

とよたじどうしゃかぶしきがいしゃ
トヨタ自動車株式会社

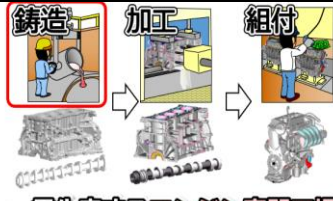
かみこうこうじょう
上郷工場

水元 広伸

1.会社の紹介

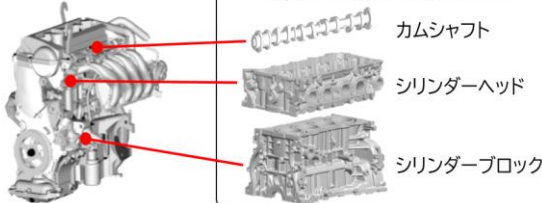


愛知県内に12工場



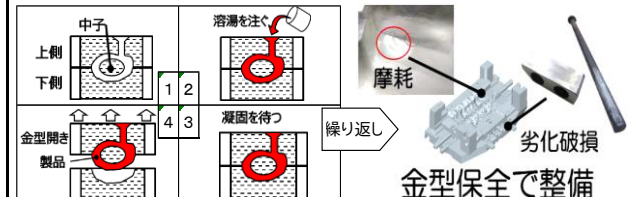
一貫生産するエンジン専門工場

鋳造部の主な生産品



弊社は、愛知県豊田市に本社を置き、県内12工場の生産拠点があります。私たちが働いている上郷工場は、昭和40年に操業され、**鋳造から組付まで一貫生産する、エンジン専門工場**です。私たちの所属する鋳造部では主に、カムシャフト・シリンダーヘッド・ブロックの粗材の生産をしています。

2.鋳造とは



3.職場の紹介と担当業務

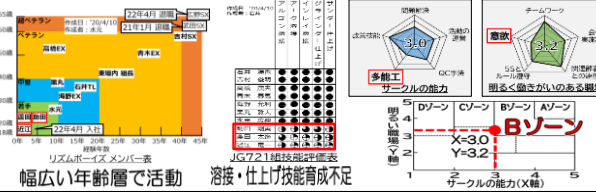
3組3交代で金型整備 デジタル管理板を使用して情報共有

鋳造とは、外部形状を造る外型に内部形状を造る中子をセットし、その後、約700℃の溶けたアルミが注ぎ込まれ、冷やされて製品が作られます。鋳造で使用する金型は、**繰り返し使用すると高温高圧により、摩耗や部品の劣化破損が発生する為、私達型保全が整備を担当**しています。整備は3組3交代で行っており、デジタルボードを活用して、日々の困りごとから、メンバーの育成計画など、様々な情報を共有しQC活動を進めています。

3.職場の紹介と担当業務



4.サークルレバ



金型整備は故障しないために行う車検に似ています。一定量使用した金型は分解し測定。悪い部位は溶接・加工・仕上げによる数十ミクロンでの形状復元や、部品交換を実施。金型数には限りがあり、次の型の使用限度前にタイムリーに整備を終わらせる必要があり、**高技能かつスピードも必要**なとも**ヤリガイのある職場**です。19年初旬、新入社員やローテーションで**若手が多くなり**、型保全特有の守らなければいけない「溶接」、「仕上げ」といった**カンコツを要す技能が低く**、**育成が課題**となっています。私自身QCチームリーダーとしての経験が少なく、QC手法の勉強中。サークルレバは**Bゾーン**となっています。

5.20年初旬の職場の状況

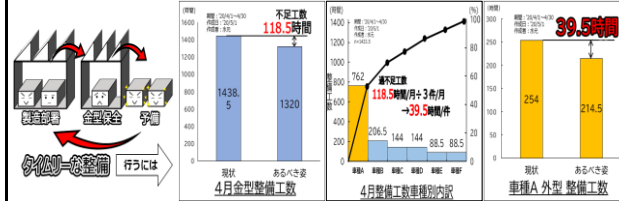
1.8倍



車の車検と同じように、金型も次の整備まで良品を作り続けるため、定期整備を行います。20年初旬、車種Aの金型使用数は32000回に到達。車の使用年数が長くなると整備箇所が増えるのと同様に、**使用回数が多くなった金型は、修理範囲が増加**。結果、**工数が約1.8倍**に膨れ上がり、タイムリーな提供が難しくなってきました。このままでは、使用限度超えて金型を使用し、多くの故障や不良品を作ってしまう可能性があります。私達は最悪の事態を防ぐ為、土曜の夜勤の出勤が続き、メンバーからは「休んだ気がしない」の声、これはどーにかしなければと、メンバー一丸となり活動を開始しました。

