

No.	テーマ
108	ロボットによるレーザー積層溶接確立の道 ～LPW立ち上げの軌跡～

会社・事業所名 (フリガナ)	発表者名 (フリガナ)
株式会社 神戸製鋼所 大安製造所	森田 郡史

発表のセールスポイント

発表のセールスポイント

ロボットによるレーザー 積層溶接確立への道

メカニカル鍛造室 金型組 (自動車アルミサスペンション)



- ・重要保安部品であるアルミサスペンション部品の鍛造
- ・3D CAD活用による完全内製化の金型製作
- ・自動化技術の確立による安定した品質の金型を供給

メカニカル鍛造プレスによるアルミサスペンション部品の需要は年々増加する傾向にあり、それに伴いプレスで使用する金型の修理も増加していきます。

金型組では金型修理を完全内製化していますが修理工程の中で特に高い品質を求められる溶接作業は完全人手作業であり属人的な技能である為、修理案件の増加に対応出来なくなる傾向にありました。

この局面を打破すべく**属人的である溶接作業をロボットを使用して完全自動化**を行った活動となっています。

日本では類を見ない**レーザーでの積層溶接**に挑んだ改善活動です。

会社紹介



当社は、1905年の設立から100年を超える歴史があり、
素材系部門、機械系部門、電力部門と、多様な事業を営む世界でも数少ない企業です。
企業理念となる KOBELCOの3つの約束 6つの誓いを基盤に
次の100年後の未来に向けて持続的な成長を目指しています。

会社紹介

サスペンション工場

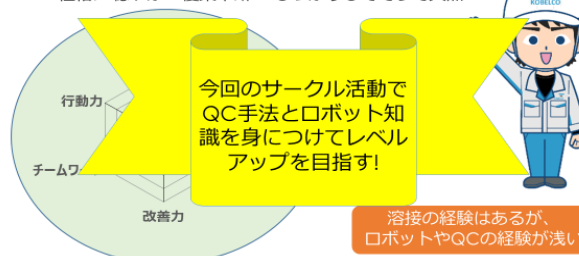


私が所属しているサスペンション工場では
自動車のアルミ鍛造サスペンション部品を製造しています。
自動車の軽量化に貢献し、燃費向上、CO2削減となり、社会への貢献につながっています。

サークル紹介(QCリーダー)

森田 郡史(28歳)

- ・所属: 神戸製鋼所大安製造所メカニカル鍛造室金型組開発整備班
- ・経験年数: 6年目
- ・趣味: 釣り、ゴルフ
- ・特技: 辛いものが食べられる
- ・性格: 穏やか 優柔不断 しっかりしてそうで天然

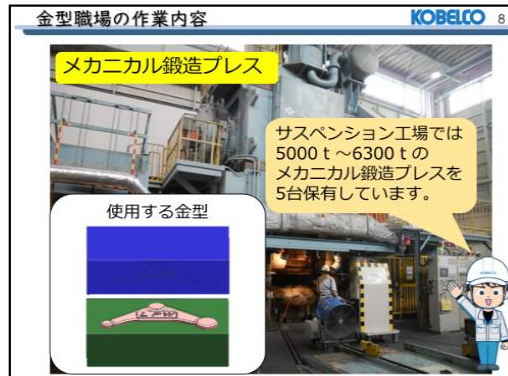
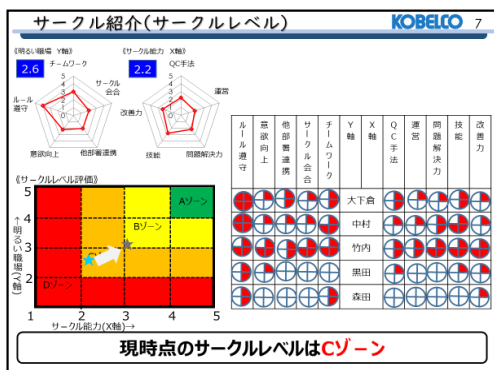


今回のサークル活動で
QC手法とロボット知識を身につけてレベル
アップを目指す!

