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

Improving the Quality assurance in sealing (body sealer) process

工学研究科 化学工学専攻 砂田 悟志

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派遣されて働いている。私は異言語異文化を持つ人々と一緒に仕事をする中で、将来海外で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(2004 年 3 月)

所在地:タイ王国, ラヨーン県, 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 8 日 : 派遣前事前研修(マツダ株式会社)
8 月 24 日 : タイ到着
8 月 26 日 : 研修開始
9 月 18 日 : 最終報告会
9 月 20 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」という)から提案があり、私の研修テーマは「シーリング工程における工程保証度の向上」であった。車体製造工場では車体をシーリングする際に、現地では人による塗布を行っていた。それにより人為的なズレが生じてしまう。そこでマツダで採用されている評価方法である「工程保証度」を用いてシーリング工程の効率向上を行った。

5. 研修内容

マツダはそれぞれの工程における生産効率、品質を維持するために工程保証度という制度を取り入れている。シーリング工程における工程保証度には「塗布径」と「塗布位置」の 2 種類が存在している。またそれぞれの工程保証度の表から、圧力制御や速度制御などの 6 項目が設定されている。そして精密に区分けされた LEVEL を項目ごとに評価していく。シーリング工程における「塗布径」「塗布位置」それぞれの工程保証度を以下に示す。

	Detailed item	Nozzle positioning	Applying method (Method / RII)	Work positioning
O C C U R S P R E V E N T I O N	5 You do not make a bad ideal condition (All factors are managed)	① deviation no regulation = easy to manage ② Example: The application by robot / automatic machine ③ Check nozzle position automatically every time	① position is no variation application ② Example: Coating direction of the roller same as the direction of the nozzle, perpendicular to the plane ③ And ④ As the direction is not change by over the life of the nozzle be better than the ideal state machine ⑤ clear = stainless steel	① Regulations to avoid damage ② Work = user management ③ Example: Fixing surface = locator pin = clamp ④ Fixing (user management) in the same way as the life
	4 You do not make a bad Good condition (Basic conditions are aligned level)	① Regulations to avoid damage = easy to manage ② Example: The application by robot / automatic machine ③ It confirms the nozzle position such as inoperative pin management but "Yes"	① position is not exact = variable application ② Example: Coating direction of the roller same as the direction of the nozzle, perpendicular to the plane ③ And a small nozzle ④ user nozzle is made material (copper / steel) ⑤ user nozzle management of nozzle by	① Regulations to avoid damage ② Work = user management ③ Example: Fixing surface = locator pin = clamp ④ Or positioning in the surface pad Or external handling = case application in heat hole ⑤ If work is not with other color apply
	3 Easy controlled / inspection Relatively good condition (Regulation wide)	① Follow the deviation no regulation ② Example: The application by robot / automatic machine ③ It confirms the nozzle position such as pin management but "Yes" ④ Example: application fixed into position with other	① position is difficult variation applying method ② Example: Coating direction of the roller not same the direction of the nozzle is not perpendicular to the plane ③ And a small nozzle ④ user stainless steel / copper / brass ⑤ user management "Yes"	① the position is no with ② Surface position is a little damage ③ Example: Fixing surface = locator pin = clamp ④ positioning in the surface pad
	2 Easy controlled / inspection (Through regulation)	① rough regulation ② Example: There is no guide on one side including also application manually along the run	① position is variation applying method in pin ② Example: Coating direction of the roller same as the direction of the nozzle, perpendicular to the plane ③ And a small nozzle ④ user nozzle "1" three / "2" three / "3" three	① Surface and position regulation is rough ② Example: Fixing surface = rough state in positioning
	1 manage / inspection is difficult (Qualitative and manage by the operator)	① to indicate the approximate ② Example: In lower plate instructions handwritten	① applying method that position value ② Example: Coating direction of the roller not same the direction of the nozzle is not perpendicular to the plane ③ And a small nozzle ④ is not less than to nozzle manage "1" three / "2" three	① Surface and position regulation is rough ② Example: Fixing surface only not also and that case not enough ③ "1" the resulting surface handwritten
	0 Not managed	① It has not been manage ② Example: There is no guide and no include hand painted	① It has not been manage ② Example: Not user management of the nozzle	① unwith ② Example: applying to have the work by hand

