


No. 104 テーマ

突発修理件数の低減

-バルブ錆付きによる動作不良対策-

会社・事業所名 (フリガナ) トヨタ自動車株式会社 上郷工場 発表者名 (フリガナ) シバタ カズヤ 柴田 和哉

1. 会社の紹介



当社は愛知県豊田市に本社を置く自動車総合メーカーです。県内に11工場の生産拠点があり、約7万人の従業員が働いています。

2. 上郷工場の紹介

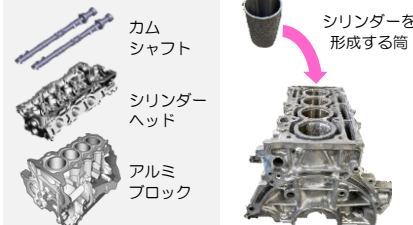


老舗のエンジン専門工場

上郷工場は昭和40年に創業され、鋳造から組付けまで一貫生産する国内初のエンジン専門工場です。


3. 生産部品の紹介

【ライナー】



私たちが担当するエンジン鋳造部では主にカムシャフト シリンダーヘッド アルミブロックの鋳造品を生産しています。アルミブロック内の燃焼室シリンダーを形成する筒状の部品をライナーといいます。

4. 製造支援部 設備保全組の紹介




過酷な環境で日々頑張っています!!

自分より年上の設備もあります。アルミの温度は700℃以上!! 砂だらけになって修理する事も...

私たち第1支援課 設備保全組は エンジン鋳造部の全ての設備の保守・保全作業をしています。高熱物を取り扱う過酷な環境の中で作業する為設備のプロとしての豊富な知識、高い技能が求められる職場です。

5. 「設備保全」とは?

「予防」「予知」「処置」




【3本柱活動ボード】

可動率100%目指し 維持管理しています!!

設備保全とは 設備を動かしたい時常に、正しく動くよう維持管理する仕事です。壊れない設備を作る「予防」、壊れる前に不具合を見つけて直す「予知」、壊れた設備はいち早く直す「処置」の3つの活動の柱を3本柱活動ボードで管理し、日々業務に取り組んでいます。

6. サークルの紹介



ZEROサークルの中でも機械系メンバーはこのような構成となっており、若手から中堅のメンバーが多く、知識、技能の伝承が課題です。今回テーマリーダーを務める私は平成24年入社29歳、職場の核となるべき中堅層の一人として、自身とメンバーの成長をめざし活動に取り組みました。

7. テーマの選定①



ある日のボード前活動

故障が多くて現場も滞ってます。今月も生産は×だな。他の仕事ができないよ...

修理はかりで疲れる...

設備保全のメンバーはいつも突発修理に追われており、現場作業ばかりでメンバーは疲れ果てています。組管理ボードで確認してみても、修理件数が多すぎて生産の項目の評価が×となっています。生産が遅れる事で製造課の皆さんも困っています。何とか現状を打破するため、サークルで対策に取り組む事に決めました。

8. テーマの選定②



組管理ボードKPI 工程別修理件数

40型ダイキャスト アルミブロック B4.5.6号機 NI 345機

40型ダイキャスト アルミブロック NI 345機

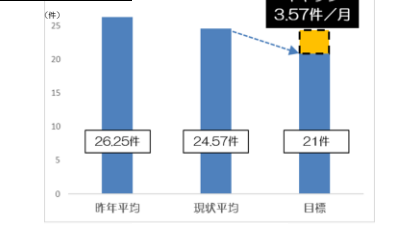
30型排気 アルミヘッド TNGA#1

30型排気 アルミヘッド TNGA#2

困っている人のために なんとかしたい!!

組管理ボードのKPIで修理件数を確認してみると、ダイキャストマシンB4、5、6号機という工程が一番多く評価が×となっています。そこで、この工程の修理に関わった際に困っている皆さんの姿を目の当たりにして、何とか故障を減らしたいと強く想っていた私が、テーマリーダーに立候補しました。

9. 問題の明確化



ギャップ 3.57件/月

図1. B4.5.6号機修理件数

仕事の目的は、B4.5.6号機の突発修理件数の低減。あるべき姿は昨年の月平均修理件数 26.25件から20%減の月21件以下に抑える事。現状は月平均24.57件発生しておりギャップが3.57件となります。

