
Auto Alliance Thailand (AAT) (タイ) 研修報告書

スポット溶接における溶接スパッタ削減活動

工学研究科 機械システム工学専攻 西岡 勇介

1. はじめに

近年、日本の多くの製造業が海外に生産拠点を求め、世界各地で生産工場を立地し生産活動を行っている。タイには多くの日系企業が進出しており、特に自動車産業において、タイはアジアにおけるピックアップトラックの一大生産拠点地となっている。

Auto Alliance Thailand はマツダ株式会社とフォード・モーター株式会社の合弁企業であり、現地タイ人だけではなく、技術移転のためにマツダ本社からも日本人が来て働いている。私は異言語異文化を持つ人々と一緒に仕事をする中で、将来海外働くことになった際に自分たちに求められる能力、姿勢とは何なのかを把握するためにこの ECBO プログラムに参加した。

2. 研修先の概要

会社名:Auto Alliance Thailand Co.,Ltd. (AAT)
設立年月日:1995年11月28日 (1996年:工事着工, 1998年:生産開始)
事業内容:ピックアップトラック, 乗用車の生産および輸出
生産台数:336,725台
所在地:タイ王国, ラヨン県, イースタンシーボード工業団地
従業員:6,940人(2014年6月)
敷地面積:847,542m²

3. 研修スケジュール

8月18日: 派遣前事前研修(マツダ株式会社)
8月25日: タイ到着
8月26日: 研修開始
9月10日: 中間報告会
9月19日: 最終報告会
9月21日: 帰国

4. 研修テーマの決定

今回の研修テーマは予め Auto Alliance Thailand (以下 AAT とする)の方から提案があり、私の研修テーマは「スポット溶接における溶接スパッタ削減活動」であった。車体製造工場で行われる部品同士を接合する際に用いられるスポット溶接では、溶接条件が悪いとスパッタ(散り)が発生してしまう。スパッタは品質面, 安全面, コスト等に悪影響を及ぼすため発生させないように接合するのが望ましい。

5. 研修内容

5-1. 安全教育

研修開始初日に現地従業員の方に安全教育や会社の現在までの経緯等を座学で学んだ。日系企業ということで安全に対する意識は高かった。

5-2. 工場見学

私が研修を行ったのは車体製造工場であったが、研修を始めるにあたり、AAT での製造過程について理解するためにプレス工場等の塗装工場以外の工場を現地従業員の方とマツダから来られている駐在日本人の方の説明を受けながら見学して回った。AAT の車体製造工場ではピックアップトラックの組立を行う”Body Shop1”と乗用車の組立を行う”Body Shop2”の2つに分かれており、私は Body Shop2 で研修を行った。研修期間中は主に Mazda3(アクセラ)の 5HB(ハッチバ

ック)および4SD(セダンドア)の製造を行っていた。図1にBody shop2における製造過程を示す。まずプレス工場から運ばれてきたアンダーボディと呼ばれる車体の下部分の部品をPSW(Portable Spot Welding)と呼ばれる手動のスポット溶接で仮止め(Tack)のような形で接合する[UT]。次にそれらを今度はロボットで溶接(Respot)する。こちらで溶接強度を確保する[UR]。次にRoof(屋根)とBody Side(車体の左右の骨枠)をロボットで溶接する[BF/BR]。次にClosure Panel(蓋物)と言われるボンネットやドア等をボルト等で締結する[MF]。最後に検査を通ると次の工程となる塗装工場へと運ばれていく。