	Detailed item	Quantitative / reliability	Confirmation / detection point	Frequency
S P I L I P R E V E N T I O N	5 Not bad flow Ideal condition (The total length confirmation by equipment) + The total number detection function management	① confirmed by detecting ② Detecting device ③ And ④ every time verify the position of the detection device (the state is correct or not) ⑤ For example: It is decided by inspection (it is wrong)	① Check the total length	① The total number confirmation ② For round (4 times / 1 hour) double check
	4 Not bad flow Good condition (The total length confirmation by equipment) + Guarantee detection function management	① confirmed by detecting ② Detecting device ③ And ④ every time verify the position of the detection device (the state is correct or not) ⑤ For example: It is decided by inspection (it is wrong)	① Confirms the start and end points and check the one side in the middle of the state	① The total number confirmation ② Starting inspection such as once / 1 hour double check
	3 Easy to detect bad Relatively good condition (The part confirmed by the equipment) + Guarantee detection function management	① confirmed by detecting device ② Or ③ Operator confirmed using quantitative data (check page)	① Confirms both the start and end points	① Confirmation in a short period (start checker once / 10 units)
	2 Easy to detect bad (Confirmation of the full-length by the operator) (All total length check)	① Double check with visual confirmation by the operator ② "Starting inspection" and "In the mass production" ③ Or "Application process" and "Post-process"	① Check the one of start or end point	① per round (4 times / 1 hour) confirmation
	1 Difficult to detect bad (Confirmation of part by the operator) (All part of the check)	① operator clearly confirmed	① Check the one side such as selected position	① Starting inspection such as once / 1 hour confirmation
	0 Not been confirmed (By the operator, it has been confirmed in the mass)	① All confirm anything	① All confirm anything	① All confirm anything

	Detailed item	Speed control	Pressure control	Temperature control (vacuums)
O C C U R S P R E V E N T I O N	5 You do not make a bad Ideal condition (All factors are managed)	① automatic application it is checked control ② Example: Robot internal side of the handle ③ Constantly application apparatus	① eliminate the influence of pressure variations ② Example: By the servo motor - but servo ③ Constantly application apparatus	① the main characteristic ② The temperature control of the upper and lower both each element ③ Example: Calculate the water temperature at the outlet ④ Pump shed and pump hot air conditioning ⑤ And the fluid piping using air conditioning and having part piping insulation and gun heater
	4 You do not make a bad Good condition (Basic conditions are aligned level)	① automatic application that use controlled ② Example: The application of a robot or of an automatic machine ③ Application of an automatic machine	① manage element to the main characteristic ② Example: Ball control of pressure ③ Automatic pressure control device ④ Or ultra regulator manual pressure reducing valve ⑤ And use only one gun in one pump	① the main characteristic ② The temperature control each element ③ Example: Calculate the temperature of the outlet water ④ Control all 3 items before or use applied by Constantly application apparatus
	3 Easy controlled / inspection Relatively good condition (Regulation wide)	① automatic application it is steps to control ② Example: In air-shower speed controller but "Yes" ③ applying of an automatic machine	① manage element for main characteristic ② Example: Ball control of pressure ③ Automatic pressure control device ④ Or ultra regulator manual pressure reducing valve And it is pipe ⑤ And use in doubleless size ⑥ Since the effect is less like "a gun"	① against main characteristic ② The temperature control each element ③ Example: Calculating the temperature of the intermediate path ④ "Pump hot", "Pump shed heater", "Third part piping heater", "Nozzle part piping heater" ⑤ Only automatic applying of "Gun heater" ⑥ 3 items (all exist in the same characteristic) 4 items all 4 items
	2 Easy controlled / inspection (Through regulation)	① to control automatic applying ② Or while checking the amount a guide ③ Example: 1. speed controller in air shower ④ applying of an automatic machine ⑤ Example: 2. The application to hand as a reference have instructions with a video	① simple control ② Example: "Gun" of the regulator ③ Solder pump	① part of the temperature control ② Example: "Pump hot", "Pump shed heater", "Third part piping heater", "Gun heater" ③ Or "Nozzle part piping heater" ④ 3 items exist in the same
	1 manage / inspection is difficult (Qualitative and manage by the operator)	① while checking the amount ② speed control in human sense ③ Example: Hand-painted after applying position is stable	① controlled by a small fraction ② Example: Pump ultra regulator	① a small portion of the temperature control ② Example: "Pump hot", "Pump shed heater", "Third part piping heater", "Gun heater" ③ Or "Nozzle part piping heater" ④ 1 item exists in the same
	0 Not managed	① It has not been managed ② Example: Hand-painted after applying position is stable	① Controlled the pressure by the operator ② Example: Hand applying in coating gun ③ Solder and accepted by applying to hand	① The temperature control without