溶接の経験はあるが、
ロボットやQCの経験が浅い

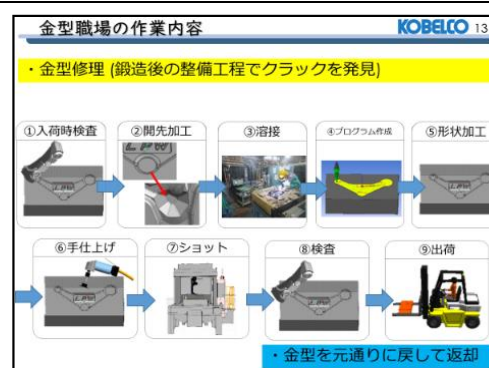
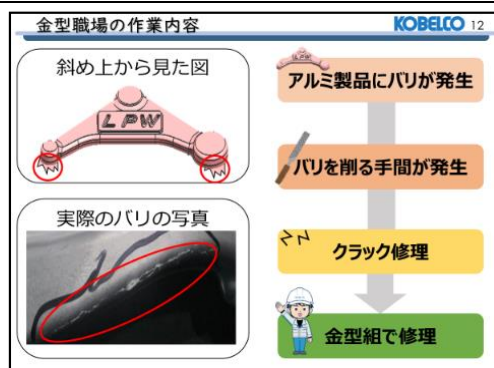
森田は大安製造所の金型組に所属して 6年目となります。
開発整備班に所属するまでは 主に、溶接を経験しており、今回のQCのリーダーに
抜擢していただきました。ロボットの操作やQCに関する経験が少なく
今回のサークル活動で QC手法やロボットの知識を身につけて、レベルアップを目指します。

QCサークル紹介	サークル名 (フリガナ)		発表形式
	NEXT金型 (ネクストカナガタ)		プロジェクト
本部登録番号	1732-2	サークル結成年月	2021年 10月
メンバー構成	3名	会合は就業時間	内
平均年齢	37歳 (最高46歳、最低27歳)	月あたりの会合回数	3回
テーマ暦	本テーマで 2件目 社外発表 1件目	1回あたりの会合時間	2時間
本テーマの活動期間	2021年10月～2022年9月	本テーマの会合回数	30回
発表者の所属	神戸製鋼所 大安製造所 メカニカル鍛造室	勤続	6年



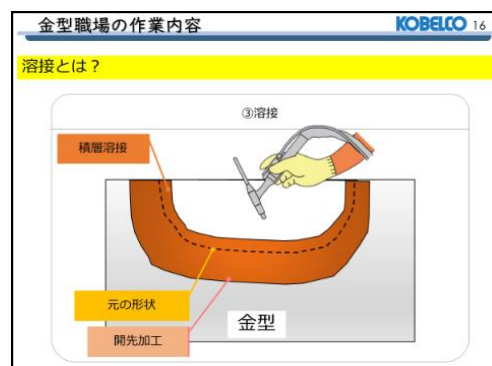
今回、活動するにあたって「NEXT金型」のサークルレベルを確認した所、サークルレベルはCゾーンでした。今回の活動を通して、サークルレベルBゾーンを目指します。

サスペンション工場では5000トンから6300トンのメカニカル鍛造プレスを5台保有しています。このプレスで使用する金型はすべて、私たち金型組が新規製作しています。



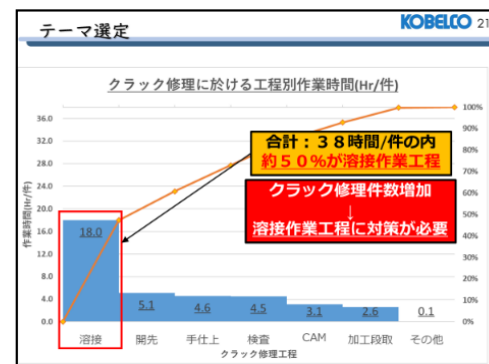
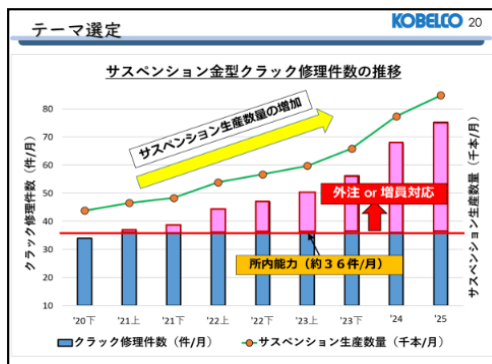
鍛造を繰り返していくと、クラックと呼ばれる欠陥が発生し、アルミがクラックに入り込み、アルミ製品にバリが発生、バ리를削り取る手間が発生します。クラックを修理して再度プレスで使用できるようにしているのも金型組です。