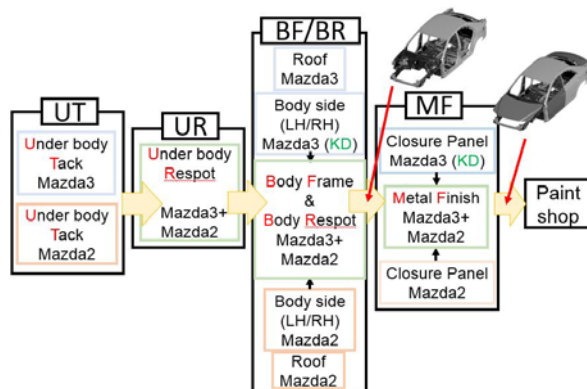


図1 車体製造工場(Body Shop2)での製造過程

5-3. 現状把握および問題点の発見

研修初週はスパッタ削減活動を行う上で必要な知識を頂いた資料を見て勉強した。その後実際に担当する溶接ロボット(図2)の現状把握を行った。スパッタの評価としては飛距離で評価しており、2m以上飛ぶものをAランク、1m~2m飛ぶものをBランク、1m未満のものをCランク、飛ばないものを0ランクとしており、飛距離が大きいほど悪影響を及ぼすものとする。現状把握の後にスパッタ発生要因になりうる溶接条件が適正か否かをマツダでの基準を参考に調査した。

5-4. 改善案の提案

溶接条件の調査の結果、スパッタ発生要因になりうる条件を改善した後に改善前と改善後で結果を比較し、それでも改善できなかった溶接点に関して原因をさらに考察し、最終報告会で改善案を提案した。



図2 溶接ロボット

6. 研修結果報告

スパッタレス活動を行う上で、スパッタが発生する要因とメカニズムを理解しておかなければならない。図3にスパッタが発生する要因およびメカニズムの一例を示す。溶接品質を保つ主要な要因として溶接電流、溶接時間、電極の加圧力、電極の径が挙げられる。溶接により発生する熱量が適していても溶接する位置が悪ければ発生するナゲット(溶融部)の径が電極の加圧力による加圧影響範囲を上回ってしまい、ナゲットの膨張する力を抑制することができなくなってしまい、スパッタが発生する。図の場合だと部品の端を溶接してしまい、ナゲット自体が2枚の母材間から外へはみ出しているためそのような状況になっている。よって溶接する打点の位置がスパッタ発生要因の一つであることが言える。

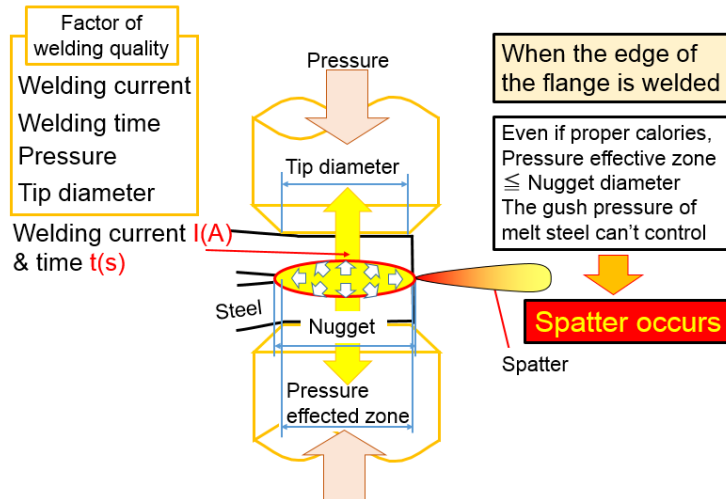


図3 スパッタ発生の要因とメカニズム

6.1 現状把握

本研修ではBF/BR(図1)におけるスパッタの現状を把握した。BF/BRには「ステーション(Station)」と言われる加工区画が12個存在しており、あるステーションでは溶接が適正に行われているか検査を行ったり、スポット溶接を行っていたりと各ステーションに役割がある。1つのステーションのみでBF/BRで行われるスポット溶接の全ての溶接点を溶接するのではなく、ステーション毎に決められた打点数がある。溶接を行うステーションには1ステーションにつき4体の溶接ロボットが設置されている。ある1ステーションで、私は溶接を行っている4体のうちの1体のロボットでのスパッタレス活動を行った。図4に担当した溶接ロボットの打点順の一部、表2に改善前の測定結果を示す。表中の上に記されている数字(19~35)は工程表により定められている打点番号であり図4に対応する。私が担当したロボットは35個の溶接点がありそのうちの19~35を示している。また、表中の左の”Unit〇〇”とはここでは計測〇〇台目という捉え方でよいが、全打点の溶接電流を合わせるために溶接電流が少し違う。これは後々に詳細に記述する。

