ。主に華やかな金地を多用する能装束や帯、人形衣装、寺社の装飾用布地、僧衣などに使われる。書画の表装や茶道具に用いられた古い金欄の品物は、現在でも名物裂として珍重されている。



もとは中国に起源を持つ紋織物の一種で、日本には、鎌倉時代に宋から訪日した禅僧が、僧衣や書画の付属品として持ち込んだことが始まりとされる。その後、天正年間（1573～92）には、明の職工の指導の下に日本国内で織られはじめたようだ。

◆引箔（平箔糸／平金箔）

和紙の表面に漆を塗り、24金または銀の箔を貼り付けて、1ミリメートル以下の極細幅に裁断したもの。日本では、薄い金箔・銀箔と丈夫な和紙の製造技術が発



達していたため、よく普及したとされる。織地は平坦な仕上がりになり、広い面に豪華な金の光沢が広がる。

◆金糸

絹糸や綿糸を芯材にして、上から金銀の切箔を縫り付けたもの。箔とは違って表裏がないため、通常の糸と同じように製織に用いることができる。引き箔に比べると立体的な織地に仕上がることもあり、広い面よりも繊細な紋様の表現を得意とする。



近年では、本金を用いる代わりにポリエステルやナイロンなどの合成繊維とアルミニウムなどの安価な素材を使って、金銀糸に近い色合いのラメ糸を作る手法もある。

引箔を用いた製織

金欄の製織にあたっては、昔ながらの手機（てばた）、または動力で運転する力織機が用いられる。力織機といえども、手機で行う作業のうち、単純作業にあたる部分を動力が代替してくれるというだけで、工程やノウハウの多くはさほど変わらない。織物の品質は、機よりも織手側の知識や経験、手技の差によって決

まるところが大きいのだ。

通常、機織りとは経糸の間に糸を巻いた杼（シャトル）を往復させながら織り進めていく、その繰り返し作業だ。ここに引箔を用いる場合は、極細に裁断された箔を一本ずつ端から引っかけるようにして取り込み、経糸の間を通して織物の幅を一方にだけ横断させる。引箔は、糸ではなく「箔」

だから、平面状で表裏の区別があり、よれたり裏返ったりすることなくまっすぐに引き込まなければ、均一で美しい面をつくることはできない。引箔の扱いはとりわけ難しく、最も熟練を要する技術のひとつだという。



「濡れ緯」で薄物を織る

特に織手の手腕が問われるのは、夏向けの薄物を織る時だ。薄物を織る際は、あらかじめ経糸に糊を塗り、

そこに水で湿らせた緯糸を走らせる。「濡れ緯（ぬれぬき）」と呼ばれる手法である。糸に含まれた水分が乾く

過程で織目は通常よりも強く締まり、パリッとした質感のしっかりとした生地仕上がる。

濡れた緯糸が走ると、経糸に塗った糊は水分に触れて一度溶けるが、それが再び乾いて固まるまでの間は

ごくわずかだ。その日の気温や湿度の条件によっては、わずか数十秒で乾いてしまうこともあり得るという。そして、前後の糊の乾き具合に差が出ると、その境目は、まるで全く別の緯糸を走らせてしまったように色も見え方も大きく変わってしまう。

一方、織手は機を操っている間にも糸を巻いたり、機の後ろ側に回って経糸の具合を確認したりと忙しく歩き回りながら機を管理しており、常に付きっきりで機の前に居られるわけではない。となると、現実的に織手に求められるのは、トラブルを起こさないことよりも、トラブルへの対処技術のほうがだ。



対処の方法としては、問題の起きた箇所まで解いて再び織り直す以外にないが、薄物の場合は糊の影響がある分、単に戻って織り直すだけでは済まない。織段のできた前後の箇所を再び濡らして、境目を自然にぼか

すような繊細な手技が必要となる。

ウエディングのための白生地金襴 ——加地金襴株式会社

金襴は、元々は仏寺向けの法衣や装飾品用途を主として発展してきた織物だが、その多くは各寺の寸法に合わせた受注生産の特注品だ。だが、近年の仏寺では檀家数も減少しつつあるうえに、コロナ禍を経て仏事が簡略化されるケースが増えている。

そこで近年、他分野での需要を探るため、京都市内にある金襴織元・加地金襴では既存のデザインの大幅な見直しを行ってきた。約1,500ほどのオリジナルの柄を保有していたが、多くは仏寺向けの柄で、しかも金銀を多用する豪華絢爛な配色である。これをそのまま他の用途に転用するのは難しい。

派手で豪華な色柄を織れる金襴織元は、他にもたくさんある。それなら

と加地金襴が志向したのは、現状のデザインからの徹底した引き算だ。柄の配色変更から始めて、金・銀の面積を減らし、より落ち着いた色合いに、よりシンプルで上品に。こうして色・柄を削ぎ落としていって生まれたのが、主にウエディング用途を想定した白生地である。

白と金銀糸を交えて織られた光沢感のある生地の上に、同じ色で柄が浮かび上がる。織りの組織設計によって生地表面に凹凸をつくり、あくまでも上品かつ控えめに柄を織りだしたものだ。この生地は、思いがけないことに2019年、皇族衣装を担当するデザイナーからの引き合いがあった。実際に数着分の皇室洋装に用いられ、以降も毎年、継続した受注があるという。