QCサークル紹介	サークル名 (フリガナ)	発表形式
	リズムボーイズサークル (リズムボーイズサークル)	PRJ (プロジェクト)
本部登録番号	177-3550	サークル結成年月
		2012年 4月
メンバー構成	11名	会合は就業時間
		(内)・外・両方
平均年齢	37.5歳 (最高 61歳、最低 21歳)	月あたりの会合回数
		3回
テーマ歴	本テーマで 33 件目 社外発表 2 件目	1回あたりの会合時間
		1時間
本テーマの活動期間	2020年 4月 ~ 2020年 7月	本テーマの会合回数
		12回
発表者の所属	エンジン鋳造部 鋳造型保全課	勤続 9年

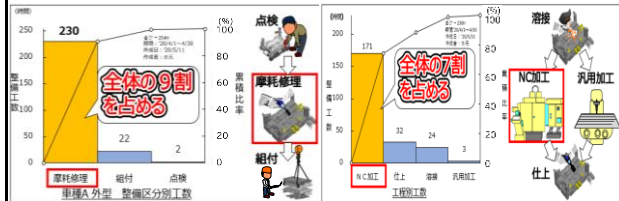
6. 問題の明確化



8. 目標の設定



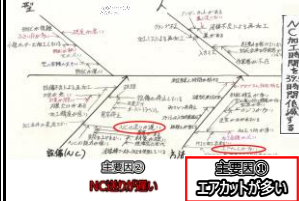
7. 現状の把握



問題の明確化ですが、タイムリーな整備を行うには**118.5時間不足**があります。1カ月の中で一番工数を要しているのは車種Aの整備で、月当たり3件実施しており、過不足118.5時間、割る3件で、**1件当り39.5時間低減**する必要があります。

現状把握ですが、車種A整備工数254時間を整備区分別で見ると、**摩耗修理が全体の9割**、工種別では**NC加工が171時間**と全体の約7割を占めています。

9. 要因解析



10. 真因追及



このNC自動加工時間を**39.5H低減**出来れば、タイムリーな整備を継続出来ます。次に、『NC加工時間を39.5時間低減する』に対し特性要因図を作成。その主要因が上りました。主要因①『**加工範囲が多い**』の真因追及を実施。使用数の累計が増すと修理する範囲は増えます。NC加工では溶接範囲に合わせ、プログラムを作成し加工しますが、作成には時間を要す為、以前に作成したものを組み合わせ加工を行っています。その結果、加工が重なった部分で**エアカットが多く発生**している事が分かり、『**加工範囲が重複している**』を真因としました。

10. 真因追及

主要因② NC送りが遅い

変更日	溶接棒	硬度 (HRC)
2014/1	T-AD-102	50
2015/1	DCT-1G(M)	40

2015年に溶接棒の変更

2014年に加工条件変更

GF8 加工機条件(等高線加工)						
形状	条件	回転数 (rpm)	送り速度 (F)	XYピッチ	Zピッチ	改定日
ボールエンドミル	荒	3200	1220	4.0	0.70	2014/1
	荒	3200	800	2.0	0.5	2014/1
	荒	4100	770	1.6	0.40	2014/1
	荒	4050	560	1.2	0.35	2014/1
リップカッター-3枚刃(1.5度)	荒	4000	450	0.8	0.25	2014/1
	荒	5000	600	0.5	0.20	2014/1
ボールエンドミル	中+仕	6700	1250	2.0	0.60	2014/1
	中+仕	7400	1240	1.6	0.50	2014/1
	中+仕	7400	1230	1.2	0.40	2014/1
	中+仕	8000	960	0.8	0.30	2014/1
	中+仕	8000	640	0.5	0.20	2014/1
	中+仕	5700	1670	自動 (-)	0.45	2014/1
	中+仕	5700	1030	自動 (-)	0.37	2014/1
	中+仕	6700	940	自動 (-)	0.35	2014/1
中+仕	6650	670	自動 (-)	0.32	2014/1	
中+仕	6600	510	自動 (-)	0.30	2014/1	