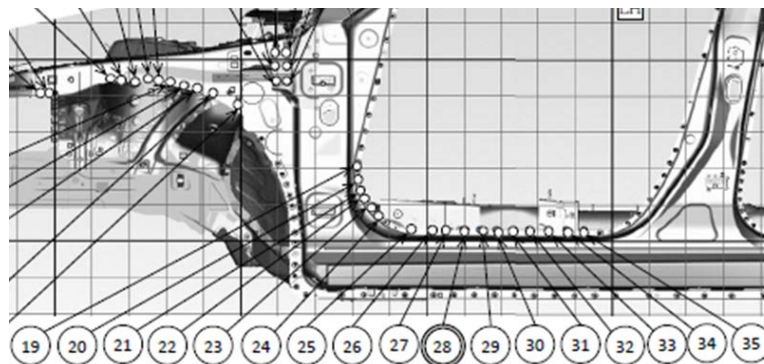


図4 溶接ロボットの打点順(工程表の一部)

表2 スパッタ飛距離の測定結果(改善前)

	Step Up	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	3 0	3 1	3 2	3 3	3 4	3 5
Unit01	1-2	O	O	O	A	A	C	C	A	B	A	A	A	A	O	O	O	O
Unit02	4-6	O	A	A	A	A	O	O	O	C	O	C	O	C	O	O	O	O
Unit03	8-9	O	A	A	A	A	A	O	O	A	O	B	O	O	O	O	O	B
Unit04	1-2	O	B	O	B	A	B	O	O	C	O	A	O	O	O	O	O	O
Unit05	4-6	O	O	A	B	B	B	B	A	B	O	O	O	O	A	O	O	A

表2の結果から研修期間を考慮して、21~23の溶接点を改善することにした。また、スパッタの方向(図5)によってスパッタ発生が異なるのではないかと考え、スパッタの飛距離に方向を付け加えた結果を表3に示す。Rは右方向、Lは左方向である。これらの結果をもとに現状調査を行い、スパッタ発生の要因を考え改善活動を行った。

表3 スパッタ方向の測定結果(改善前)

	Step Up	21	22	23
Unit01	1-2	O	L	R
Unit02	4-6	R	L	R
Unit03	8-9	R	L	L
Unit04	1-2	O	L	R
Unit05	4-6	R	L	R

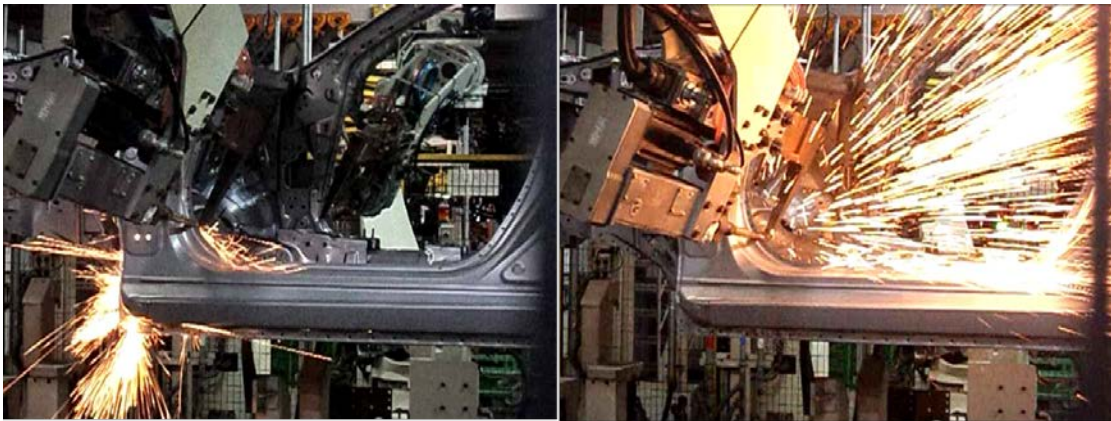


図5 スパッタの方向(左方向, 右方向)