QCサークル紹介	サークル名 (フリガナ)		発表形式	
	ZEROサークル (ゼロ)		OHP・プロジェクト	
本部登録番号	177-3555	サークル結成年月	2008年 1月	
メンバー構成	13名	会合は就業時間	(内)・外・両方	
平均年齢	35歳 (最高 54歳、最低 20歳)	月あたりの会合回数	2回	
テーマ暦	本テーマで 52件目 社外発表 1件目	1回あたりの会合時間	1時間	
本テーマの活動期間	2021年 8月 ~ 2021年 12月	本テーマの会合回数	10回	
発表者の所属	トヨタ自動車株式会社 上郷工場 製造支援部 第1支援課 JS112組		勤続	9年

10 現状把握

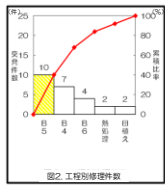


図2. 工程別修理件数
ダイキャストマシン B5号機が一番多い

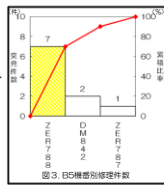


図3. B5機別修理件数
取出しロボットが一番多い

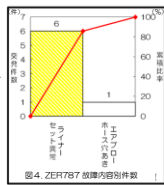


図4. ZER787 故障内別件数
ラインセット異常が一番多い

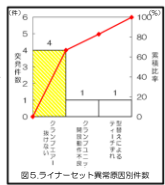


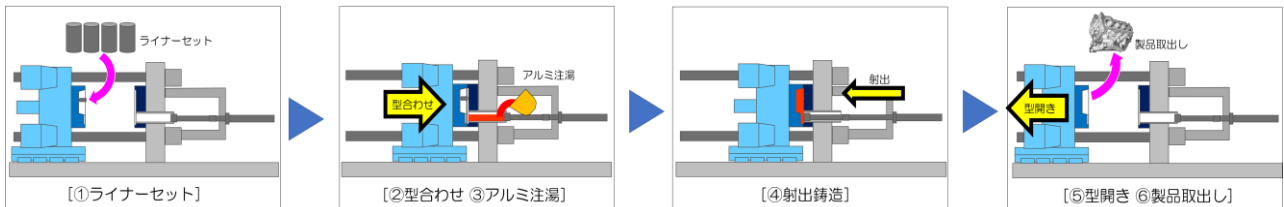
図5. ライナーセット異常内別件数
クランプユニット異常が一番多い

パレート図を使用して層別した結果、ダイキャストマシンB5号機の取出しロボット ライナーセット異常という不具合が一番多いとわかりました



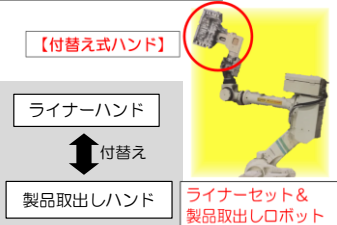
ロゴ製作：湯地伸梧

11.ダイキャストマシンの動作



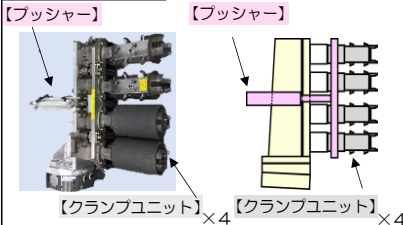
ダイキャストマシンとは、溶かしたアルミを金型の中に 巨大なシリンダで一気に出して製品を形成する铸造法です
①ロボットでライナーを金型にセット ②水平に型を締め合わせる ③射出シリンダ前の筒にアルミを注湯 ④シリンダで射出し型の中に充填
⑤型開き ⑥ロボットで製品取出しの順に動作します

12.ライナーセットロボット



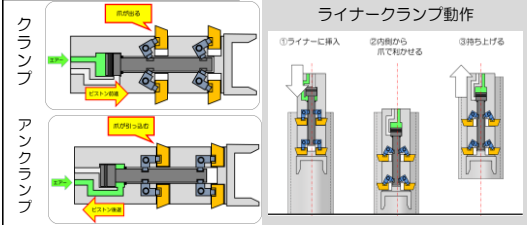
ライナーセットと製品取出しを1つのロボットで行い、ライナーセット時はライナーハンドを装着します

13.ライナーハンド



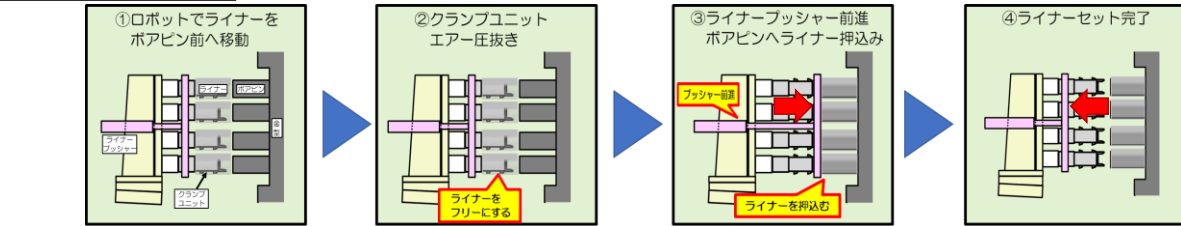
ライナーハンドはこのような構造となっており【プッシャー】と【クランプユニット】で構成されています

