

(株)齋鐵

板厚と表面処理、二重の違いを抱えた「異種材」のスポット溶接への挑戦

～タグチメソッド活用で実現した生産性大幅向上と、不良率 0%

新潟県三条市にて工場を構えるプレス／板金加工メーカーである(株)齋鐵（新潟県三条市）は、長年にわたり住設機器部品の製造を行ってきたが、ここ数年にわたってある加工品のスポット溶接における「不良率」の高さと生産性の低さに悩まされていた。板厚違い、表面処理違いの3つの部品を溶接する住設機器部品で、溶接条件を変更する「段取り」作業が必要となり、表面処理の影響でスパッタや火花も発生。不良率の高さの要因となっていた。そこで、燕三条地場産業振興センター（同市）協力のもと、「タグチメソッド」を活用することで、同製品のスポット溶接の「最適条件」を割り出すことに成功。段取り不要となったことなどによる生産性の大幅な向上と、不良率「0%」を達成した。条件の割り出しにいたるまでの道のりとともに、そして今後の技術の活用展望を聞いた。

社内の「問題児」にメスが入る

「今回のそもそもの発端は、去年の9月ごろより私が声をかけ進めた社内の業務改善活動でした」そう語るのは、齋藤孝之輔社長。当時は新型

コロナウイルスの影響への懸念が特に深まっていたころ。市場変化の兆候をにらみ、社内業績の改善が急務となったのだ。

社内で不採算機種種の洗い出しが着々と進む中、胃が痛むような気持ちでいたのが製造本部製造本部長付である武内和夫氏だ。武内氏には、この活動を聞いた時から脳裏に浮かび離れない部品があった。それが、今回の主役となる住設機器部品だ。

「同製品はある特徴のおかげで生産性は低く、そのうえ当時の不良率は8%。悲しいかな作れば作るほど赤字という状態でした。これは絶対に組上に上がるだろう、しかしどうしたら改善できるのか、と悩みました」（武内氏）

「二重の違い」を持つ異種材の接合

当該の製品は年間3万個を製造しており、3つの部品で構成されている。深絞り部品（板厚1.0

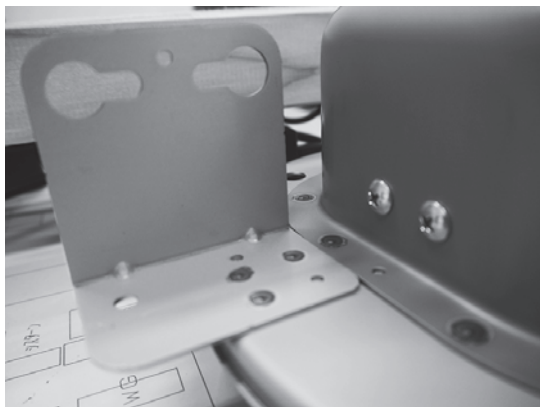


写真1 板厚1.2 mmの部品2つと板厚1.0 mm部品、計3つを溶接。1.0 mmの部材は潤滑被覆材、1.2 mmのものは亜鉛めっき鋼板

会社概要

| | |
|------|---|
| 会社名 | (株)齋鐵 |
| 代表者 | 齋藤孝之輔 |
| 本社 | 新潟県三条市井戸場 84-8 |
| TEL | 0256-33-7000 |
| 資本金 | 65,000,000 円 |
| 従業員数 | 114 名（パート・派遣含む） |
| 業務内容 | 金属プレス加工、溶接、組立、精密金型設計製作、各種精密板金加工。OEM 製品として冷暖房器具部品、燃焼器具部品など |



写真2 サーボガンスポット溶接機での加工。スパッタが原因の火花は、加工する作業者にとっても危険だった

mm)と円形の部品(板厚1.2mm)を溶接し、その側面にさらに小物の板部品(板厚1.2mm)を溶接し製造。すべての溶接を合計15打のスポット溶接で行う。さほど大きな問題のある部品には聞こえないが、実はこの製品を構成するパーツは板厚だけではなく「表面処理」の種類が違う。そしてこの「二重の違い」が、さまざまなトラブルの火種となっていた(写真1)。