従来の和装が持つ優美・端麗な魅力と、現代的な時流に合った控えめな上品さを併せ持つ「金襴の白生地」。その進化は、さまざまな分野から注目と期待を集めている。



白生地を出展した展示ブースの様子

お話をうかがった人

「加地金襴株式会社」
副社長 坂田 雄介さん



2024年1月、京都の金襴織元・加地金襴の副社長に、金襴織手の坂田雄介さんが就任した。坂田さんは30歳頃まで建築会社で施工管理の仕事に従事したが、その後、畑違いの加地金襴に転職。手を動かして、直接ものをつくる仕事があったのだという。

「手仕事の世界に、ずっと憧れがあった」という坂田さん。入社以来、坂田さんを指導してくれた織手の師匠は、90代になつてなお現役だ。年配の職人らが長い歴史を経て蓄積してきたノウハウと、専心して研ぎ澄ましてきた技術には圧倒されるし、強い尊敬の念がある。一方で、いざ飛び込んでみると、織物に限らず伝統産業の業界は高齢化も進み、新しい風が通りづらいとも感じることがある。

「希少な技術をしっかり守って次世代に渡さなきゃいけない、その点は私も全く同じ気持ちです。だけど“伝統を守る”という文言を、チャレンジしないこと、変わらないこと、それを正当化する理由にしてはいけないとも思う」と坂田さんは言う。

近年では、仏寺向けにもサイズやコストを大幅に見直した新製品をリリースして好評を得ることができた。革新的なデザインだった金襴の白生地は、着実に実績を伸ばしつつある。極めつけには先日、世界的アーティストのマサハヤミ（Masa Hayami）氏による作品を再現した織物が、民間のロケットで宇宙に打ち上げられ、現在、宇宙空間を遊泳中だというから驚きだ。天然素材の織物が宇宙空間でどのように変化するのか、科学的な観点からも注目を集めるプロジェクトである。

「他の人ならやらないだろうという仕事でも、坂田なら面白いんじゃないかって、皆さん次々に変わった案件を持ち込んでくださるんです。私自身も、なんだか壁を壊していくのが楽しくなってきました」。

打ち上げたロケットは、2024年春に帰還する予定だ。坂田さんの視座は、もはや業界の壁を軽々と飛び越えて、未踏の新天地を目指している。

ステレオ画像相関法について

1. はじめに

溶接構造物の製造工程において生じる溶接変形は、製品の寸法精度や外観品質を低下させるため、しばしば問題となります。建設機械や造船業界をはじめ、ものづくりメーカにおいては、溶接変形の手直しによる負荷軽減が積年の課題となっており、さまざまな対策が取られています。具体的には、溶接入熱を小さくするほか、継手形状や溶接順序、溶接方法を変更するなどの対策が有効と知られており¹⁾、変形量を計測しながら最適な施工法を探索することが必要となります。

変形量を計測する手法としては、スケールや変位計を用いたアナログな測定法や、門型や多関節アームを用いた三次元座標測定が代表的なものになりますが、これらは局所的なデータに限定されてしまい、全体的な変形挙動や、時間的な変化をとらえることが困難です。

そこで今回は、対象物の変形量を広範囲にわたって連続的に計測することが可能なステレオ画像相関法について紹介します。

2. ステレオ画像相関法の特徴

ステレオ画像相関法は、カメラを2台使用して対象物の3次元形状を計測する手法です。図1に示すように、対象物に対し塗料などでランダムパターンを付与し、離れた位置から2台のカメラで撮影します。得られた左右のステレオ画像を用いて、三角測量の原理に基づいて変形量を求めます。

図2に示すように、溶接前の状態を基準(変形ゼロ)として、以降の撮影画像と比較し、ランダムパターンの移動量を解析することで溶接における3次元変形挙動を導出します。このとき、実験対象と同一の撮影配置でキャリブレーションボードを撮影し、カメラレンズに起因する像の歪み補正および画像上と実空間での変形量の対応付けを行うことで、補正処理を行います²⁾。

代表的な計測手法との比較を表1に示しますが、ステレオ画像相関法は対象物全体の時間的な変化を計測可能なことが一つの強みです。対象物の変形量を広範囲にわたって連続的に取得することで、変形メカニズム