	Detailed item	Quantitative / reliability	Confirmation / detection point	Frequency
S P I L I P R E V E N T I O N	5 Not bad flow Ideal condition (The total length confirmation by equipment) + The total number detection function management	① confirmed by detecting ② Detecting device ③ And ④ every time verify the accuracy of the detection device (the state is correct or not) ⑤ For example: Starting to measure a fluid distance check the OK / NG	① Check the width or height of the full-length	① The total number confirmation ② For round (4 times / 1 hour) double check
	4 Not bad flow Good condition (The total length confirmation by equipment) + Periodic detection function management	① confirmed by detecting ② Detecting device ③ And ④ every time verify the accuracy of the detection device (the state is correct or not) ⑤ Such as inspection per management but "Yes" ⑥ Equipment example: The application of quantitative application apparatus	① Check the width or height of the center width in the fixed position	① The total number confirmation ② Starting inspection such as once / 1 hour double check ③ Equipment example: The application of quantitative applying apparatus
	3 Easy to detect bad Relatively good condition (The part confirmed by the equipment) (All part of the check)	① confirmed by detecting device ② Or ③ Operator confirmed using quantitative data (check page)	① Check the width or height of the application limitation	① Confirmation in a short period (start checker once / 10 units)
	2 Easy to detect bad (Confirmation of the full-length by the operator) (All total length check)	① the visual confirmation of the roller ② Double check ③ "Starting inspection" and "In the mass production" ④ Or "Application process" and "Post-process"	① Check the width or height of the part	① per round (4 times / 1 hour) confirmation
	1 Difficult to detect bad (Confirmation of part by the operator) (All part of the check)	① operator clearly confirmed	① Check only the presence in absence in the pre-specified check is not to "Yes"	① Starting inspection such as once / 1 hour confirmation
	0 Not been confirmed (By the operator, it has been confirmed in the mass)	① has not been confirmed nothing	① has not been confirmed nothing	① has not been confirmed nothing

図1 工程保証度 塗布径 (上) 塗布位置 (下)

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CX-3の量産に向けたラインの性能確認が行われていた。図1にBody shop2における製造過程を示す。

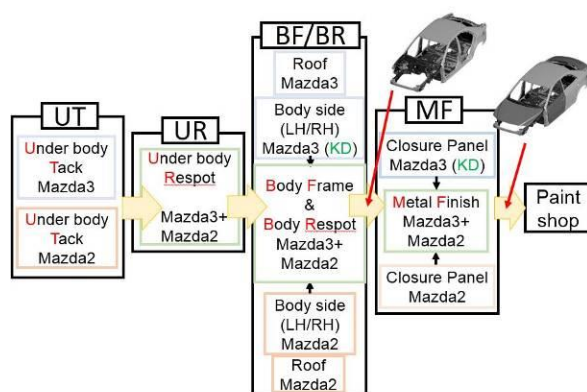


図2 車体製造工場 (Body Shop2) での製造過程

5－3．現状把握および問題点の発見と目標

研修初週はシーリングを行う上での現状の問題点と課題を観察した。初めて観察を行った際には、シーリングを行う上で設計したガイドが全く用いられていなかった。この原因を探るべく現地の作業員に質問を行った。その結果、ガイドには様々な欠点があることがわかった。まず一つ目に、ガイドは車体の形状と全く同じ形状に作製されており、その複雑すぎる形状のため塗布が難しくなっていた。二つ目に、塗布している際に自身の手や腕に塗布位置が隠れてしまい、正確に塗布ができていなかった。三つ目にボカ避け装置のバネの力が強く、その力により正確な塗布が阻害されていた。4つ目に作業者が個々の塗布位置と塗布角度で塗布を行っていたので、毎回の塗布幅と塗布高さが異なっていた。

また現状での工程保証度は「塗布径」が LEVEL1, 「塗布位置」が LEVEL2 であった。しかし実施の現場では最低でも LEVEL3 が求められるために、今回の実習では「塗布径」「塗布位置」を最低でも LEVEL3 に向上させることを目的とする。

5－4．改善案の提案

塗布条件の調査の結果、問題点の要因と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問題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。