金型修理の作業内容はこの様になっています。特徴的なのが、開先加工、溶接となります。



開先加工とは、クラックがある部分よりも深く、広い範囲まで金型を削り取る加工をいいます。

金型組で行っている溶接は、溶接作業者が開先加工部を元の形状よりも多く、手作業で積層溶接しています。



サスペンション生産数量と、金型組でのクラック修理件数の推移を表したグラフです。現状の修理処理能力は1ヶ月間で約36件である為、現在の作業者数では対応できなくなり 外注が作業者の増員の対応が必要になっていきます。

1件のクラック修理における 工程別の作業時間を表したパレート図です。溶接工程に多くの時間を要しており約50%を占めます。今後、増加していくクラック修理に対応するにはこの溶接工程を対策する必要があります。

現状の把握 KOBELCO 23

経験や知識、教育時間が必要

溶接はすべて手作業で行っている

金型組 活動方針
機械化(自動化)技術の確立による安定した品質の金型を供給

攻め所の明確化 KOBELCO 24

特性・項目	ありたい姿	現在の姿	ギャップ	攻め所
特性	修理件数増加の対応	溶接自動化による増員抑減内製化	人員増加 外注対応	—
人	無人	有人	人の有無	—
設備	ロボットが溶接	人が溶接	自動か手動か	自動化
ソフトウェア	オフライン ティーチング	なし	ソフトの有無	—
溶接方法	技術を人に 依存しない溶接	アーク溶接	属人的	ロボット 溶接方法
段取方法	型が一定の 位置に置ける	平面の 作業台を使用	位置決めの有無	治具化

対策としては外注溶接対応 や作業者の増員が考えられますがデメリットが多数あり、属人的な作業でなく個人の技能に頼らない作業にする必要がある為、活動方針に則り、機械化(自動化)技術の確立を目指さなければなりません。

溶接自動化にするためにはどうすればいいかサークルメンバーで話し合い、攻めどころを明確化しました。設備についてはロボットを、溶接方法について技術に人に依存しないロボットの溶接方法を探してみる事にしました。

攻め所の明確化(溶接を自動化するには) KOBELCO 31

レーザー溶接

溶接方法	溶接材	熱影響	造形品質	期待効果	採否
レーザー溶接	溶接粉末	△	○	○	○

攻め所の明確化(開先とLPWとは) KOBELCO 34

日本で主に使用されているレーザーの用途

**金型補修のため
開先部を積層溶接
日本では類を見ない技術**

ロボット溶接にも色々な種類がありましたが、造形品質の良いレーザー溶接を採用する事にしました。

金型の補修のため、開先部をレーザー溶接で積層する技術は日本では類を見ない技術です。

攻め所の明確化(溶接を自動化するには) KOBELCO 35

自分たちで考えて開発していかねばならない...

技術	類を見ない
自動化	無い

攻め所の明確化(LPWとは) KOBELCO 36

アルゴンガス レーザー発振器 Laser Powder Welding の略で、レーザー(光)と粉末を使用して溶接します!

粉末供給機 ロボット

さらに、その技術を自動化しているところは無いので自分たちで考えて開発していかねばなりません。

今回導入するLPWとはレーザーパウダーウェルディングの略称でレーザーと粉末を使用し溶接していく設備です。

LPW立ち上げ KOBELCO 41

LPWを立ち上げるのは大変だなぁ...