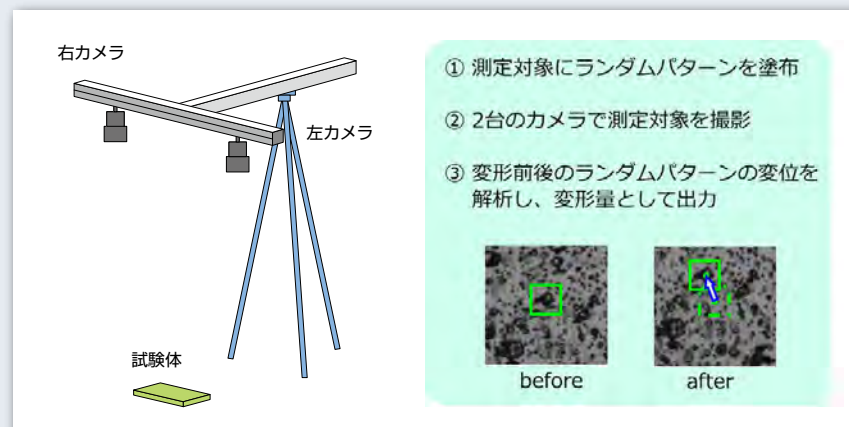


図1 ステレオ画像相関法のシステム概要

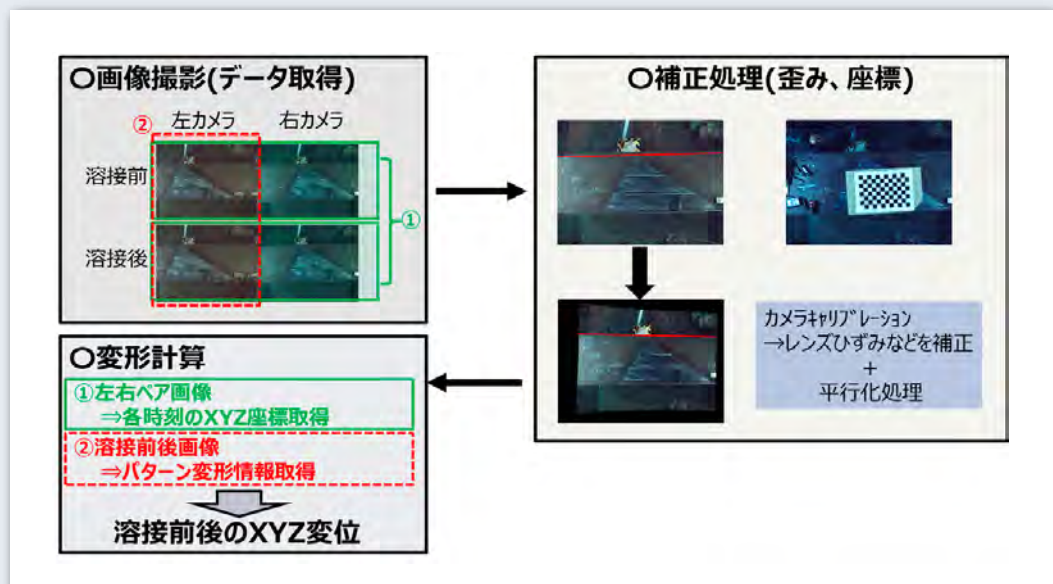


図2 ステレオ画像相関法の解析手順

の把握や溶接変形シミュレーションの妥当性評価などに活用できます。

3. 適用事例

実際にステレオ画像相関法を用いた溶接変形計測を行った事例を紹介します。板厚3.2 mm、500 mm角のSS400鋼板上に異なる順序で3本のビードオン溶接を行い、各パス溶接直後および拘束解除後のタイミングで計測を行いました。紙面奥行方向(板面に対して法線方向)の変形計測結果を、図3に示します。本手法は画像から変形量を取得する手法であるため、撮影した対象物上に変位コンター図を重ねることが可能であり、変形箇所の把握が容易であることも一つの利点として挙げられます。

図3で時間的な変形挙動を見ると、溶接線Bの溶接時に角変形が生じていることが確認できます。これは溶接線Bが鋼板の中央付近であり、拘束力が働きづらいことが原因であると推察されます。また、溶接順序の違いを対比すると最終的な変形量が異なることも確認できます。これは、ABCの順番では、Bを溶接した後に、Cを溶接したことで、Bで発生した引張残留応力が解放され、角変形が大きくなったことが一因と推察されます。

4. おわりに

ステレオ画像相関法について特徴および適用事例を紹介させていただきました。繰り返しになりますが、本測定法の特徴は、これまで困難だった対象物全体の溶接変形を連続的に3次元評価できることです。溶接順序が溶接変形に与える影響を確認することや、FEM解析の妥当性検証にぜひご活用ください。

最後に、本稿が溶接変形計測について皆様の一助となれば幸いです。ご相談がございましたら、お気軽にコベルコ溶接テクノまでご連絡ください。

<参考文献>

- 1)寺崎 俊夫, 溶接変形と残留応力, 溶接学会誌, 第78巻, 2号, 2009年, p139-146
- 2)河村ら, デジタル画像相関法による溶接変形の計測, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第7K号, 2008年, p113-116

コベルコ溶接テクノ(株)
ソリューション技術部 技術開発室
<https://www.kobelco-kwts.co.jp/>
中村 敬人

表1 各種計測手法の比較

計測手法	スケール・ノギス	レーザ変位計	3次元測定機(接触式)	3Dスキャナ	ステレオ画像相関法
測定範囲	点	点・面(局所)	全体(粗い)	全体	全体 (死角は×)
測定データ	z, dz	z, dz	x, y, z dx, dy, dz	x, y, z (dx, dy, dz)*	x, y, z dx, dy, dz
時間変化	×	△	×	×	○
操作性	○	○	×	×	○