「部品自体は17年ほど前から加工をしており、当時から板厚違いという難しさはありつつも、表面処理(亜鉛めっき鋼板)は同じということもあり大きな問題はありませんでした。ところが約5年前より、絞り部品の表面処理が『潤滑被膜』に変更。これにより不良率が大幅に上がってしまいました」

といきさつを振り返るのは加藤雄一郎専務取締役。「潤滑被膜」への変更の狙いは、もちろんプレスでの絞り加工における潤滑油の削減と、それによる「洗浄工程」のカットだ。しかし、これにより部品のそれぞれの板厚と表面処理まで違う部材を溶接することに。武内氏が「参った」と頭を抱えた事情はここにある。

「表面処理鋼板はスパッタや火花が出やすく、したがって不良品となりやすい。同じ表面処理同士でもそれは同じですが、3つのうち1つが潤滑被膜に変わったことで、より出やすくなってしまった。従来からの板厚の違いもあるため、溶接条件を12打と3打に分けて段取りを一回はさみ、不良のスパッタを取り除きながら加工をしてい



写真3 チップの汚れの比較。めっき被膜が剥がれ落ち、汚れとなる

した(写真2)。唯一の解決法は1回の設定で済み、なおかつ、より不良の少ない『溶接条件』を出すことですが、これには途方もない回数の実験が必要です」

解決策はわかっているが、同時にそれが容易でないことも明白だったのだ。しかし結局、武内氏の予感に当たり、同製品は社内でも生産性「ワースト5」に入っていることが判明。改善に乗り出すこととなった。

「作業時間短縮」を目指し試行錯誤

生産性向上のための改善案としてまずは「溶接スピード」に着目し改善を進めることにした。

「潤滑被膜に切り替わったことを切っ掛けに性能の高いサーボガンスポット機を採用していましたが、同機種はスポット作業自体が遅い。そこでいったん従来から使用しておりスピードも速い定置型スポット機に変更。しかし、3カ月近くかけ24回実験を行いました。品質・工数ともに満足できる結果を出すことはできませんでした」

武内氏とともに、改善に取り組んだ製造二課の茂野徹課長は振り返る。課題となったのは「ナゲット径」と「チップの劣化」。ナゲット径とは溶接された部分に生じる「最大熔融部分」の大きさ。この径の大きさが求められる基準の大きさであれば、溶接強度も基準に達していることを示す。しかし、溶接のスピードを増しても、ある程度の回数でナゲット径のサイズが基準を満たさなくなった。

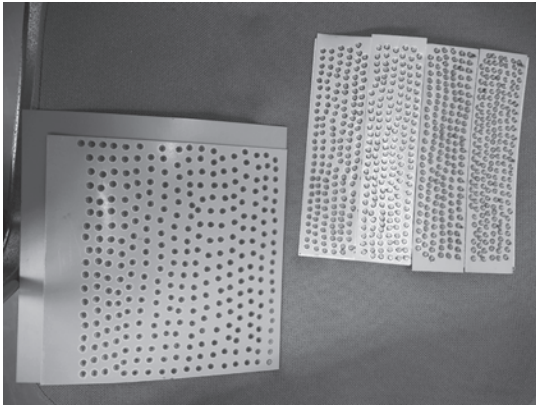


写真4 特定の打点数ごとに、人力で引きはがしてナゲット径を観察。打点が伸びれば伸びるほどうれしいが、疲労度も大きかった

また、溶接の電極にかぶせる「チップ」の劣化も問題だった。表面処理銅板を溶接するとめっき被膜が熱で溶け、そのまま「チップ」に付着してしまう。この汚れが酸化し、また不良の原因（スパッタ）となってしまうのだ。スピードを上げても、この汚れのおかげでチップを頻繁に交換せざるおえず、連続打点数が稼げなかった（写真3）。