6．研修結果報告

6－1．要因分析

今回のシーリングプロセスにおける現象の要因分析を行った。その際の分析結果を以下に示す。

原因	一次要因	二次要因	三次要因	四次要因
A	塗布位置	本体の位置のバラツキ	固定器具精度不足	固定器具数
				固定器具位置
				固定器具寸法
				固定装置形状
		塗布時の力の向き	人による施工	
			誘導装置の形状	誘導装置角度
				誘導装置ラフネス
				誘導板枚数
				確認装置種類
			塗布角度	塗布時間
B	確認装置種類	確認装置の抵抗	人による施工	
			ノズル長さ	
			管長さ	
			ノズルフレキシビリティ	
			人による施工	
			塗布時間	
			誘導装置角度	
			誘導装置ラフネス	
			誘導板枚数	
			確認装置の抵抗	
C	誘導装置の形状	塗布時間	ノズル長さ	
			管長さ	
			ノズルフレキシビリティ	
			人による施工	
			塗布時間	
			誘導装置角度	
			誘導装置ラフネス	
			誘導板枚数	
			確認装置の種類	
			確認装置の抵抗	
D	塗布角度	塗布時間	ノズル長さ	
			管長さ	
			ノズルフレキシビリティ	
			人による施工	
			塗布時間	
			誘導装置角度	
			誘導装置ラフネス	
			誘導板枚数	
			確認装置の種類	
			確認装置の抵抗	

図 3 要因分析結果

またシーラーは流体であることから、流体力学で用いられる式を用いてさらに要因分析を行った。その際に用いた式を以下に示す。

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gh_1 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gh_2 - E_v = \text{const}$$