※2つの3次元点群を重ね合わせた差分を出力するため、不確実なデータとなる可能性あり

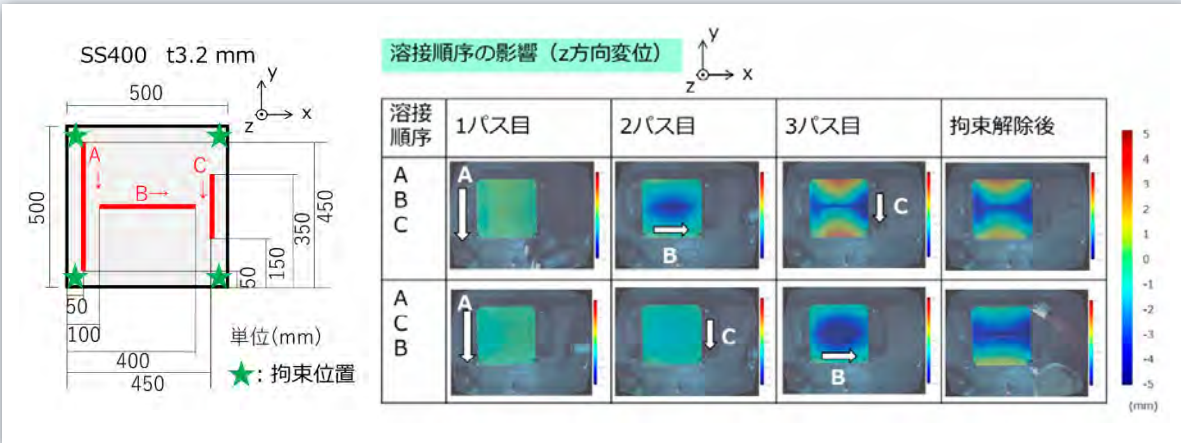


図3 ビードオンプレート溶接における溶接順序が及ぼす変形への影響

新人営業マンのための

溶接基礎講座

第4回『2番、ハズ(HAZ)』

今回は、「2番、ハズ(HAZ)」の解説をいたします。現場で溶接を行っている、「2番が割れた。」と耳にすることがあります。2番の説明をしますと、溶接後の組織変化をしている溶接金属と母材との境界の熱影響部と言われる箇所のことを2番と呼んでいます。なぜ2番と呼ぶのかと言いますと、溶接金属(1番)から母材部(3番)にかけて、熱影響部が2番目に位置する組織なのでそう呼ばれています。但し、1番、3番とは呼ばず、何故か2番だけ呼ばれます。

次に熱影響部の説明をしますと、熱影響部は英語で「Heat Affect Zone」になるため、頭文字の「HAZ」を取って「ハズ」と呼ばれます。熱影響部は熱がかかる順に組織の変化が起こります。熱で最も影響を受けている順に層別に並べますと、溶接金属⇒粗粒域⇒混粒域⇒細粒域⇒球状パーライト域⇒ぜい化域⇒母材と組織が変化しています。この組織変化の中で粗粒域～ぜい化域までが熱影響部(HAZ)と呼ばれています。また、溶接金属と熱影響部の境界部を「ボンド」と呼びます。

溶接時に熱(入熱)をかけすぎると、溶接した周辺が高温で保持されるため、結晶粒の粗大化が起こりやすくなります。結晶粒が粗大化すると硬く伸びが少なくなるため、脆くなり割れやすくなります。この割れの発生を抑制させるためには、熱影響部の硬化を防ぐ(熱影響部の急熱・急冷をしない)、拡散性水素を減少させる(水素の拡散・集積を押さえる)ことが重要になります。