吉田さん 溶接経験豊富
山下さん CAM作業経験あり
櫻輔さん ロボット知識豊富

担当していただくこと(得意分野)

- 溶接条件の選定
- CAM/シミュレーションの立ち上げ
- ロボットティーチング・治具作製

サークルメンバー一丸となってLPWの立ち上げ頑張ろう!!

LPW立ち上げ KOBELCO 42

サークルメンバーと一緒に進めていく流れのアローダイヤグラムを作った

担当ごとに内容の課題や問題点まとめた。

LPW運用化に向けて将来の姿を考え、各班へ今後の課題と問題点をサークルメンバーと共有し決定した内容を私がまとめた。

しかし、LPWを立ち上げるのはとても難しいです。そこで、普段 修理作業を行っているサークルメンバーに得意分野を担当して頂く事にしました。サークルメンバー一丸となって LPWの立ち上げを頑張っていくことにしました。

LPWの立ち上げに向けて、どのように一緒に進めていってほしいか将来の姿と今後の課題や 問題点をサークルメンバーと共有しました。

攻め所の明確化 (LPW立ち上げ) KOBELCO 43

特性・項目	ありたい姿	現在の姿	ギャップ	攻め所
特性 LPWを量産稼働	量産班で出来る	立ち上げ前	—	—
特性を實現させる項目	溶接条件	溶接欠陥が出ない	無し	出力・粉末量
オフラインデザイン	誰でも出来るようにする	考えながらやっている	属人的	テンプレート化
治具	単純な操作	複雑な操作	作業負荷	—
	段取りしやすい	無し	—	位置決め

目標の設定 KOBELCO 44

2022年4月までに

LPWを

立ち上げて量産稼働させる
22下期:200Hr/月 23上期:300Hr/月

まとめた内容を、攻め所選定シートを活用して攻め所を明確化しました。

目標の設定は、2022年4月までにLPWを立ち上げて量産稼働させることです。

活動計画 (計画変更後) KOBELCO 45

実施項目	担当者	計画実施											
		2021年10月	11月	12月	2022年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	
テーマの選定	PNJ-114	→											
現状の把握	PNJ-114	→											
目標の設定	森田	→											
方策の立案	PNJ-114	→											
成功シナリオの追求・実現	PNJ-114	→											
効果の確認	PNJ-114	→											
標準化と管理の定着	森田	→											
反省と今後の進め方	PNJ-114	→											

LPW誕生 KOBELCO 46

2021年10月
金型組にLPWが誕生!

活動計画は当初、この様に計画していましたが、成功シナリオの追求で時間がかり、10月までに達成する目標で進めていく事にしました。

2021年10月に金型組にLPWが誕生しました。中央にあるテーブルに金型を載せ、右側にあるロボットで溶接を行います。

使用している金型への自動溶接 KOBELCO 48

加工してみると、割れやピットなどの溶接欠陥が大量にある!!

使用している金型への自動溶接 KOBELCO 49

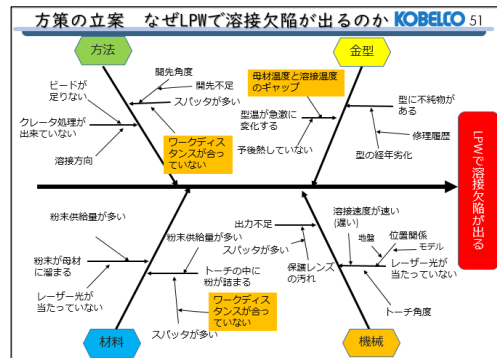
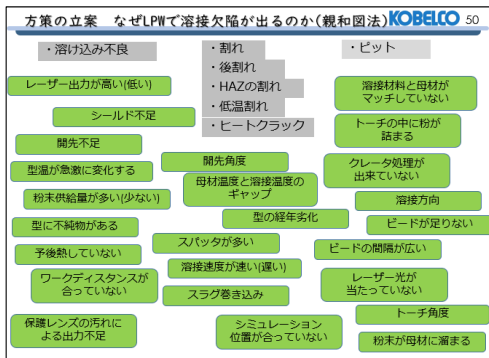
粉末を変更してテスト

条件を変更してテスト

今までの苦労は何だったんだ...心折れる...

