

会社紹介

愛知県内に11工場

一貫生産するエンジン専門工場

製造部の主な生産品

- シリンダーヘッド
- シリンダーブロック

弊社は、愛知県豊田市に本社を置き、県内11工場の生産拠点が 있습니다。私たちが働いている上郷工場は、昭和40年に操業され、**鍛造から組付けまで一貫生産する、エンジン専門工場**です。私たちの所属する鍛造部では、シリンダーヘッド・ブロックの粗材を生産しています。

鍛造とは？

鍛造製品生産：手順

- ①下WJ 取め
- ②上WJ 取め
- ③入子 閉じ
- ④中芯 取め
- ⑤上型 閉じ
- ⑥注湯
- ⑦型開き
- ⑧製品 確認

鍛造とは、外部形状を造る外型に、冷却経路などの内部空洞を造る為の中子（砂を固めたもの）を下WJ、上WJ、中芯の順にセット、その後約700°Cの溶湯（溶けたアルミ）が下から充填（注湯）され、アルミが固まり、製品を取り出し振動を与え中子を砕いて取り除くことで空洞が作られ製品が完成します。

職場紹介と担当業務

職場紹介：エンジン鍛造部鍛造型保全課 型保全の使命

業務内容：ヘッドシリンダーの金型整備

製造現場に喜んでもらえる不良が出ない最高の金型を提供する！

製造部署で使用する金型は、繰り返し使用することで高温・高圧の影響により摩耗や部品の劣化・破損が発生します。そのため、定期的な整備が必要であり、私たち型保全がその整備を担当しています。

サークル紹介

リズムボーイズサークル

個人レベル 評価

総勢11名

若手のレベルが低い

X=3.0 Y=3.1

私たちリズムボーイズサークルは、若手からベテランと幅広いメンバーで構成。個人レベル評価では、**ベテラン**は豊富な現場出張経験より**知識、問題解決力が高い**。逆に**若手メンバー**は現場経験が浅く、**知識、問題解決力が低い**。サークルレベルはBゾーン下位です。

テーマ選定

職場運営管理ボード

SKPI目標：突発停止件数 2 2年度50%減

粗材生産時の中子折れ (対策未)

テーマの選定では、職場の課題や目標見える化し、その進捗を管理している職場運営管理ボードより評価×の品質に絞り、対策が出ていない**M20Aヘッドシリンダーの中子折れ**に取り組む事にしました。

問題の明確化

中子折れとは？

折れた中子の隙間にアルミが入り込む！

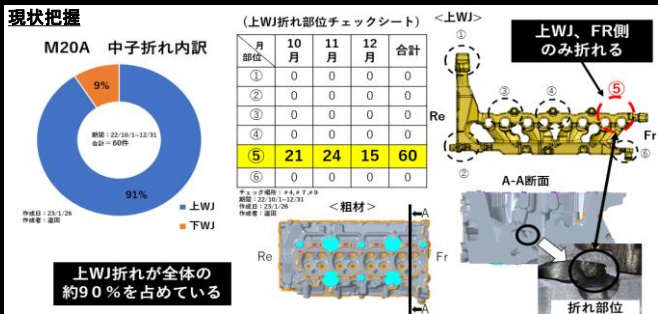
製品の冷却経路が塞がる！

市場に流出すると、水が流れずオーバーヒートなどの重大な品質不具合に！！

後工程に不良品は絶対流せない

中子折れとは、折れた中子の隙間にアルミが入り込むことで製品の内部空洞である**冷却経路が塞がる不良**の事です。市場に流出するとオーバーヒートなどの重大な**品質不具合**に。発生時、製造部署では後工程（組付け）に絶対に流さないよう厳しく選別。品質を最優先にしている分、検査負担が増えるのが**製造部署の大きな悩み**です。

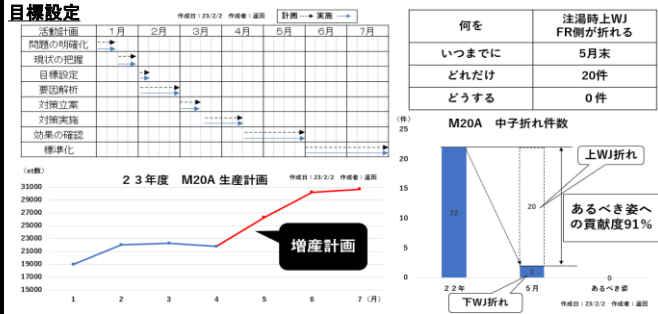
QCサークル紹介	フリガナ サークル名	リズムボーイズサークル			
		リズムボーイズサークル			
本部登録番号	177-3539	サークル結成年月	2012年 4月		
メンバー構成	11名	会合は就業時間	(内)・外・両方		
平均年齢	38歳(最高60歳、最低18歳)	月あたりの会合回数	2回		
テーマ暦	本テーマで 42件目 社外発表 3件目	1回あたりの会合時間	1時間		
本テーマの活動期間	2023年 1月 ~ 2023年 7月	本テーマの会合回数	12回		
発表者の所属	トヨタ自動車株式会社 上郷工場 エンジン鍛造部 鍛造型保全課 721組	勤続	9年		