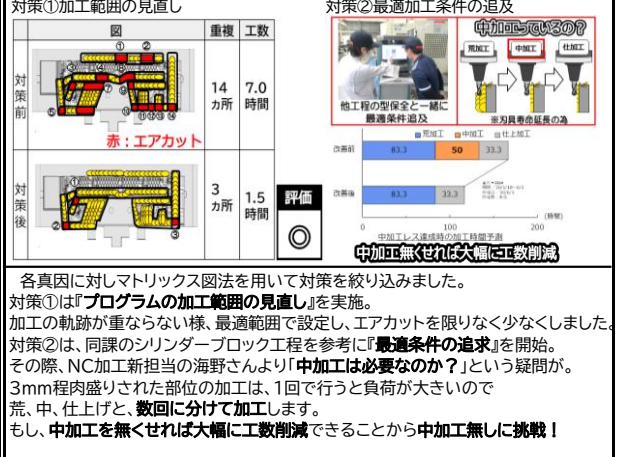
真因② **加工条件が最適でない**

続いて主要因②『**NC送りが遅い**』の真因追及を実施。約5年前に溶接棒の変更があったのですが、その際、加工条件の変更は行っていませんでした。溶接の硬度を比較すると、変更前に比べ低下している事から、加工を早く出来る可能性はあります。そこで『**加工条件が最適でない**』を真因としました。

11. 対策立案

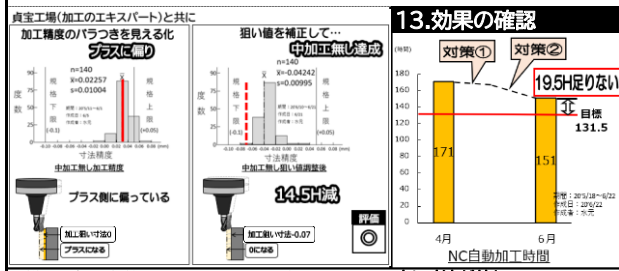
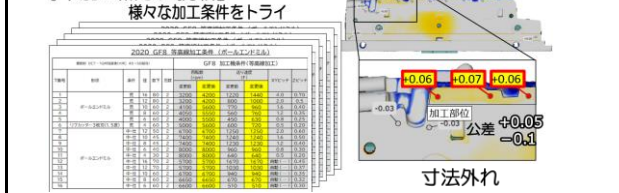
真因	目的	対策案	実施性	品質	コスト	作業性	期間	評価	採否
加工範囲が重複している	加工範囲が重複しない様にする	①加工範囲の見直し	◎	○	○	○	○	14	採
		加工範囲を狭める	◎	△	△	○	○	10	否
加工条件が最適でない	加工条件を最適にする	②最適加工条件の追求	◎	○	△	○	△	11	採
		刃具を変更	○	△	○	△	◎	10	否
		溶接棒を変更	○	△	△	△	△	7	否

12. 対策実施



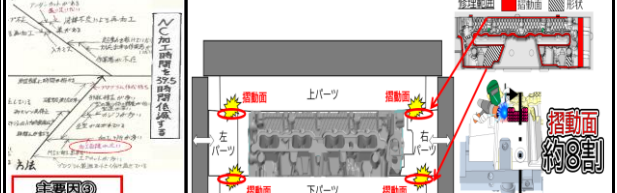
各真因に対しマトリックス図法を用いて対策を絞り込みました。対策①は『**プログラムの加工範囲の見直し**』を実施。加工の軌跡が重ならない様、最適範囲で設定し、エアカットを限りなく少なくしました。対策②は、同課のシリンダーブロック工程を参考に『**最適条件の追求**』を開始。その際、NC加工新担当の海野さんより『**中加工は必要なのか?**』という疑問が。3mm程肉盛りされた部位の加工は、1回で行うと負荷が大きいので荒、中、仕上げと、数回に分けて加工します。もし、**中加工を無くせれば大幅に工数削減**できることから**中加工無しに挑戦!**

13. 効果の確認



様々な加工条件でチャレンジしますが、どうしても**少し寸法が外れて**しまいます。そこで、金型加工に詳しい真宝工場も巻き込み、条件を追求。すると『**バラつきを見る化するといよいよ**』とのアドバイス。ヒストグラムを使った事が無い若手の勉強を兼ねて作成してみました。すると、**プラス側に偏っている傾向**が分かった為、マイナス0.07mmを狙った加工条件に変更し、**中加工無しを達成**しました。しかし、今までの対策ではまだ19.5H足らず、**目標を達成できません**。私達は、要因解析からやり直す事にしました。

14. 要因解析(再) 15. 真因追及(再)