Bernoulli's - principle

図 4 ベルヌーイの式

さらにベルヌーイの式を用いた場合の要因分析の解析及び、その結果を以下に示す。

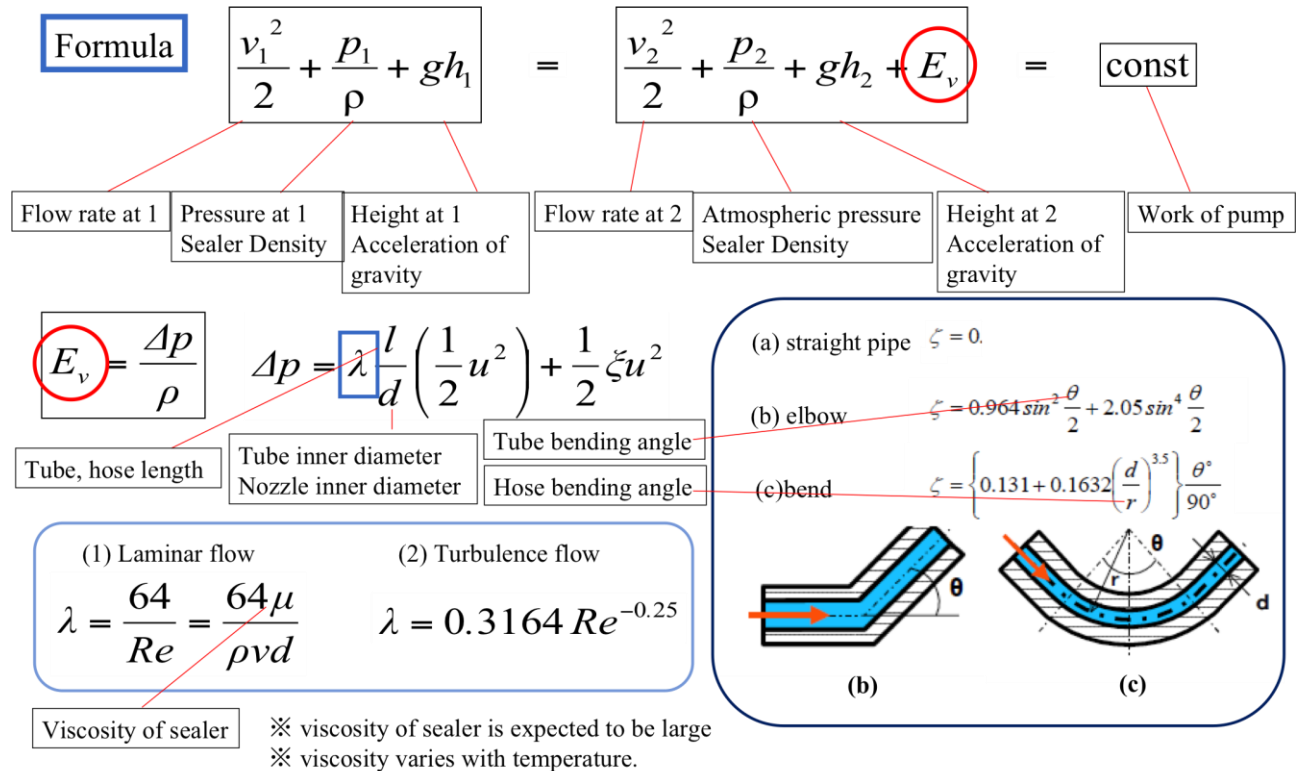


図5 ベルヌーイの式

この要因分析結果より、さらに詳しく要因分析した結果を以下に示す。

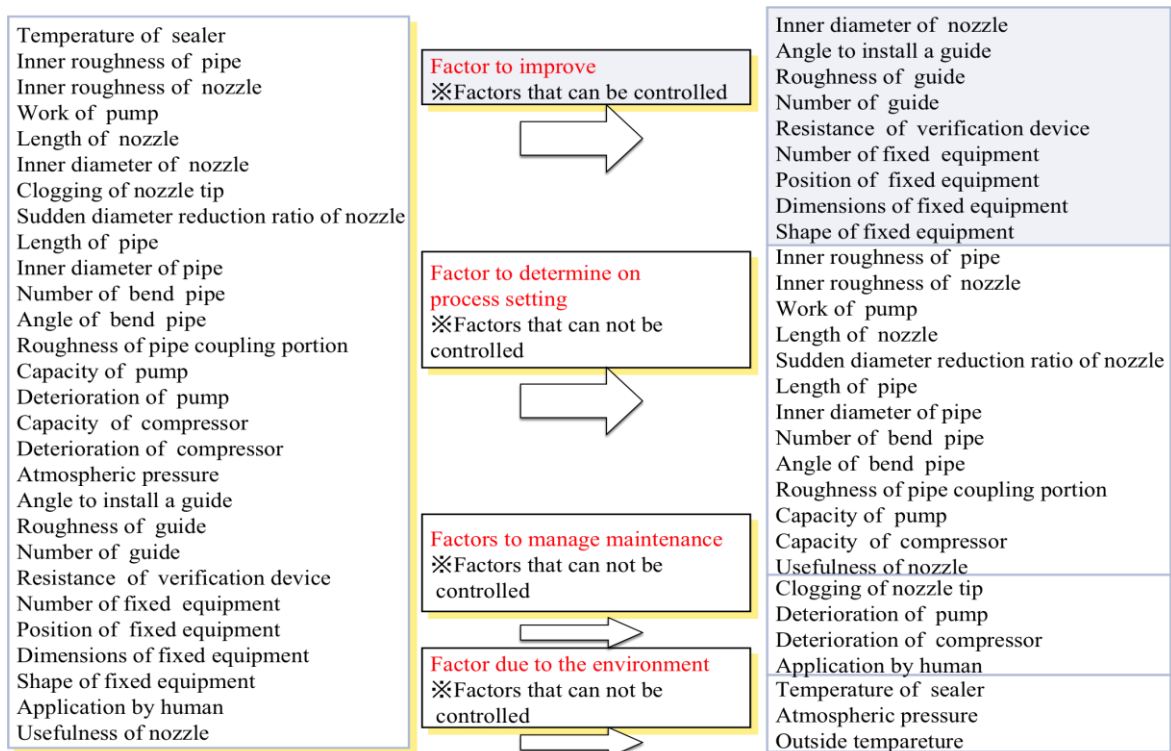


図6 要因分析（流体力学加味後）

要因分析後に変更可能な要因かどうかを分析し，変更可能な要因を右上の青色の範囲で示す。この変数を軸に改善すべき点を考察した。

6－2 改善結果

6－2－1 ノズル径拡大

噴出ノズルの径を増加させ，シーラーの噴出量を増大させた。噴出ノズルの理想形の求め方として，先ほどのベルヌーイの式を用いた。その計算結果によりノズル径を $d=2.0$ から $d=2.15$ に変化させた。その結果，理想の塗布幅と塗布高さに近づいた。その実験結果を以下に示す。