タグチメソッド活用で見た光

やはり、段取り替えが不要で、なおかつ不良の出ない「奇跡の」溶接条件を実験計画法で割り出すしかない。ただし、従来の実験計画法では時間が掛かる。そう考えた武内氏は早速、燕三条地場産業振興センター産業振興部技術支援課の技術師、山家攻氏に相談を持ち掛けた。「溶接に関する技術相談は当センターでも多く受けていましたが、今回は特に難しいと感じました。表面処理と板厚の二重違いのため、最適な溶接条件はかなり狭い。がむしゃらに実験をするより何かしらの手法を使って条件をある程度予測し、絞る必要があると感じました」（山家氏）

そこで山家氏が活用を決めたのが、「タグチメソッド」だ。「タグチメソッド」とは「品質工学」とも呼ばれる工学手法である。生産前である設計の時点で品質を作りこむための考え方や分析法のことを言う。実際の生産時の条件（パラメータ）や生産中におこる「ばらつき」の要因などを集め、実験・計算することで「問題・不良の発生」を最

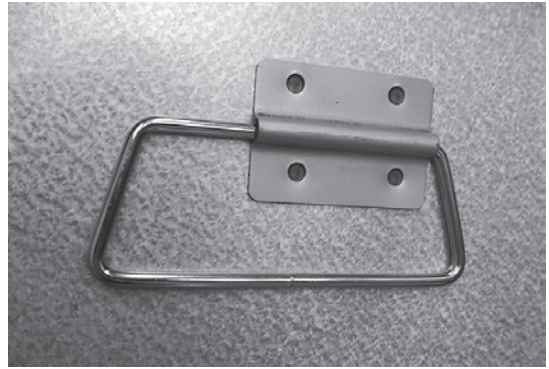


写真5 現在、溶接条件の絞り込みを進める大型容器の蓋（溶接部分）

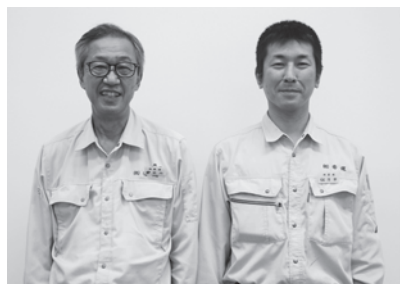
小限に抑えることを目的としている。自身も統計学を学んできた山家氏はこの「タグチメソッド」の目的と効果についても学んでおり、今回の狭い溶接条件の割り出しには最適だと考えた。同じく新潟県内にある長岡技術科学大学が同大学の田辺郁男教授が開発した、タグチメソッドを活用したイノベーションツール「明日のために！」を保有していたため、これを活用することにした。

武内氏、茂野氏に今までの実験結果などをヒアリングしつつ、同製品のスポット溶接の条件項目「電流値」「通電時間」「加圧力」「二段加圧力」をツールに入力。ナゲット径が大きく（溶接強度が満たされている）、品質のばらつきが小さい条件を絞り込んでいった。

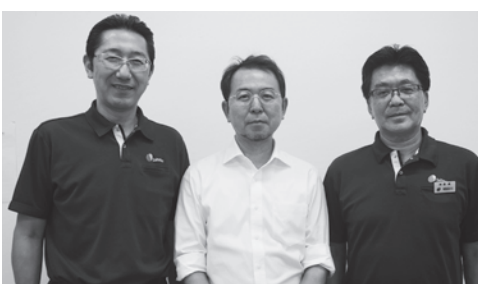
最後は現場力が割り出した「最適条件」

しかし、ここで終わりではない。タグチメソッドである程度しぼりこんだ条件で実際に現場のサーボガンスポット溶接機で溶接をし、その結果を確認。そしてその結果をフィードバックして、さらに条件の割り出しを進めていく必要がある。