6.2 現状調査

スパッタは既述の通り溶接条件が適正でない時に発生する。どの条件が適正でないのか現地従業員の方とマツダから来られている従業員の方とともに調査を行った。溶接条件が適正か否かはマツダ本社での基準をもとにした。調査項目は、母材間の隙間、電極の径、表面、研磨角、溶接位置、電極の角度、噛み合い等があり、各項目に適正とする基準が存在する。

これらの項目を調査した結果、溶接位置が基準に満たしておらず改善することにした。

6.3 改善結果

現場のオペレーターの手を借りて溶接位置を改善した。表4,5に改善結果を示す。

表4,5からUnit01, 02, 04, 05では改善する前と比べてスパッタをかなり削減できていることが

分かる。また、表3と表5より右方向のスパッタがかなり削減されていることから右方向のスパッタは溶接位置が適正でなかったことが要因として考えられる。また、図6にどのくらい改善できたかを数字で示す。改善前と比較してAランクのスパッタが60%減少できた。一方、Unit03においてスパッタの改善が見られなかった。

表4 スパッタ飛距離の測定結果(改善後)

	Step Up	21	22	23
Unit01	1-2	O	O	O
Unit02	4-6	O	O	C
Unit03	8-9	A	B	B
Unit04	1-2	O	C	C
Unit05	4-6	O	O	O

表5 スパッタ方向の測定結果(改善後)

	Step Up	21	22	23
Unit01	1-2	O	O	O
Unit02	4-6	O	O	L
Unit03	8-9	R	L	L
Unit04	1-2	O	L	L
Unit05	4-6	O	O	O

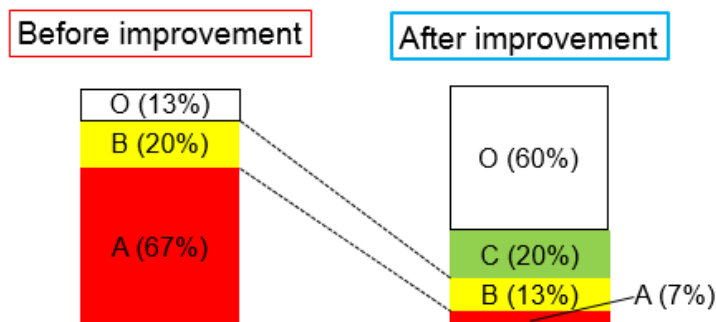


図6 改善前と改善後の比較

6.4 改善案の提案

勉強資料をもとになぜ改善できなかったのかを考察し、改善案を考えた。注目したのはスポット溶接で行われる Step Up である。溶接をしていくと電極の先端が摩耗していく。すると電極が母材に接する面積が増加していくので同じ電流を流しているとき、電流密度が低下し、発生するジュール熱の熱量が徐々に小さくなる。すると、狙っているナゲット径を得られなくなってしまい、不良な溶接部の形成につながる。対策として、ある打点数ごとに溶接電流を微量増加してやり、電流密度を一定にし、適正なナゲット径を得ることを狙ったのが Step Up とされるものである。

表6に担当したロボットのステップアップを示す。担当したロボットは20打点毎に1つステップアップし、ステップアップのFinal(表中の一番下)で溶接を終えると電極を最初の径になるまで研磨して電流も最初の値に戻る。WC1は最初に流す電流値、WC2はWC1を流した後に再び流す電流値であり、各電流値に流す時間が定められている。研磨する周期は1(回/200打点数)であった。スパッタを測定している間、マツダ3の5HBと4SDの2つ(溶接点はどちらも35点ある)が交互に流れていた。よって5HBの溶接をする際にはUnit01, 04ではステップアップ1~2, Unit02, 05ではステップアップ4~6, Unit03ではステップアップ8~9で溶接していた。よってUnit03では溶接電流が一番高い条件で溶接を行っていたことになり、電極の摩耗に対してステップアップの幅が大きい、つまり電流を上げすぎではないかと考えた。以上のことから最終報告会で表7に示すように、電極を研磨する周期を早めてはどうかという提案をした。しかし、その提案は作業時間、材料のコストをことを全く考慮しておらず、また現在のステップアップ周期はAATで過去にそれらを検証して最適化したものなので変えることはできないということだった。