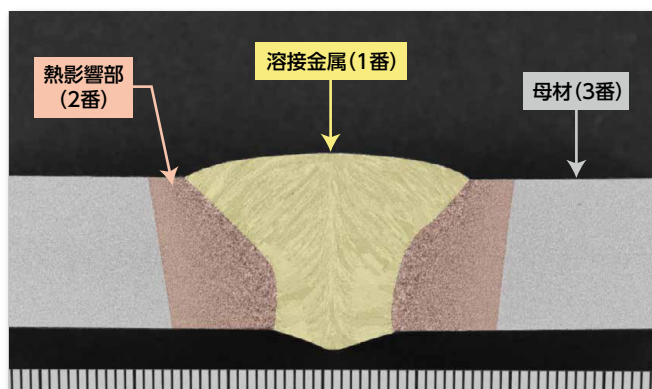


図1 溶接部マクロ

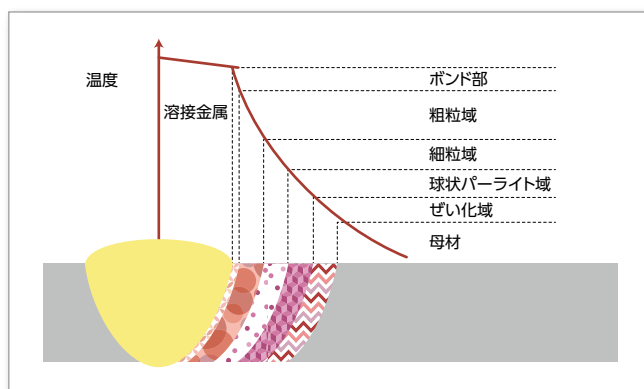


図2 溶接組織図

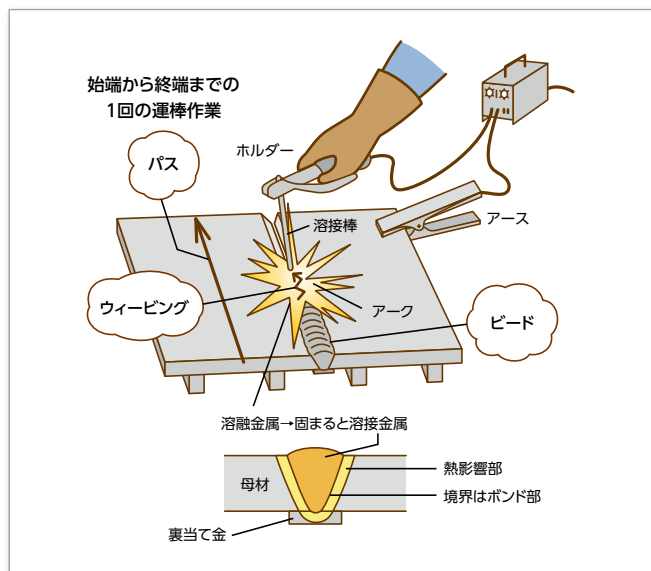


図3 溶接図

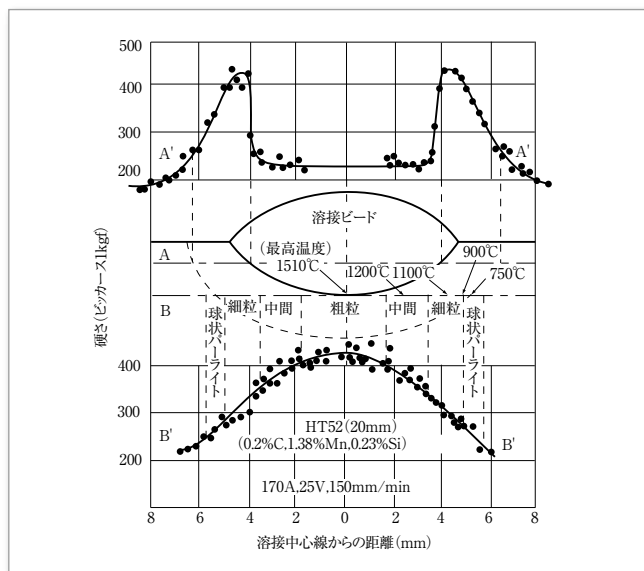


図4 ビード溶接部の硬さ分布図

「2番、ハズ(HAZ)」の拡散性水素を低減させる溶接材料

① 被覆アーク溶接棒

FAMILIARC™ LB-47/LB-26

JIS Z 3211 E4316 U/AWS A5.1 E7016 相当

低水素系(炭酸カルシウム、フッ化カルシウムが主原料)の被覆アーク溶接棒になり、溶接金属中の水素量が低く、強力な脱酸作用で酸素量も少なく、溶着金属のX線性能、機械的性質や溶接作業性が優れています。その反面、吸湿しやすいため使用前には、300℃～350℃で30分～60分乾燥させることが重要です。全姿勢の作業性では**FLB-47**、能率面では**FLB-26**を推奨します。さらに厳しい条件では、極低水素系被覆アーク溶接棒**FLB-47A**を使用します。

低水素系ラインナップ一例

軟鋼クラス (E4316U)	FLB-26	能率性を向上させて低水素棒です。
軟鋼クラス (E4316U)	FLB-47	もっともベーシックな低水素棒です。
490MPa級鋼 (E4916U)	FLB-52	代表的な低水素棒です。
590MPa級鋼 (E6216-N1M1U)	TLB-62	難吸湿な極低水素棒です。
690MPa級鋼 (E6916-N3CM1U)	TLB-106	690MPa級鋼用の代表的な低水素棒です。
780MPa級鋼 (E7816-N4CM2U)	TLB-116	780MPa級鋼用の代表的な低水素棒です。

※神戸製鋼所ではLBと頭文字に付く電弧棒の銘柄は、低水素系です。また数字の後のAは、低水素系溶接棒のなかでも、特に水素を低くした銘柄につけられた符号で、**FLB-52A**は極低水素系溶接棒とも呼ばれています。但し、強度が590MPa級以上の溶接棒**TLB-62**などには極低水素系の設計でもAを付けていません。また**FLB-52UL**、**TLB-62UL**などULが付いた銘柄はUltra Low Hydrogen=超低水素系と呼ばれ、極低水素系よりもさらに水素量を低くしてあります。

超/極低水素系ラインナップ一例

軟鋼クラス (E4316U)	FLB-47A	極低水素棒です。
490MPa級鋼 (E4916U)	FLB-52A	極低水素棒です。
490MPa級鋼 (E4916U)	FLB-52UL	超低水素棒です。
590MPa級鋼 (E6216-N1M1U)	TLB-62UL	超低水素棒です。
780MPa級鋼 (E7816-N4CM2U)	TLB-80UL	超低水素棒です。