表1 ノズル径拡大結果

Application	time [s]	width [mm]	height [mm]
Standard	(10)	8～10	4～5
Average	17.2	5.6	3.2
Difference (Before)	+7.2	-2.4	-0.8
Standard	10.7	9.4	4.3
Difference (After)	+0.7	0	0

表1 よりノズル径を増加させることにより塗布時間，幅，高さが基準を満たすようになっていることがわかる。このことからノズル系を拡大対策は成功したと考えられる。

6－2－2 ダム付き塗布ガイド

従来のダムを用いた場合，シーラーが40%の確率で外側へはみ出していた。そこで従来のガイドにダムを取り付けた画像を以下に示す。



図7 改善前と改善後のガイド

改善後のダム付きガイドを用いた場合、今まではみ出していたシーラーが一切ハミ出なくな
った。その際のシーラー塗布状態を以下に示す。このことからダム付きガイドの有用性が示さ
れた。

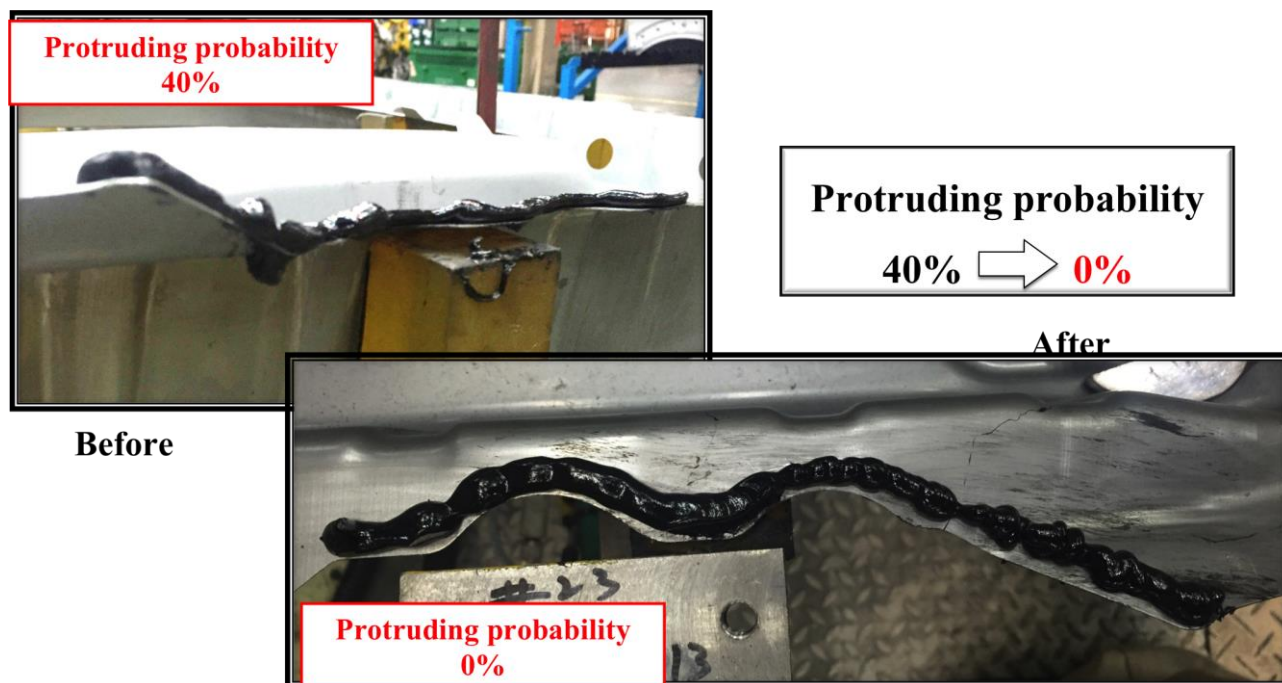


図8 ガイド改善前と改善後の塗布状態

6-2-3 ガイド形状変更

現状把握により、ガイドの形状が複雑すぎるという問題点が挙げられた。このことから形状の違うガイドを新たに2種類提案した。一つ目は車体の複雑な形状をなくした α スタイル、二つ目は α スタイルよりもさらに登頂の丸みを無くし角を作った β タイプである。 β タイプは登頂を角にすることで力のベクトル変化の認知を容易にできると考えたスタイルである。2種類のガイドを以下に示す。