スパッタレス活動とはいえ、スパッタを削減するだけでなく作業時間やコストのことも考慮しなければならず改めてこの活動の奥深さというものを痛感した。

表6 担当したロボットのステップアップ



Step Up	WC1 (kA)	WC2 (kA)	Tip diameter	Mazda3 5HB	Mazda3 4SD
1	9.0	9.5		35	
2 (1%↑)	9.09	9.595		35	
3 (2%↑)	9.18	9.69			35
4 (2%↑)	9.18	9.69		35	
5 (2%↑)	9.18	9.69			35
6 (3%↑)	9.27	9.785		35	
7 (3%↑)	9.27	9.785			35
8 (3%↑)	9.27	9.785		35	
9 (4%↑)	9.36	9.88			35
10(4%↑)	9.36	9.88			35
Final(4%↑)	9.36	9.88			35

表7 提案したステップアップ

Step Up	WC1 (kA)	WC2 (kA)	Tip diameter	Mazda3 5HB	Mazda3 4SD
1	9.0	9.5		35	
2 (1%↑)	9.09	9.595			
3 (2%↑)	9.18	9.69			35
4 (2%↑)	9.18	9.69			
5 (2%↑)	9.18	9.69		35	
Final (3%↑)	9.27	9.785			35

7. まとめ

今回は溶接という自分の専攻外の分野を扱った内容であり AAT に対して何かしらの貢献ができるかが心配であった。だからこそ派遣前にスポット溶接の原理や他の企業で行われたスパッタに関する文献を読んで事前に知識を取り入れるというような事前準備を入念にでき、その結果受け身にならずやりがいを感じながら研修に臨むことができたと思う。だが、研修中に頂いた資料は派遣前に勉強したことをさらに掘り下げた内容が書いてあり、やはり研修中に学んだことのほうがはるかに多かった。

研修中はマツダから来られている従業員との会話以外は英語であった。言われたことが聞き取れないことや自分の伝えたいことを正確に伝えることに苦労した。特に改善後の結果を考察し、それを AAT の方々に説明する際にかかなり苦労したのを覚えている。それでも AAT の方々は私の為に最後まで話を聞き、理解してくださった。言語の壁があるからこそ、AAT の方々が私に示したその姿勢は海外で働く上で重要であるということも学んだ。伝えることには苦労したが、課題に対してどうすれば解決するのか、そのようなことを考えながら、かつ英語でコミュニケーションを取りながらこの研修に取り組めたことは非常に良い経験となった。また食事中、タイ人同士はもちろんタイ語で、駐在されている日本人と現地タイ人の方もタイ語で会話するシーンがいくらか見られた。実際に片言ですが自分がタイ語を話すとタイ人は喜んでくださった。英語圏以外に来年度行こうと考えている学生には現地の方との信頼関係を築く手段として公用語を使う努力をしてみしてほしい。

8. 謝辞

本研修を行うにあたり、原田副社長、安本さん、牟田さん、神崎さん、藤井さん、尾崎さん、新田さん、小澤さんをはじめとする日本人スタッフの皆様、Banyat さん、Adirek さん、Somsong さん、Egarin さん、Apisit さん、Kittikun さん、Waraporn さん、Krittaporn さんをはじめとする AAT スタッフの皆様、またこの研修を企画・運営していただいた高品先生をはじめとする ECBO 実行委員の先生方、藤原さんをはじめとする事務的なお世話をしてくださった工学研究科事務の皆様にご心より御礼申し上げます。また、AAT での現地研修で時間を共にした木村君、中野君にも心から感謝いたします。本当にありがとうございました。