② ソリッドワイヤ

FAMILIARC™ SE-1Z

JIS Z 3312 G 49 A 0 C 12

亜鉛めっき鋼板(推奨目付量:~100g/m²)用の炭酸ガスシールドアーク溶接ソリッドワイヤです。SEワイヤシリーズの亜鉛めっき鋼板用で優れた耐気孔性をもち、ピット・ブローホールを少なく抑えることができます。当社独自技術の高性能銅めっきなしワイヤによるアークの安定効果により、スパッタ発生量が少なく、耐溶落ち性にも優れています。またノーめっきワイヤのため、送給経路への銅めっき粉の堆積によるワイヤ送給トラブルがなくなり送給性も向上します。

ソリッドワイヤラインナップ一例

490MPa級鋼 (YGW11)	F MG-50 / F MG-50R
490MPa級鋼 (YGW12)	F SE-50T / F MG-51T など
490MPa級鋼 (YGW15)	F SE-A50S / F MIX-50S など
490MPa級鋼 (YGW16)	F SE-A50 など
590MPa級鋼	T MG-60 / T MG-S63B など
690MPa級鋼	T MG-70 / T MG-S70 など

※鋼材によっては、熱影響部が硬化しやすく低温割れの危険があるため、溶接材料は低温割れの原因の一つでもある拡散性水素量を少しでも少なくするような選定をするため、基本的にはフラックス入りワイヤ(FCW)は推奨しません。

※文中の商標を右記のように短縮表記しております。

FAMILIARC™ → **F**

TRUSTARC™ → **T**

ティグ溶接における施工上の注意事項【後編】

本年も、神戸製鋼所国内営業部ならびに我々CSグループとの種々の活動へのご支援を、引き続きよろしくお願い致します。

前号（2023年秋号）に引き続き、「ティグ溶接における施工上の注意事項」の【後編】を解説します。

1. はじめに

前回は「基本編」として、TIG溶接の特徴と用途、タングステン電極の形状、母材の表面状態またはアーク長変動による作業性の変化などについて解説しました。今回は「応用編」として、実施工におけるトーチ操作方法、始端および終端（クレータ部）におけるティグ溶接にありがちな欠陥とその対策について解説します。

2. トーチの操作方法について

2-1. 各種操作方法

ティグ溶接のトーチ操作方法として基本となるストリンガービード運棒（トーチ操作をウィーピングなしでストレートに運棒）の他、三日月形法、円形法またはローリング法によるウィーピング運棒があります。（図1ティグ溶接のトーチ操作：ストレート操作、三日月形法、円形法、ローリング法）

2-2. ローリング法

ローリング法は、主にプラント配管などのパイプ円周溶接施工の際に用いられ、JIS技能者評価試験でもローリング法を用いる受験者を多く見受けます。ローリング法はノズルの先端を母材に押し当て、先端でローリング（厳密にはノズル先端の円弧でトーチを這わせ

ながら運棒する）させるので溶接中のアーク長が安定し、ビード波目の揃いが良好で蛇行も少なく、溶接表面の酸化も最小限に抑えられるため非常に美しいビード外観・形状が得られます。【動画1】で「ローリング法での施工時のアークと溶融金属の凝固」が確認できます。なお、動画の運棒方法はあくまで一例であり、タングステン電極の突出し長さを短くして細かく這わせると、波目の細かいビードが形成できます。逆に、突出し長さを長めにする事で（ローリングの幅を稼ぐことで）、溶接速度を上げることもできます。業種・製作物・鋼種・作業者の好みなどにより施工方法はいろいろありますので、種々お試しください。