14.クランプユニットの構造



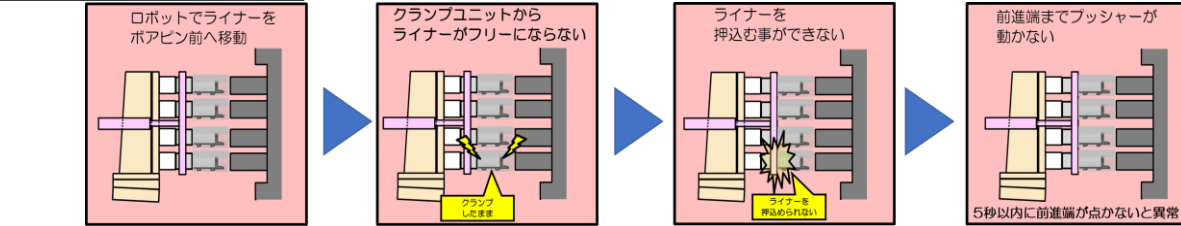
クランプユニットをライナーの穴の中へ差し込みエアを加圧することで内部のピストンが動き運動した爪を出し入れし、内側から利かせる事でクランプ・アンクランプします

15.通常のライナーセット動作



通常時はライナーをクランプした状態で 金型のポアピンと呼ばれる部分の前までロボットを移動させクランプユニットのエアを抜くことでライナーをフリーな状態にします 次にプッシャーを前進させる事で ポアピンにライナーを押し込みます

16.不具合発生時のライナーセット動作

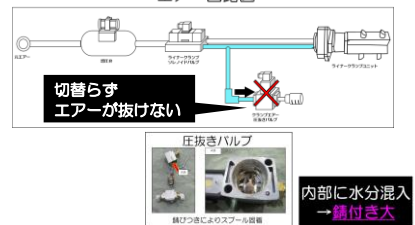


不具合発生時はクランプユニットからライナーがフリーにならない、プッシャーを前進させても押し込むことができないため、プッシャーの動作開始から5秒以内に前進端まで動かず異常となります

なぜ、ライナーがフリーにならないのか？追及していくと、2つの原因がありました

17.不具合状況①

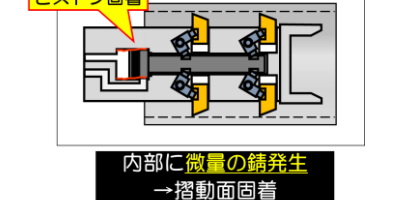
エア回路図



1つ目が圧抜きバルブの切替り不良
通常はクランプエア-圧抜きバルブが切替り
エアが抜ける事でフリーになります
不具合発生時は水が入って酷く錆付き、回着して切替りませんでした

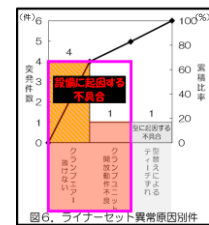
18.不具合状況②

ヒストン固着



2つ目がクランプユニットの動作不良
ユニット内部に微量の錆が生じ、摺動面が固着
ピストンの動きが固くなり、爪が引っ込まなくなっていました

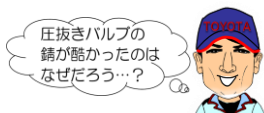
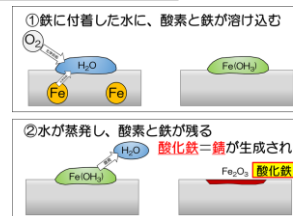
19.不具合状況の整理



原因：錆
錆を防止すれば、設備に起因するライナーセット異常を撲滅できる!!

もう1件あった不具合は金型に起因する不具合の為
設備に起因する不具合は前述の2つです
どちらも原因は「錆」
錆を防止すれば、設備保全としての目標を達成できます

20.錆とは何なのか?



水が付着すると化学反応が起こる!!

まず、そもそも錆とは何なのか?調査しました
鉄に水分が付着すると化学反応を起こし 酸素と鉄が水に溶け込みます
その状態の水が蒸発すると酸素と結びついた鉄が残り、酸化鉄=錆が生成されます

21.錆の深堀り

それ...**ガルバニック腐食**かもよ!

異種金属が接している部分に水がかかると...