2022年2月14日、実際の金型にLPWで初の溶接を行いました。溶接中はとても順調で誰もが上手く溶接できたと思いましたが、溶接部を機械で加工してみると内部に大量の欠陥が見つかってしまいました。

粉末や溶接条件を変更してみましたが、欠陥が減る事があっても無くなることはありませんでした。今まで自分たちが苦労して行ってきたことは無駄になってしまうのか。このままでは4月の量産化に向けて間に合いません。



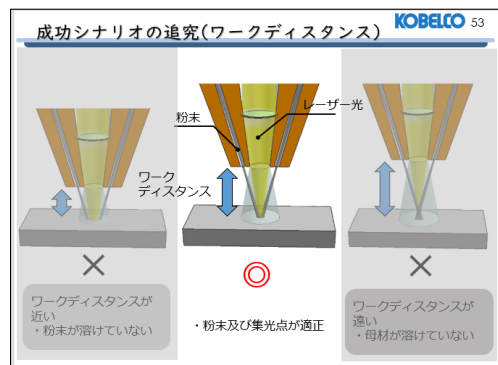
方策の立案
なぜ、LPWで溶接欠陥が出るのか、みんなで意見を出し合いました。

意見が出た内容を種類別にわけ、特性要因図にまとめて問題点を洗い出しました。この中で、「ワークディスタンスが合っていない」と「母材温度と溶接温度のギャップ」に着目しました。

方策の立案

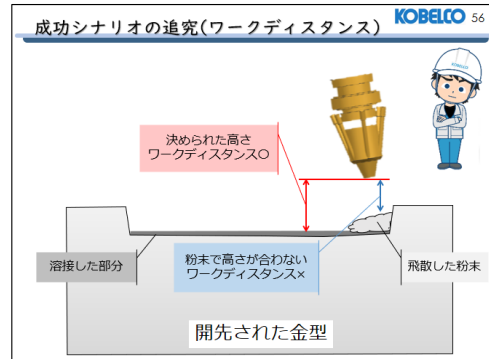
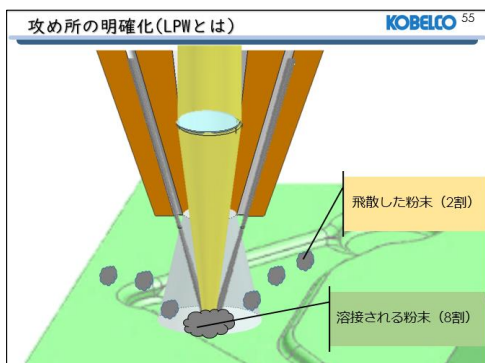
KOBELCO 52

対策	効果	コスト	設備投資	採否
エアブローで飛ばす	◎	◎	◎	採
溶接ノズルに設置	◎	△	◎	否
ノズルに設置	◎	△	◎	否
シールドガスで飛ばす	△	△	△	採
出力不足	◎	◎	◎	採
レンズの汚れ	◎	◎	◎	採
ワーク距離の調整	◎	◎	◎	採
レンズの清掃	◎	△	◎	採
作業員の手入れ	△	△	△	採
ガラス管清掃	◎	◎	◎	採
たわしてノズル清掃	◎	◎	◎	採
自動清掃	×	△	△	採
スパッタを減らす	△	△	△	採
予熱を行う	◎	◎	◎	採
予熱くん使用	◎	△	◎	採
出力を下げる	△	◎	△	否
冷却時間を設ける	×	△	△	否



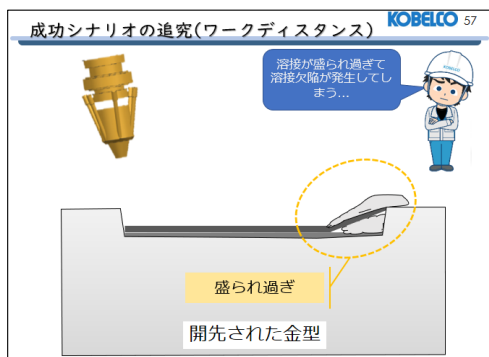
着目した2点をもとに系統図を作成しました。様々な対策を行いましたが、今回の発表では、「粉末が溜まってしまう」→「エアブローで飛ばす」→「溶接ノズルに設置」について紹介させていただきます。