半ば諦めムードの中上がった、主要因③『**加工面積が広い**』を話し合う中、新人の近江君の意見から当たり前と思っていた事が動きだしました。外型のパーツが擦れあう**摺動面**は摩耗し易く**修理範囲の約8割**を占めます。摩耗部だけを修理したいのは山々ですが、**溶接角で止める事は不可能**なので、当然、この様には**はみ出ます**。例えばケーキを作るとき、はみ出たクリームを整え、形を仕上げるように、金型もはみ出た溶接をNC加工で形を仕上げます。はみ出た先は繊細な形状部分の為、NC加工を行います。『**寸法の悪くない形状を加工して無駄です**』との意見から今まで疑問に思っていた事がなかった『**溶接がはみ出る**』を真因とし活動を進めました。

16.対策立案(再)

TIG溶接の概要

溶接棒 母材(金型) 溶融池

はみ出しのない溶接 → フライス加工で完結

作成日: 20/6/30 作成者: 水元

対策案	緊急	重要	優先	トヨタ	件数	型	試	点
溶接技術訓練	△	△	○	◎	◎	△	△	11 探
溶接講習受講	○	△	△	△	△	△	△	9 否
溶接機の変更	△	△	△	△	△	△	△	6 否
何かでせき止める	◎	△	△	◎	◎	◎	◎	13 探
金型設計変更	○	△	△	△	△	△	△	7 否

原因: 溶接を はみ出さなくする

二次機能: 溶接技術を向上する

一次機能: はみ出さない様に溶接出来る様に

対策: 溶接方法を変更する

対策: はみ出す事が出来ない様に

対策: 角を無くす

17.対策実施(再)

対策③技能訓練の実施

経験	若手	中堅	ベテラン
結果			

ベテランでもはみ出る

対策④-1 何かでせき止める

トライした材料

溶接をせき止める

くっ付いてしまう

主に使用しているTIG溶接はアークで溶かした溶融池に溶接棒を入れ盛り上げます。もしも、角の部分ギリギリで溶接を止める『はみ出しのない溶接』が出来れば、加工の早いフライス盤で加工出来ます。はみ出しのない究極の溶接。そんな夢の様な事を目指し、『対策③技能訓練』の実施。しかしベテランでもはみ出ます。何かで溶接をせき止める事出来ませんか？との意見から、対策④『何かでせき止める』方法を模索。様々な材料を試しましたが、溶接という言葉どおり、くっ付くだけで上手くいきませんでした。

対策④-1 何かでせき止める 銅は直流溶接できない

対策④-2 銅でせき止める 銅ピース製作

溶接 銅ハンマー

銅ピース

はみ出さない溶接に成功

対策④-3 銅より安価な材料を探す

この範囲で 23,000円/個

削り出し

銅

全ての部位を製作すると... 工場の隅

型形状

銅・製品(アルミ) → 交流溶接

形状の加工が不要

材料	金額	加工	検査
銅板	1,160円/kg	○	△
銅線	800円/kg	△	×
銅ペースト	1,600円/kg	○	×

銅...1280円/kg

銅より安価な材料を検討

製品

金型

製品を使えば安く作れる

そんな時、銅は直流で溶接出来ない、定年された武田さんに学んだ事を思い出しました。とは言いつつも半信半疑で、銅ハンマーで試してみると、くっつかず出来るではありませんか。早速。この様な銅ピースを製作しトライを実施。すると狙い通り、はみ出さない溶接に成功！これは、『型修理の常識をひっくり返す方法だ』と大きな手ごたえを掴みました。しかし、様々な形状にあう銅ピースを作るとコストが掛かる為、安価な材料を検討。良い物が見つからない中、交流溶接で行う『アルミ(製品)は使えない?』と黒丸さん。

シリンドラブロック シリンドラヘッド トランスファーケース

現行 新型 旧型

アルミ製部品

アルミ製品の全ての金型に応用できる

製品を組付け出来ない問題が発生

常温時

20℃

組付け出来ない

铸造時 熱膨張係数

アルミ 24×10⁻⁶/℃

SKD61 14×10⁻⁶/℃

約2倍

500℃

もし型と同じ形をしている製品が使えたら現行車種はもちろん、新車種から旧車種、もしかしたらアルミ製品の全金型に応用出来る可能性があります。これは夢があるぞ！早速、製品を金型に組み付けようとしたのですが、そのままでは組付け出来ません。その理由は製品の主な材質である、アルミの熱膨張率は24、対して、金型の材質であるSKD61の熱膨張率は14と、約2倍の差があり、常温環境では、製品は金型より小さくなる為、組付け出来ないと分かりました。