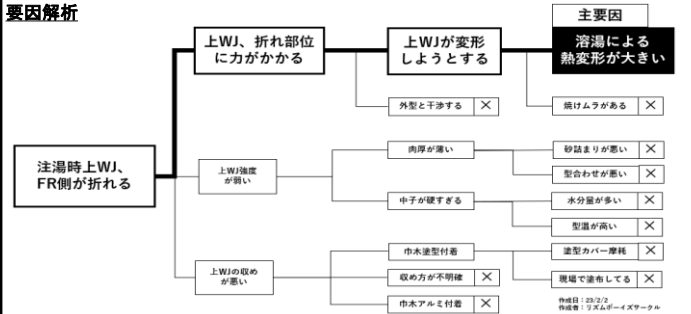
現状の把握では、M20A中子折れ内訳をみると、上WJ折れが全体の約90%を占めており、さらに⑤の部位のみ折れるということが分かりました。



設備、外型、中子を型番別で上WJ折れ件数をみても差異はなかった。折れプロセスでは⑧製品確認工程で発見、⑥注湯工程で発生していますが連続ではなく**散発して注湯時上WJ、FR側が折れる**とわかりました。



目標設定では、5月より増産計画の注湯時上WJ、FR側が折れるを5月末までに20件を0件にする目標をたて、あるべき姿への貢献度は91%です。



注湯時上WJ、FR側が折れるに対して要因解析を行い、上WJに変形しようとする力がかかることから主要因を**溶湯による熱変形**が大きいとしました

要因の検証

主要因 溶湯による熱変形が大きい

中子は溶湯熱で変形する

約700°Cの金型内部で中子がどう変形するのか知る手段がない

熱で黄身がどう変形するのかわからない

金型内部が見えないのが当たり前

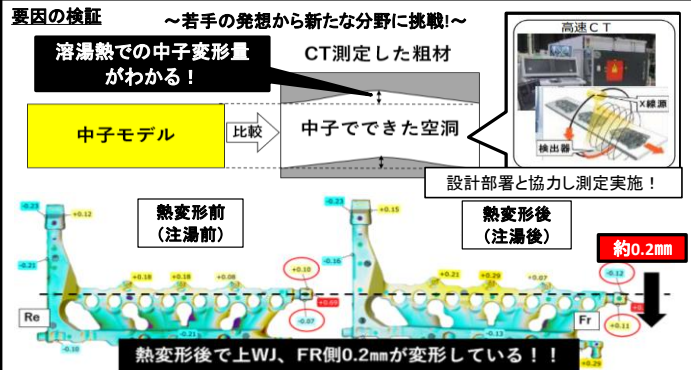
いつものパターン、...

CTを使えば変形量を把握できるんじゃない?

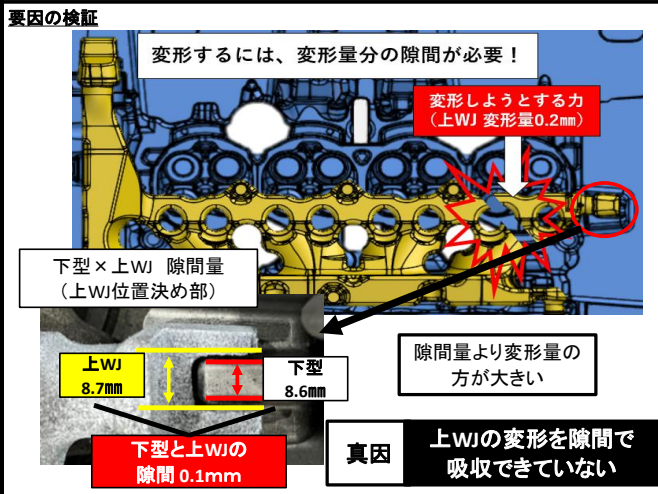
大木 (若手リーダー)

鑄造の難しさ!!