- ①電位の低い方に電流が流れる
- ②電子は電位の高い方に移動する
- ③卑金属がイオン化し、酸素と化学反応しやすくなる

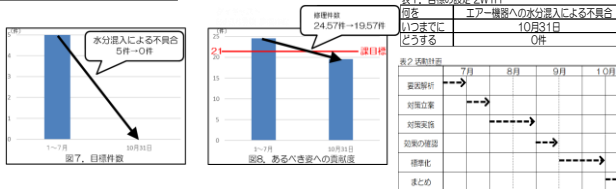
錆に関する知識が豊富!!
津田EX

卑金属 電位【低】 貴金属 電位【高】

化学反応が起こりやすい

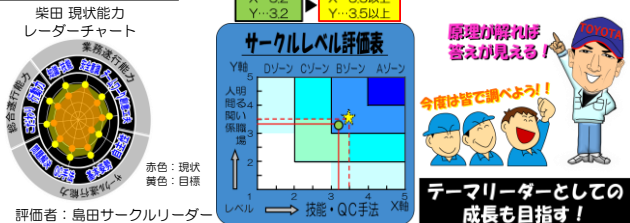
また、錆に関する知識豊富な他サークルの津田EXからお話しを聞くと異なる種類の金属同士が接している部分に水が掛かると錆びやすくなるガルバニック腐食という現象があると教わりました
圧抜きバルブの錆が酷かったのはこのためです
やはり、錆を防止するためには**水が入らないようにする必要があります!**

22.目標設定(有形)



そこで目標を、錆によるライナーセット異常件数を
10月末までに0件にするとし 取り組むことに決めました

23.目標設定(無形)



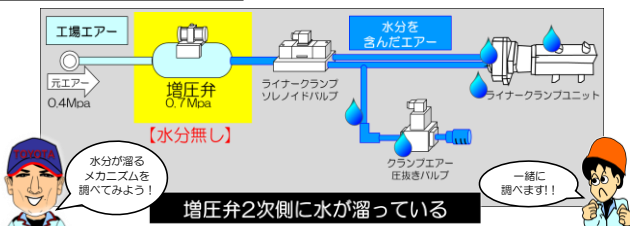
また、ここまでではほとんど私だけで調査を進めてきました、そこはQC活動。
島田サークルリーダーから、「チームで進められるようメンバーを引っ張っていきなさい」とのお言葉
もう一つの目標として、チームリーダーとしての自分自身の成長を目指し
取り組むことに決めました

24.要因解析



要因解析では「バルブ内に水分がある」について
特性要因図を使用して解析したところ「増圧弁で水分が発生する」という主要因がわかりました

25.水分はどこから入るのか?



エア回路を調査すると増圧弁の2次側にだけ水分が溜っており、
他のダイキャストも同じ傾向でした
...普通なら増圧弁の中に水が溜るはず。何故今回は溜っていないのか?
メカニズムを調査!! 増圧弁の技術資料から2つの原理があるとわかりました

26.水分発生メカニズム ①体積変化による水蒸気飽和

1つ目が体積変化による水蒸気飽和です
空気を圧縮し、体積が小さくなると 染み込みきれない水が結露します
身近な例で例えると、水を吸ったスポンジを絞る つまり、体積を小さくすると
染み込みきれない水が出てくるのと同じです
通常はこの原理で 増圧弁の中に水が溜り 2次側に流れる水分は少ないはず

27.水分発生メカニズム ②断熱圧縮による飽和水蒸気量の変化

2つ目が断熱圧縮による飽和水蒸気量の変化です 断熱圧縮とは、
物質を圧縮すると温度が上がる現象で エコキュートで使われている原理です
空気中に含む事ができる水蒸気量を飽和水蒸気量といい、温度が高いほど
量は多くなります スポンジで例えると、温度が上昇するとスポンジが大きくなり
染み込むことができる水の容量が増えるイメージです

28.水分発生メカニズム ②断熱圧縮による飽和水蒸気量の変化

温度上昇での容量増 > 圧縮での飽和 **結露しない**

温度上昇での容量増 > 圧縮での飽和 **結露する**

蒸気配管 アルミ保持炉

増圧弁の周囲が暑い
ダイキャスト特有の現象

これを踏まえてエア回路を見ると、**温度が上がり容量が大きくなったスポンジであれば絞ったとしても水は出ません**この状態のエアが流れたとき**冷やされると容量が小さくなり染み込みきれない水が出てきます**この原理によって、増圧弁の2次側にだけ水が溜るという現象が起っていましたではなぜ、ダイキャストだけこのような現象が起こるのか？圧縮しても水が出ない現象は、温度が高いからこそ起こります熱源が多く、増圧弁周りがとても**暑いダイキャストだからこそ起こる現象**であることがわかりました

29.対策立案

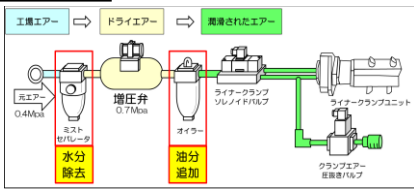
図10.方策展開型系統図

図11.マトリクス図

採用!!