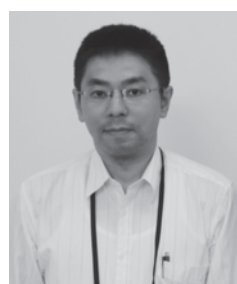
「今回は特に武内氏からの強い希望で、打点数を増やすために『チップ（電極）への汚れの影響』も最小に、というのも求める最適条件に含まれていました。ツールで割り出したデータをこちらで確認し、現場で実際に溶接してもらい、またその情報をフィードバックしてもらうことで、技術相談の経験や技術的な観点より原因を考え条件を微調整。このトライアンドエラーをひたすら繰り返



右から茂野氏、武内氏



右から明田川工場長、齋藤社長、加藤専務



山家氏

しました」(山家氏)

実際の実験は、就業時間後の同社の工場で行われた。タグチメソッドで割り出された溶接条件の候補を1つひとつ実際の機械、部材で溶接し、スパッタや火花の発生、チップの汚れの状態といった結果を細かく書き留めていく。また、この実験では前述の「ナゲット径」のサイズが基準を満たす「限界打点数」の見極めも必要となる。これにはかなりの根気が必要だった(写真4)。

「1つの条件の実験ごとに、大体2,000回以上の非破壊検査を行いました。特定の打数を打つごとに、人力で溶接された部材を引きはがし、ナゲットのサイズや状態を確認。体力的にもきつく、武内さんと励ましあいながらの日々でした」(茂野)

日々の二人の奮闘ぶりは、社内でも話題だった。当時の二人の実験を見守った明田川克己取締役工場長はこう振り返る。

「毎晩、就業後の暗い工場の中で、スポット溶接の音や、部材を剥がす音などが聞こえてきて、苦勞のほどはよくわかりました。業務とはいえ、なんとか二人の努力が報われてくれれば、と願わずにはいられませんでした」

そして、その思いの通り、計13回の実験を経て今回の製品のスポット溶接における最適な条件を割り出すことができた。これにより溶接の段取り替えが不要となり、したがって生産にかかる時間(工数)は1分18秒から1分2秒に短縮。1時間の出来高は46個から58個と大幅に増加。また、チップの交換頻度は従来の30台ごとから40台ごととなるなど、生産性が26%向上した。また、従来は8%だった不良率は0%に。社内でも予想しなかった、大きな成果をもたらすこととな

った。

今回の早期の条件特定には、「現場での実験の質と結果の迅速なフィードバックが必要不可欠だった」と山家氏は語る。でたらめな数値を入れるだけでは計算のしようもない。現場での経験から導かれた、できる限り最適に近いであろうと思われる条件を入力することが肝心ののだ。これだけの狭く複雑な溶接条件を13回の実験で割り出せたことは、タグチメソッドという方法の適切な活用と、現場の普段からの生産における鋭い観察、細やかな実験の成果だ。

新たな挑戦に向けて

当該の住設機器部品の課題をクリアした今、同社では次なる異種類材料の接合に取り組んでいる。ある大型容器の蓋に取っ手を取り付ける溶接だが、蓋部分は「溶融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板」(ガルバリウム鋼板)でめっきの厚さは $54\mu\text{m}$ 。今回の成果を上げた住設器具部品の表面処理は両方とも $3.0\mu\text{m}$ だったことからさらなる溶接の難しさがうかがえる。しかし、これもタグチメソッドの活用でチップの交換が10個ごとから30個ごとに、またスパッタの発生も0%になるなど着実に改善されている(写真5)。

「そのほかにもサーボガンスポット溶接機を活用したアルミと鉄の溶接事例など、新たな取り組みが成果を見せ始めています。時代が変われば、お客様からの要望も当然、変わる。難しい要望も多々ありますが、今後も社員の活躍、そしてそれをしっかりサポートする弊社の姿勢でもって答えていきます」(齋藤社長)

(編集部)