ローリング法での
施工時のアークと溶融金属の凝固

動画1 ローリング法での施工時のアークと溶融金属の凝固

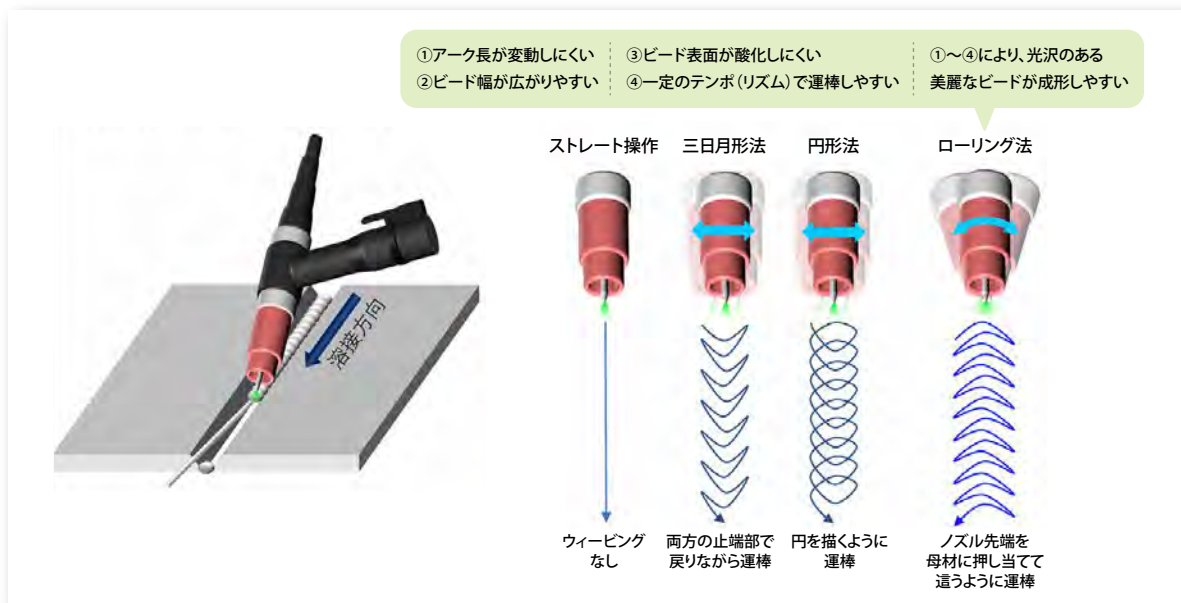


図1 ティグ溶接のトーチ操作（ストレート操作、三日月形法、円形法、ローリング法）

* YouTube【溶接講座】にて「初心者向けのローリング法の訓練方法」をご紹介します。TIG溶接の訓練方法、ぜひご覧ください。
【溶接TRAINING】TIG・トーチ操作（ローリングの練習方法） <https://youtu.be/BjBsLj6MCZg?feature=shared>

3. 始端部（ビード継ぎ）の処理について

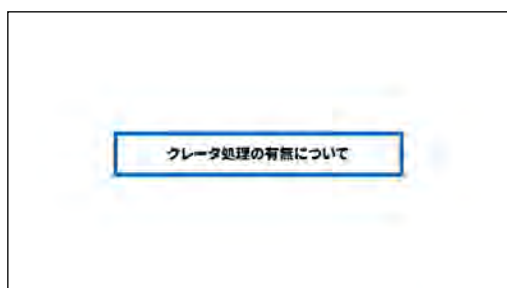
ティグ溶接における始端部の代表的な欠陥に、融合不良が挙げられます。特にビード継ぎ部（アークを一旦切って、再スタートする継目部）では融合不良が発生しやすいため、その対策について解説します。【動画2】「始端部の融合不良対策」に、初層の裏波溶接施工時に一旦アークを切った後に再スタートをする際の施工方法で、ビード継ぎ部分を馴染ませ溶込み不足や融合不良などを防止する方法を示します。ビード継ぎをする際は、前のビード終端部からアークスタートをするのではなく、終端部より10～20mm程度手前からアークを発生させ、前のビード終端部と馴染みやすいようにアークで予熱を加えながら運棒します。この際、溶加棒は入れずにノンフィラー溶接を行い、ビード継ぎの箇所から溶加棒を加えると前のビード終端部との馴染みが良好となり、溶込み不足や融合不良などの発生を抑止することができます。



動画2 始端部の融合不良対策

4. 終端部の処理について

ティグ溶接における終端部（クレータ部）の代表的な欠陥には、収縮孔（クレータ割れ）が挙げられます。【動画3】「クレータ処理の有無について」に、ビード終端部のクレータ処理の有無による収縮孔の発生状況の違いを示します。クレータ処理なしでは、アークを切ると溶融池が一瞬で急激に冷えてしまい、凝固による体積の減少と溶融池付近の引張応力により収縮孔（クレータ割れ）が発生します。いっぽう、クレータ処理ありでは、終端部にて本電流の150Aから数秒間かけてクレータ電流の50Aへ徐々に下がるので、急激な冷却と収縮を防止して収縮孔の発生を抑止することができます。



動画3 クレータ処理の有無について

なお、クレータ条件には「クレータ電流」の他に、クレータ電流に切り替わるまでの時間「ダウンスロープ」や、終端部の酸化・窒化を防ぐためにアーク停止後にシールドガスを吹き付ける時間「アフターフロー」などの設定機能もあります。クレータ条件は母材の種類、板厚、継手形状、溶接条件によって異なりますので都度調整してください。

5. べからず集の検証

これまででは、ティグ溶接の基本についてやや堅苦しく説明してきましたがここでは趣向を変え、普段やってはいけないとわかっているが実際にそれらの溶接をするとうなるのか？について検証してみました。

5-1. ソリッドワイヤでティグ溶接

本来、炭素鋼ティグ溶接を施工する際は、神戸製鋼所製TG-S50での施工を推奨しております。例えば、炭酸ガスアーク溶接用のFMG-50は溶接中に炭酸ガス中の酸素がシリコン（Si）・マンガン（Mn）と結びつき、スラグとして溶接金属から排出されるので溶接金属に歩留まる合金元素が欠乏しないよう、これらの元素は若干多く含まれております。このFMG-50をAr100%のティグ溶接に用いると、シリコン（Si）やマンガン（Mn）が溶接金属中に多く歩留まるため、溶接金属の引張強さが必要以上に高くなり、じん性が劣化してJISの規格から外れることが想定されます。【動画4】では一般流通品のソリッドワイヤのなかでも比較的合金元素含有量の多い、FMG-60（φ1.4）を溶加棒としてビードオンプレートで溶接してみました。