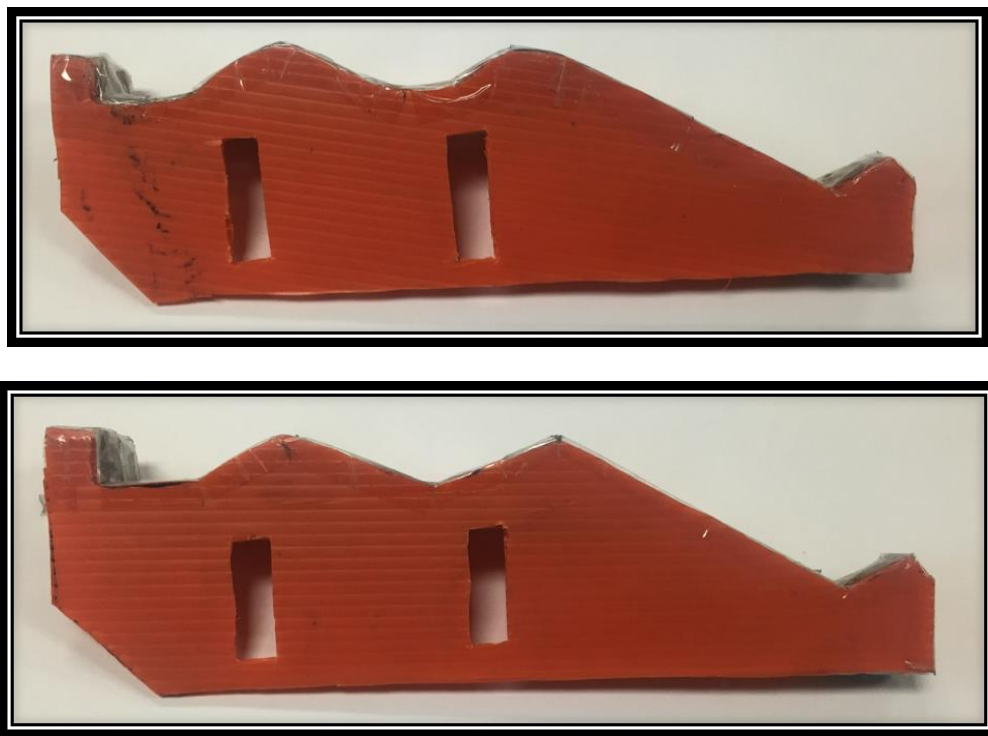


図9 α タイプ（上）と β タイプ（下）

α タイプと β タイプをそれぞれ用いた場合の塗布状態を以下に示す。 α タイプと β タイプのどちらを用いた場合でも、布部にはみ出しは見られなかった。しかし α タイプは塗布幅に少しばらつきが観察された。それと比較して、 β タイプは塗布幅にばらつきは見られず比較的安定した塗布幅と高さを有していた。その実験結果を以下に示す。