中子は溶湯の熱で変形しますが、金型内部にあるため、中子がどのように変形しているのか**確認する手段がありません**。これは、ゆで卵を作る際に黄身がどのように変化しているのを見えないのと同じです。ベテランからは「金型内部が見えないのは当たり前。いつものパターンだ」と重たい雰囲気、...そんな時若手リーダーの大木さんより**CTを使えば変形量を把握できるんじゃない?**と新たな発想が。



若手の発想から、新たな分野に挑戦! CTはこれまで粗材の内部欠陥(割れや空洞)を調べるために使われていましたが中子モデルとCT測定した粗材の内部空洞を比較することで、どれだけ熱変形したか調べることができると考え設計部署に協力して頂きCT測定実施しました。結果、**上WJがFR側が約0.2mm変形している**ことが確認できました。



しかし、変形するには、変形量分の隙間が必要です。**上WJの変形量0.2mmに対して下型と上WJの隙間が0.1mmしかないため上WJ変形量が下型と上WJの隙間量を超えるので、FR側が耐えきれず折れます。**このことから**真因を上WJの変形を隙間で吸収できていない**としました。

対策立案

真因 上WJの変形を隙間で吸収できていない (評価 ◎3点 ○2点 △1点)

対策案	コンプライアンス	予想効果	実現性	品質	コスト	作業性	評価	採否
① 下型位置決め部削り	◎	◎	◎	◎	○	◎	17	◎
② 上WJ位置決め部削り	◎	◎	○	△	○	◎	14	×
③ 上WJ形状変更	○	△	△	×	○	○	10	×
④ 中子熱変形対策	◎	○	×	◎	△	△	10	×

削り量を決めるトライを実施

削り量	0.05mm	0.1mm	0.15mm	0.2mm	0.25mm	0.3mm
上WJ折れ	×	○	○	○	○	○
中子位置ずれ	○	○	○	○	×	×

削り量0.1mm以上で折れなくなったが0.2mm以上になると中子位置ずれが発生

削り量0.1mm 管理公差(+0、-0.1)

対策立案では、変形しようとする力を吸収できる隙間を確保する為に設計部署に相談し下型位置決め部の削りを行うことに、削り量を決めるトライを実施し、0.1mm以上削ると折れなくなりましたが0.2mmを超えると中子位置ずれになる為**削り量0.1mm、公差を(+0、-0.1)**にしました

対策実施

対策:下型位置決め部0.1mm 削り

上WJ 8.7mm

下型 8.6mm

削り後 8.5mm

変形しようとする力 (上WJ 変形量0.2mm)

下型と上WJの隙間を0.2mmに拡大

熱変形しようとする力を吸収でき折れなくなった!!

下型位置決め部を0.1mm削り、下型と上WJの隙間を0.2mmに拡大することで上WJの熱変形しようとする力を隙間で吸収でき、折れなくなりました。

対策実施

品質管理部に粗材測定依頼

M20A 上WJ折れ件数

20 21 19 16

2 2年 1月 2月 3月

粗材

粗材寸法良好!!

折れ件数減少したが撲滅できず

評価

さらに品質管理部に協力頂き粗材寸法保証し、全型設計図に展開結果、上WJ折れ件数減少しましたが撲滅できず評価は△です

現状の把握

製造メンバーと現地現物で中子干渉確認などの調査実施

折れ再現トライを実施!

折れ状況が再現できない

上WJ折れが出る型は...

上WJが下型に強く当たること折れる!

下型に上WJとの干渉痕有り

折れがない型には干渉痕無し

上WJと下型の接地面

天野TL (製造メンバー)

折れ再現

青木EX (出張修理のプロ)

Re

Fr

下型

上WJ

もう一度、製造メンバーと現地現物で再調査。折れ再現を試みましたが、散発して発生する為、中々折れ状況を再現することができません。そんな時、出張修理経験豊富な青木EXから「上WJ折れが出る型は下型FR側に上WJとの干渉痕があり、出ない型には干渉痕がないんだよな」と、つまり上WJが下型に当たること折れていた!