成功シナリオの追究 ワークディスタンスとは 母材とノズルの距離の事です。この距離が適切な位置でなければ、レーザー集光点と粉末の集まる点のバランスが崩れ、欠陥に繋がってしまいます。



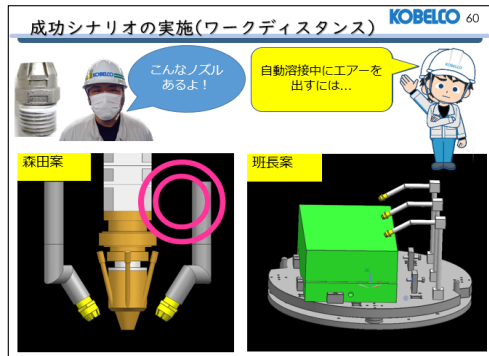
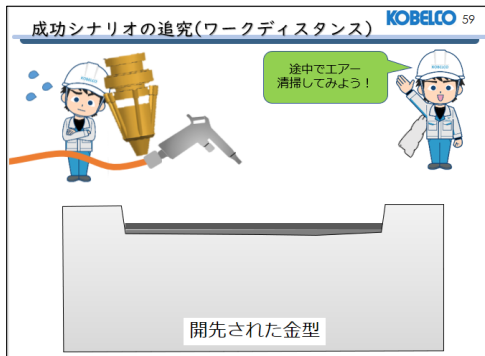
レーザー溶接で使用する粉末は8割が溶接され2割は周囲に飛散してしまい開先部の中に溜まってしまいます。

自動溶接ではあらかじめ決められた高さでしか溶接できず、高さ調整が出来ません。開先の中に溜まってしまふ粉末によって溶接個所の高さが変わりワークディスタンスが合わなくなってしまう事がわかりました。



さらに、その溜まった粉末を溶接してしまい、溶接が盛られすぎて割れやピットが発生してしまう。ということがわかりました。

その時私は 設備導入前にレーザー溶接業者に依頼した時の事を思い出しました。そういえば、あの時、溜まった粉末を掃除機で吸っていたような...



そこで、実験として、溶接の途中で止めながらエアで残っている粉末を除去し、効果があるか確認してみました。効果は抜群でしたが、自動溶接中にエアを出さなければいけません。

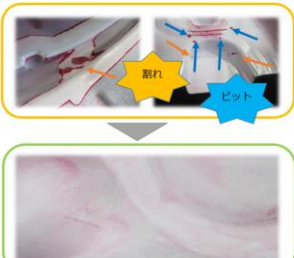
どの位置にエアノズルをつけると効果的なのか 検討案を出し合いました。溶接ノズルの近くのほうが効果的なので私の案が採用されました。さらに職長が以前使用したことがあるノズルを下さきチャレンジすることになりました。

成功シナリオの実施(ワークディスタンス) KOBELCO 62



開先された金型

成功シナリオの実施(ワークディスタンス) KOBELCO 64



溶接欠陥が無くなりました!

効果の確認 (品質) KOBELCO 65



全型全面溶接可能!
鍛造後も手作業の溶接と遜色なく問題なし!

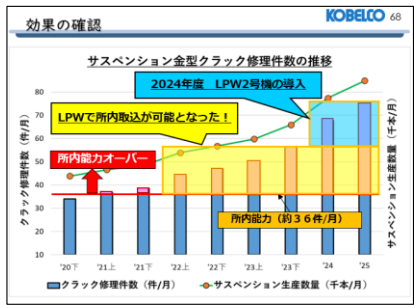
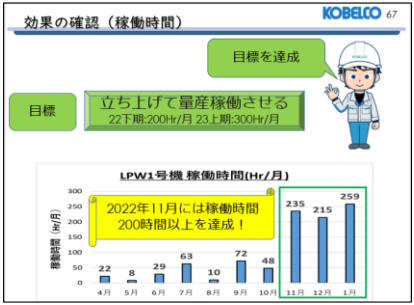
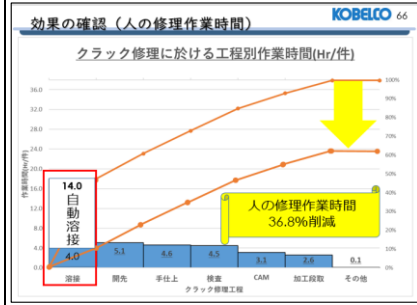
金型組 活動方針
**機械化(自動化)技術の確立による
安定した品質の金型を供給**