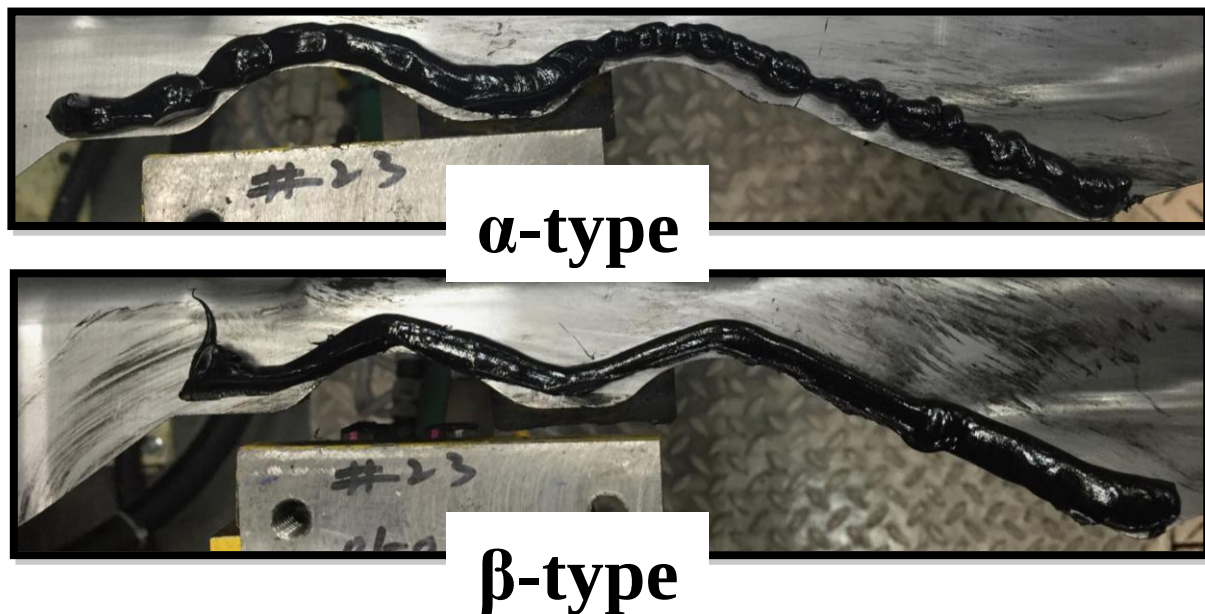


図10 塗布状態 α タイプ（上）と β タイプ（下）

6-3. 結論

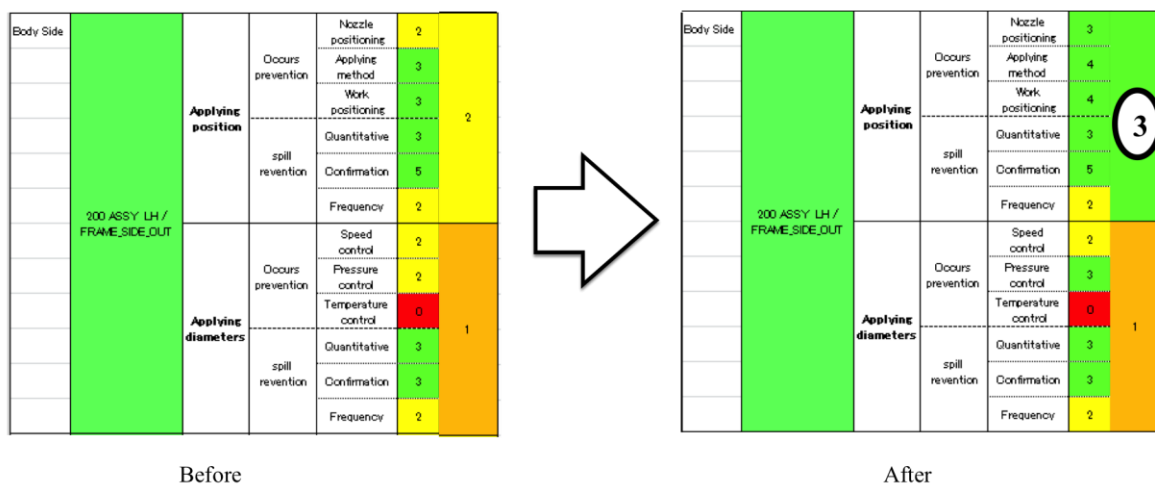


図 11 工程保証度の改善状況

工程保証度の改善状況を示す。「塗布位置」に関しては目標である LEVEL3 を達成した。「塗布径」に関しては LEVEL1 のまま向上が見られなかった。このためさらなる改善が必要であると考えられる。そのためには気温に重点を置く必要があると考えられる。日本では気温が大きく変動するために工程保証度に、気温の項目が存在する。しかしタイ王国では気温の差は日本に比べて極めて小さい。そのため気温の変化とシーラーの粘度を比較することにより、粘度の温度変化が極めて低いと判断できれば、温度の項目を消すことができる。そうなれば「塗布径」が LEVEL2 へ上昇すると考えられる。しかし、まだまだ「塗布径」に関して向上を続ける必要がある。

7. まとめ

今回は、シーラーに関する実習テーマであったために専門分野である流体力学を用いることができた。しかしシーラーは通常の流体と異なり、粘度が極めて高いために一般的に用いられている式を用いることができなかった。そこで一般的な流体力学を用いた結果と、現物で行った実験データでフィッティングを行うことで解決した。このように理論式などの理論だけで物事を考えるのではなく、現場・現物を直接観察することの重要性を痛感した。

また日本の常識では考えられないことが、現地での常識である可能性が高いことがわかった。そのため装置の設計など、現地の方々に関係してくるものは、現地の文化・風習を取り入れ

る必要があると感じた。そのためにネットなどでの一派論でなく、実際に現地の方々と触れ合うことで、問題が解決することもあると考える。だから身振り手振りでも構わないので、実際に現地の方々とコミュニケーションをとることが重要であると感じた。

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かけて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居原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。