要因解析

ベテラン 経験・知恵

若手 新鮮な考え

上WJ、FR側が下型と当たる

浮くバランスが悪い

上WJ、RE側が先に浮き上がる

上WJ、FR側が浮かない

上WJが上から中芯に押される

注湯時上WJ、FR側が折れる

下型に上WJとの干渉痕がつく

溶湯圧に負ける

中芯が歪んでいる

腐食が悪い

主要因①

上WJ、RE側が先に浮き上がる

主要因②

上WJが上から中芯に押される

ベテランの経験、知識を生かし現地現物で現状把握を行った結果、下型に干渉痕があることを捉え、若手の新鮮な考えを取り入れ要因解析を行いました。上WJ、FR側が下型に当たることから、主要因①上WJ、RE側が先に浮き上がる、主要因②を上WJが上から中芯に押されるとしました

要因の検証

(注湯前)

Re

上WJ

Fr

下型

(注湯後)

折れる

下型に当たる

主要因①

上WJ、RE側が先に浮き上がる

溶湯

主要因1では、注湯時、上WJがアルミ溶湯に持ち上げられたときにRE側が先に浮くためFR側が下型に当たり折れると考えました。

要因の検証

浮力を勉強!

小さいFRの方が浮くんじゃないですか?

体積 RE側 329.95cm³

体積 FR側 249.523cm³

比重差 × 体積 = 浮力

0.8 × 329.95 cm³ = 263.9N

RE側の浮力が大きい = RE側が先に浮く

0.8 × 249.523 cm³ = 199.6N

上面視

側面視

RE

上WJ

FR

浮力 263.9N

浮力 199.6N

どうしてRE側が先に浮くのかみんなで検討中、新入社員の谷口くんが「小さいFRの方が先に浮くのでは?」との発言で、浮力を勉強。浮力には比重差と体積が影響する為REは体積が大きいため浮力も大きく先に浮くと推定しました。

要因の検証

溶湯が充填される流れをスーパーコンピューターで計算し可視化できる

CAE解析

設計部署 小嶋さんと協力!

金型内部ではこうやってREが先に浮くんですね!

谷口 (新入社員)

浮力 263.9N (RE)

浮力 199.6N (FR)

溶湯

みんなの知見が広がり、理解がより深まり成長に!

連続で折れないので他にも要因があるはず!

溶湯の流れを可視化できるCAE解析を設計部署の小嶋さんにしてもらいました。溶湯が一定に上がってきているので、浮力の大きいRE側が先に浮くことが確認できみんなの知見が広がり現象の理解が深まったことで、サークルの成長に。しかし連続で折れないことから他にも要因があると考えました。

要因の検証

主要因② 上WJが上から中芯に押される

注湯前の中子変形を製造部署に確認

測定位置

中芯

上WJ

下方方向に変形

上方方向に変形 (変形規格)

側面視

中芯 (n=30)

上WJ (n=30)

変形規格0.5以下

注湯前の中子変形規格内!!

主要因②の検証では、注湯前の中子に変形がないか寸法管理を行っている製造部署に確認してみると、中芯は下方方向に、上WJは、上方方向に変形していますが、変形規格0.5以下の為、問題ありませんでした。

要因の検証 上WJが上から中芯に押される

主要因②

中芯 × 上WJ 隙間有り

上WJ × 中芯隙間量

中芯 × 上WJ干渉

変形が大きい組み合わせのみ干渉する！**散発の原因！**

現地現物で隙間を確認！

外形に中子セットした時、上WJの上に中芯が来ます、通常2つの間には隙間があります、しかし先ほどのグラフを重ねると中芯と上WJの**変形が大きい組み合わせの時④が干渉する**と推定し、現地現物で製造の方と確認すると今まで出張修理では干渉していませんでしたが、変形が大きい組み合わせでは干渉が確認できました。**これが散発の原因**に。

要因の検証 上WJ折れ 推定メカニズム

主要因① 上WJ、RE側が先に浮き上がる

隙間有り！

折れない

中芯

上WJ

下WJ

FR入子

下型

(注湯前) (注湯後)

主要因①だけだと、注湯前は中芯と上WJに**隙間がある**為、注湯後、上WJ、RE側が先に浮きながらも**FR側も浮く**ことができるので下型に当たらず折れません。

要因の検証 上WJ折れ 推定メカニズム

主要因② 上WJが上から中芯に押される

隙間無し

①中芯 × 上WJの干渉

②溶湯からの浮力

③下型 × 上WJの接地面

支点

力点

作用点

シーソーして下型に当たる

(注湯前) (注湯後)

しかし、主要因②も重なると、注湯前の時、**中芯と上WJが干渉**している為隙間がありません。注湯後それが**支点**、溶湯からの浮力が**力点**となり上WJ、RE側が浮くことでシーソーのように上WJ、FR側が下型に当たり**作用点**ができ折れると推定し、これらを再現し検証を行うことにしました。

仮説の検証 折れない

①中芯と上WJに隙間有り

②中芯と上WJに隙間無し

FR

RE

折れない!