対策④-4 製品で溶接をせき止める [Step.1 金型に組付けられるようにする]

切断

製品

金型

固定治具製作

強く当たる部分を削って組付け

製品が溶けた理由を考える

特性	一次要因	二次要因	三次要因
溶けてしまった	溶接方法に問題がある	電流密度が高い	溶接速度が早い
	材料の問題がある	溶接機が古い	溶接機が古い
	溶接機の問題がある	溶接機が古い	溶接機が古い

削った所ばかり溶けている

『製品で溶接をせき止める』1つ目の要件は、金型に組付けられるようにする事です。そこで、新人の助田君の技能訓練を兼ね、強く当たる部分を削って組付け。そして、作業中製品が外れない、熱で反らない、このような固定治具を製作し、次の型整備で実践。しかし、製品が溶けてしまいました。僕の溶接が悪いのか？ベテランの青木さんによっても溶けます。製品では難しいか！次の会合、溶けた製品を前に原因を話し合っていると、『削った所ばかり溶けてない?』と海野さん。なんでだ？

対策④-4 製品で溶接をせき止める [製品が溶けた原因調査]

酸化膜 (融点: 約2000℃)

直流溶接 溶かすのが困難

交流溶接 溶かす事が出来る

クリーニング作用

アルミ

アルミ

酸化膜あり

酸化膜なし

組付ける為に削った...

溶けていない

溶けている

製品

金型

酸化膜が無いから溶けた

初心にかえり、溶接の原理を学ぶこととしました。アルミには、表面に融点約2000℃の酸化膜が張っており、直流溶接では溶かすのが困難です。それに対し、交流溶接では、クリーニング作用が起こる為、酸化膜が張っていても溶かす事が出来ると分かりました。そこで、酸化膜あり・なしで検証すると、酸化膜無では直流溶接でも溶接出来ました。つまり、『組みつける為に、削ったことで酸化膜が無くなったから溶けた』と納得。

対策④-4 製品で溶接をせき止める [Step.2 酸化膜を形成する]

熱処理で酸化膜が形成

バーナーで炙ってみる

酸化膜は出来たが...

安全にできるか?

温度	時間	酸化膜状態	評価
100℃	30分		×
300℃	30分		×
550℃	30分		◎

電気炉

酸化膜の厚みを測定

安全に酸化膜形成!

『製品で溶接をせき止める』2つ目の要件は『酸化膜を形成』する事です。では、どうやって酸化膜を作るか？削っていない製品が溶けなかったのは、熱処理の過程で酸化膜が形成されていると考え、炙ってみると、酸化膜ができましたが、バーナー炙りは安全性が低いです。そこで、社内の教育部署に協力頂き、電気炉に投入。その後、コベルコ科研様に協力いただき、酸化膜の厚みを測定。約550℃で、30分間加熱すると、溶接で溶けない酸化膜が出来ると分かり、ついに治具として使用を開始しました。

対策④-4 製品で溶接をせき止める [Step.3 誰でも簡単に扱えるようにする]



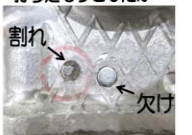
5kg
治具が使いにくい



ネオジム
マグネット

磁石での固定を採用

打ち込みもうとしたが...



割れ
欠け
マグネットが割れる



固定イメージ



マグネット
製品を挟んで固定に変更

しかし数日後、今度は、『治具が大きく重く使いにくい』との気づき提案。
『製品で溶接をせき止める』3つ目の要件は『誰でも簡単に扱えるようにする』事です。
クランプに代わる固定方法について全員でブレストし、磁石での固定を採用。
最強の磁力を誇る『ネオジムマグネット』を製品にはめ込み固定しようと考えました。
打ち込んで、取り付けようとしたが、マグネットが割れる為断念。
大型の物なら、「直接磁石が金型に触れなくてもいいのでは？」
と言った吉村さんの意見から、製品をマグネットで挟んで、固定する方法を採用。

対策④-4 製品で溶接をせき止める




製品は金型より伸びる
隙間
固定力が弱く浮いてしまう
引っ掛かる
引っ掛かる
伸びない→浮き上がる

でも、以前のクランプに比べマグネットは弱い為、製品が反り浮いてしまいます。製品が縮むの逆で、溶接の熱で製品は金型より多く伸びようとする。しかし、形状が引っ掛かり、伸びることが出来ず、結果浮き上がる。