そこで、方策展開型系統図を使用し対策手段を挙げマトリクス図を使用して比較しました結果として、少ないコストで十分な効果が期待できる**ミストセパレータ**設置を実施しましたミストセパレータとは、除湿効果のあるフィルタで空気中の微細な水分や油分を取り除くことができます

30.対策実施 ミストセパレータ オイラー 設置



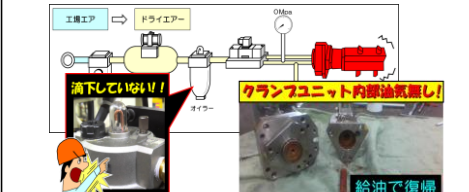
増圧弁1次側にミストセパレータを設置圧縮前に水分を取り除くことで、結露を防止しましたまた、工場エアにはエア機保護のため適度に油分が含まれていますが、ミストセパレータで油分まで取り除かれてしまいますドライエアになると、エア機路の故障の原因となるため**増圧弁2次側にはオイラーを設置**しました

31.不具合再発



これで、対策完了と安心していましたがひと月もたずに不具合が再発心折れそうになるメンバーに、「うまくいかないのにも理由がある。**原理原則を理解すれば、必ず解決策は見つかる!**」と、声掛けし奮い立たせてもう一度現状を確認に行きました

32.現状再確認



ユニットの動きが固く、ライナーがフリーにならない状況分解してみると、内部には**油気が無く固着**していました給油で復帰させましたが、ここで疑問が発生**オイラーを追加したにも関わらず、油気が無いのはなぜか?**そこでオイラーを確認してみると、連続運転中に一滴も**滴下してない!!**これではドライエアが入り摺動面が固着してしまいます

33.オイラー滴下原理調査

20L流れると滴下する!が...0.03Lしか流れない!!

そこで、ベテランの山川IEXがオイラーの動作原理を調べ、滴下条件を計算してくれましたケース内の油には常にエアが加圧されており、バルブが切替るとエアが流れ**20L流れると滴下**しますところが計算すると、クランプユニットには**0.03Lしかエアが流れていません!**ピストンのストロークが7mmと小さいので、滴下に必要流量が確保できていませんでした

34.流量確保方法検討・検証

そこで、一緒に計算していた家入から**大気開放すればいいんじゃないか?**というアイデアが出ました計算してみると、**1秒間開放すれば30.9L流れる**の事ただ、たった1秒で本当に30Lも流れるのか?!疑問に思い簡単なキットを作成して検証したところ**1秒間流せば確実に滴下する**事を確認できました

35.再対策実施

電気系メンバーで回路変更しよう
松田!!やるぞ!!

岩下EX 電気系ベテラン
やってみます...

1サイクルに1秒ソレノイドバルブ+圧抜きバルブ開き

後は、どこから解放するか?再び系統図を作成し、検討する中で開放用のバルブを追加する必要があるかな...と考えているとエア回路を見ていた湯地君から**圧抜きバルブから解放**させることはできないか?というアイデアが出ました確かに、ソレノイドバルブと同時に開けば**大気開放**することができそうですそこで、電気系メンバーに相談したところ今年2年目の松田君がすぐに実施してくれました**1サイクルに1回1秒間バルブを開くよう回路変更**を実施若手メンバーのアイデアと実力で再対策をやり遂げる事ができました

36.効果の確認

効果の確認では 錆によるライナーセット異常件数が0件となり目標達成修理件数の低減に貢献し、8月以降は目標の21件を下回っていますメンバーを巻き込んで活動ができるようになりテマリリーダーとしてレベルアップ若手メンバーから活発に意見が挙がるようになりサークルとしてのレベルアップも実感できました

37.標準化

標準化として、
・エア回路図の修正 ・同類設備への拡張 ・保全台帳への定期点検、給油項目の追加を行い、**3本柱活動ボード**に対策を**落とし込み**定着を図ります

38.反省と今後の進め方

今回の活動では 最初はよくわからないと尻込みしていたメンバーも原理を理解し 新たな気付きを得ると興味を持ち 積極的に参加してくれました 今後は次のステップとして大気開放エアレスを目指し 更なる設備改善に 保全らしく原理原則に基づいて楽しくチャレンジします