約9Nで折れた!

真因 支点、力点、作用点 が成立する

①中芯と上WJに隙間があれば、折れないか検証しました。溶湯の再現の為、成尾EXのアイディアでタコ糸を用いて全体が浮くように釣り上げると**約30Nの力でも、折れない**ことが確認できました。次に②中芯と上WJが干渉し、REだけ浮くように釣り上げてみると、**約9Nの力で折れ**、下型に上WJとの干渉痕ができた為**折れメカニズムを立証でき真因を支点力点作用点 が成立**するとしました。

対策立案

真因：支点、力点、作用点、が成立する 製造部署の負担大！

対策案	コンプライアンス	予想効果	実現性	品質	コスト	作業性	評価	採否
①中子変形規格変更	○	○	△	○	○	△	13	×
②中芯位置を上げる	○	○	○	○	○	○	17	○
③中子強度UP	○	○	△	○	○	○	11	×

中子が変形しても隙間を確保！

中芯位置を上げる

中芯に乗る位置補正

型保全のレジェンド 吉村上級SPよりアドバイス

8パターンでトライ

ONマシんで高さ調整可能！

対策立案では力点・作用点は変えられないため**支点到絞り**、①中子変形規格の変更は製造部署の負担大の為、②中芯の乗る位置を補正し中芯位置を上げることで中子が変形しても**中芯と上WJの隙間を確保**します。補正量決めるトライの際一般的な肉盛り補正だと、補正量変更の度に工数がかかるので、吉村上級SPの助言でONマシんで高さ調整可能な、ボルト調整式を採用しました。

対策実施

FR, RE入子の中芯が乗る位置にボルト穴を加工

金型改善加工技能 レベルアップに挑戦！

ボルト穴

ボルト穴加工

検査結果	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
補正量	○	○	○	○	○	○	○	○
上WJ折れ	○	○	○	○	○	○	○	○
中芯折れ	○	○	○	○	○	○	○	○

補正量 0.4mm (公差 ±0.1) に決定！

品質管理部に粗材測定依頼

粗材寸法良好！

評価 ○

対策に当たり自身の技能レベルアップとして、ボルト穴機械加工に挑戦しました。検証の結果0.3mmから0.5mmの時が上WJ折れ、中芯折れない為**補正量を0.4mm**とし公差を±0.1にしました、粗材寸法も良好です。**評価は○**です

効果の確認

上WJ折れ不良粗材削減 672千円/月 原価低減

上WJ折れ削減し目標達成!

上WJ折れ不良件数

M20A 上WJ折れ件数

2.2年 1月 2月 3月 4月 5月

上WJ折れ不良粗材削減 672千円/月 原価低減

上WJ折れが撲滅でき目標達成

不良粗材撲滅により 672千円/月の原価低減 あるべき姿への貢献度91%

個人レベル評価表

個人レベル評価では、現地現物で調査、対策を行うことで**若手の問題解決力**、設計部署などと協力し専門的なことを学ぶことができ**知識技能**が若手を中心に向上。サークルレベルはBゾーン上位に向上しました。

若手の問題解決 知識技能レベル向上!

3.1~3.9 3.0~3.8

サークルレベルBゾーン下位から上位に!

標準化

項目	何を	いつ	どこで	誰が	どうする
FR, RE入子 中芯が乗る位置寸法	図面	10月末	型管理運営ボード	型保全	標準化
FR, RE入子 中芯乗る位置寸法	変化点管理	定量整備時	型保全	段取り者	横展

金型運営管理ボード

測定CADの入れ替え

定期整備ごとの測定規格決め込み

設計部署へのフィードバック

グローバル展開

アメリカ

標準化で上記の項目を金型運営管理ボードで。計測では、測定CADの入れ替え、定期整備ごとの測定規格の決め込み、情報管理では、設計部署へのフィードバックしグローバル展開を行っていきます

反省と今後の進め方

個人レベル評価 問題解決

改善能力

QC手法

活動

活動

私のレベルアップ

関係部署と協力し問題解決!

設計部署

製造部署

現地現物で調査

高速CT、CAE等 デジタル解析

関係部署と協力し、問題解決でき製造部署からのありがたい言葉をたくさんいただきました。現地現物で検証や再現を行い、より理解が深まりメンバーの知見が広がり、私自身も機械加工などの改善能力も上がり楽しく活動できました。今後は、今回のQCで学んだCTやCAEなど新たな知見を活かし不具合発生源である中子の変形対策や強度UPに取り組んでいきます。