結果 問題なく溶接はできましたが、作業者の感覚では電極の先端がやや丸まりやすく、ビード止端部の馴染みが劣るように感じました。



動画4 FMG-60(φ1.4)を溶加棒としてビードオンプレートで溶接

5-2. フラックス入りワイヤでティグ溶接

【動画5】では神戸製鋼所製フラックス入りワイヤのスタンダードFDW-Z110（φ1.2）を溶加棒として、ビードオンプレートで溶接してみました。

結果 溶接開始直後は溶加棒もよく溶けてビードの馴染みも良好ですが、アーク近傍がフラックスの影響で赤く燃烧しているのが確認できます。その後、溶加棒の先端で丸くなった溶滴が溶融池に移行せず、溶接できていな

い状態が確認できます。



動画5 FLOW-Z110(φ1.2)を溶加棒としてビードオンプレートで溶接

5-3. 被覆アーク溶接棒でティグ溶接

【動画6】では神戸製鋼所製被覆アーク溶接棒のスタンダードFZERODE-44(φ3.2)を溶加棒として、ビードオンプレートで溶接してみました。

結果 溶加棒を溶融した瞬間にアーク付近が赤く燃焼し、時折スパッタ(被覆剤の燃焼物)が飛散しているのが確認できます。また、心線に被覆剤を塗布しているため溶融池に直接溶加棒を流し込むことが困難で、溶接自体が継続できず最終的には前回(vol.519)の「動画3」の溶融亜鉛めっき鋼板と似たような現象になりました。



動画6 FZERODE-44(φ3.2)を溶加棒としてビードオンプレートで溶接

5-4. セルフシールドアーク溶接用ワイヤでティグ溶接

【動画7】では神戸製鋼所製セルフシールドアーク溶接材料の直流電源のスタンダード品であるFLOW-S50H(φ1.6)を溶加棒として、ビードオンプレートで溶接してみました。

結果 FLOW-S50Hをはじめとするセルフシールドアーク溶接用ワイヤは、自ら大気を遮断するシールドガスを発生させるため、良好なビード形状になるのではないかと予測していましたが、アーク近傍での赤い燃焼が確認でき、時折スパッタ(フラックスの燃焼物)が飛散しアーク安定性もソリッドワイヤと比較すると悪い状況でした。しかし、被覆アーク溶接棒よりは溶融池に溶加棒を近づけやすく、電極が丸まるまでには至りませんでした。



動画7 FLOW-S50H(φ1.6)を溶加棒としてビードオンプレートで溶接

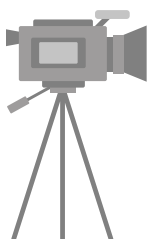
6. おわりに

ティグ溶接は、スパッタやスラグが発生せず美しいビード外観・形状が得られ、溶接金属の機械的性質も優秀な施工方法ですが、前処理や施工方法を誤ると大きな欠陥に繋がる旨を解説しました。今回解説した注意事項は基本的な内容であり、実施工では母材の材質、作業環境、継手形状、電流や溶接速度などの入力パラメータ、要求事項などにより多種多様な注意事項があると思われます。まずは基本が重要であり本資料が少しでも実施工に活かしていただければ幸いです。

※文中の商標を下記のように短縮表記しております。

FAMILIARC™ → F TRUSTARC™ → T

コベルコ溶接テクノ株式会社
CS推進部 CSグループ 皆川 勝己



今回で紹介した溶接動画は、当社保有の溶接専用カメラで撮影しました。溶接中の運棒位置や溶融金属の凝固なども捉えることができ、溶接の教育や技能継承には最適な動画が撮影できます。

ご興味がありましたら、お気軽に当社営業部にお問い合わせください。

【連絡先】

コベルコ溶接テクノ株式会社 営業部 0466-20-3270

コベルコ溶接テクノ株式会社ご紹介

<https://www.boudayori-gijutsugaido.com/magazine/vol510/special.html>

溶接VRトレーニング

https://www.kobelco-kwts.co.jp/services/welding_training/vr_training/



溶接動画撮影
CSグループ 古家 駿

表紙のことば 日本の風景 草津温泉-群馬



冬の絶景、湯けむり立ち上る草津温泉の湯畑 ―群馬県草津町

群馬県の北西部に位置し、日本三名泉の一つとして有名な草津温泉。硫黄の香り漂う温泉街と、もくもくと湯けむりが立ち上る湯畑。最近は夜にライトアップが行われ、幻想的な雰囲気を醸し出し、人気を集めています。

主たる泉質は「酸性低張性高温泉」。強酸性で、五寸釘を湯川の中に入れて置くと10日ほどで融けてなくなってしまう。温度50℃前後で湧出しているため、古来よりそのまま浴用として利用されてきました。日本武尊や行基、源頼朝の開湯伝説をもち、日本最大の湯量と優れた治癒効能を誇ります。戦国時代には多くの武将が湯治に訪れ、江戸時代には文人、歌人をはじめ多くの来浴者が往来し、古くから栄えた歴史ある温泉町です。