そこで、浮き上がらない方法を検討し、金型の伸びに追従できるように、治具を分割化。更に、バリで手を切らない様、持ち手を付け、やっとの思いでついに完成！


追加改善
持ち手追加



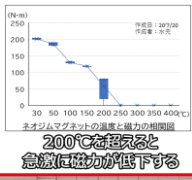
金型の伸びに追従できるように
治具を分割化

治具が浮き上がらない方法検討

対策④-4 製品で溶接をせき止める




1,400円/個
毎回交換すると
1,400円 × 28回/型 × 3件/月
= 約12万円/月



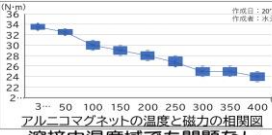
200℃を越えると
急激に磁力が低下する

磁力が無くなり治具が外れる
温度交換は原価がかかる



耐熱マグネット採用

高温でも磁力が低下しない方法を検討
アルニコマグネットの温度と磁力の相関図



溶接中温度域でも問題なし

耐熱磁石の磁力調査

ところが、使用中「磁力が無くなり治具が外れてしまいます」の声。
私はマグネットを、毎回交換すれば良いと、思ったのですが、
石井さんより、「1個1400円だぞ！」と喝が、温度が影響しているんじゃないかと、
アドバイスを頂き、磁力と温度の調査をした結果。ネオジムマグネットは、
200℃を越えると、急激に磁力が低下する事が分かりました。そこで、高温になっても
磁力が低下しない方法を検討し、製造現場で高温の金型へカバーを取り付ける際に
使用する耐熱マグネットを採用。溶接中の温度に耐えられるが調査を行い、問題なし！

対策④-4 製品で溶接をせき止める



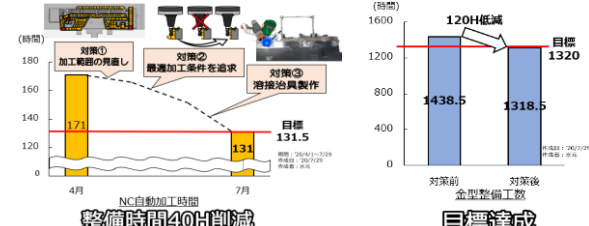
治具完成



治具取り付け
溶接
はみ出しの無い溶接
加工
評価

ムダな形状NC加工を大幅に削減 20%削減

18.効果の確認(再)



目標 1320
120H削減
1438.5
1318.5
131

整備時間40H削減
目標達成

そして遂に治具が完成！
この様に治具を付け溶接する事で、不可能とされていた、
はみ出しの無い究極の溶接を、新人でも出来る様になりました。
溶接のはみ出しが無くなった事で、ムダな加工を徹底的に減らす事ができ、
大幅に工数を削減。
結果、1型当たり40時間、月当たり120時間削減し目標達成。
タイムリーな金型提供を出来る工数に抑える事ができ、土曜日の出勤対応も撲滅。

特許取得・トヨタ技術公開業に貢献
模展中



動画での教育を活用



若手の
技能向上



3.0→3.4
3.2→3.4
Bゾーン
X=34
Y=34
Bゾーン中段へレベルアップ!

また、今回製作した治具を特許申請し、他拠点へ模展中です。
今までカンコツで教えていた溶接を動画で撮影する事で、溶融池の良否や、
溶接棒を入れるタイミングを具体的に伝える事ができ、溶接技能の向上。
私自身、活動を通しQC手法の向上。
更に、全員で改善に取り組んだ事で意欲が向上し、
Bゾーン中段へレベルアップする事が出来ました。

19.標準化



多様な治具製作
メンバー教育計画
治具点検シート
治具使用要領書
デジタル管理板を使用した治具を管理

20.反省と今後の進め方



他部署との連携
トライアンドエラーを繰り返した

全員の自信につながり、
大きく成長できた事実感。
より安価で高品質な商品をお届けできる様、
活動を続けていきます。

標準化では、3組全員が正しく使用し続ける為、デジタル管理板を使用し
管理していきます。
反省と今後の進め方ですが、
サークルメンバーだけに留まらず、様々な部署の方々と協力しトライアンドエラーを
繰り返した事で、全員の自信に繋がって、大きく成長できた事実感しています。
今回の経験を活かし、より安価で高品質な商品をお届けできる様、
活動を続けていきます。