達成

エアー噴射のタイミングも班長と相談し、溶接に影響の出ないように調整しながらロボットのプログラム内に組み込みました。

ワークディスタンスを合わせた結果、大量にあった溶接欠陥がなくなりました。

効果の確認 鍛造後も手作業の溶接と比べて、全く問題がないことも証明され、金型の活動方針通り「安定した品質の金型を供給」を達成できました。

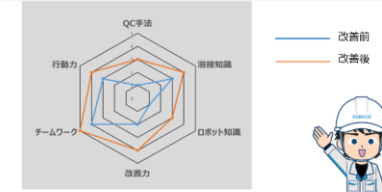


18時間かかっていた溶接のうち約14時間、自動溶接する事で人の修理作業時間を36.8%削減する事ができました。

2022年10月には量産稼働にはいり、11月には 月間の稼働時間も 200時間以上を達成することができました。

LPWを量産稼働させた事で、能力オーバー分の所内取込みをする事が出来ました。2号機の導入を計画しており、将来における溶接工数を確保出来ます。

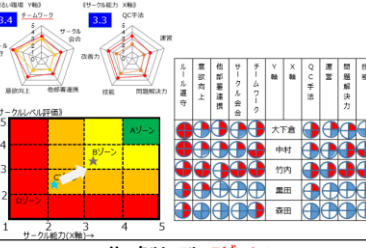
効果の確認(森田郡史の成長度) KOBELCO 69



改善前 (青線) 改善後 (赤線)

QC手法・数々の資料作成により 2UP
改善・行動力・QCリーダーの自覚を持ち自ら取り組んだ 1UP
ロボット・取組説明書を熟読し、新しい操作を身につけた 2UP
溶接・新しい分野の溶接を学び 1UP

サークル紹介(サークルレベル) KOBELCO 70



サークルレベル Bゾーンへ

標準化と管理の定着 KOBELCO 71

What	Why	Who	When	Where	How
エアーON	毎日ロボットが行うように	森田	9月	ソフト上	テンプレート化する
エアノズルと字熟脱	作業者がメンテナンスできるように	森田	9月末	LPW 管理室	手順書を作成
TPM	エアーと室温が安定するように	作業者	1回/月	LPWで	手順書をもとに作業する

PP作成や各作業、メーカー様への説明を自ら行ったことで、QC活動のやりがいを実感し、実験・失敗を繰り返して大きく成長できた活動になりました。

多くの課題がありつつも、ひとつひとつ着実にクリアしていく事でサークルレベルを目標のBゾーンまで上げることができました。

標準化と管理の定着はこのように進めることにしました

反省と今後の進め方 KOBELCO 72

レーザー溶接は今後も発展していく分野である



ブルーレーザー レーザー焼き入れ

今後の進め方

- ・開先範囲を微小化して溶接時間を短縮させる
- ・粉末の歩留まりを改善する
- ・溶接作業前段取りの効率化
- ・LPW2号機導入
- ・レーザー焼き入れ技術導入によるステライト溶接の廃止

さらなる溶接品質の向上に努めていきます!

KOBELCO 73

ご清聴ありがとうございました



KOBELCOグループは、製品、サービスにおいて「信頼される品質」を提供するために法令、公約規格ならびにお客様と取り決めた仕様を遵守し、品質向上に向けてたゆまぬ努力を続けてまいります。

今回の活動でレーザー溶接の難しさを痛感しました。私たちがさらに技術力、知見を深めて溶接品質の向上に努めていきたいと思っております。

以上で発表を終わります。ご清聴ありがとうございました。