

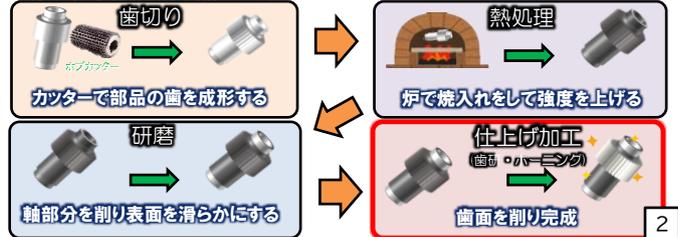
260HMS XG3ジェネレーターシャフト 砥石寿命の延長

《会社概要》



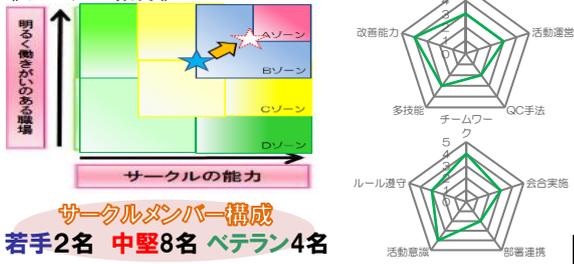
当社はイギリスに本社を置き、GKNグループのアジア部門に位置し、愛知県常滑市に工場を構えて自動車駆動系部品の開発、及び生産を行っています。その中で私達の職場ではPHEV車で使用されているeトランスミッションに組み込まれているギヤの製造を行なっています。

《職場の概要》～部品の生産工程～



生産の工程としては歯切り・熱処理・研磨・仕上げ加工の4つがあり、その中で私の担当する歯研・ホーニング加工では髪の毛一本にも満たない精度を求められる職場です。テーマとなる設備260HMSではモーターシャフト・ジェネレーターシャフトのホーニング加工を行っています。

《サークル紹介》



リボーンサークルは、中堅を中心とした14名で構成されており、若手とベテランも分け隔てなく接している穏やかなサークルで現在Bゾーンのマイナスに位置しており、今回の活動を通してBゾーンのプラスになれる様目標を立て活動を進めていくことにしました。

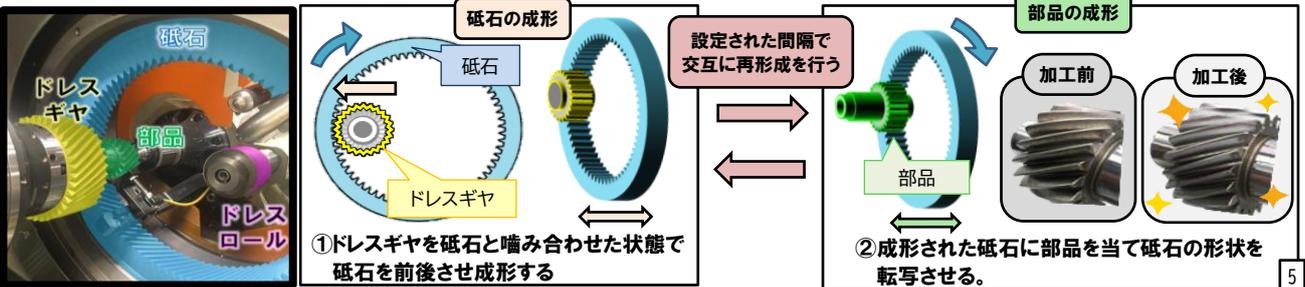
《テーマの選定》

リスト	参加員	実現性	テーマ案	緊急性	品質性	効果	得点
○	△	○	ホブカッターの寿命延長	○	○	△	13
△	○	○	仕上げバルレット替え作業簡略化	△	○	△	11
○	○	△	XG3ジェネレーター砥石寿命延長	○	○	○	15
△	○	○	ホブ加工完了ワークの切粉片削減	△	○	○	11

難しいテーマかもしれないけど頑張りたいなあ～

現場での各設備の問題点をテーマ案として集め話し合い、260HMSは新規導入された設備の中でも携わっている作業者が少なく自分を含め班員全体のスキルアップにも繋がり、生産での問題点も多く上司方針の困りごとでもあるこのテーマに決定し全員で活動を進めていくことにしました。

《テーマ選定の背景》～ホーニング加工とは～



活動を始める前に作業の未経験者も多い為ホーニング加工についての勉強会を実施しました。ホーニング加工とは、ギヤの歯面を仕上げ研磨する加工のことを言います。ただ加工をする前に①ドレスギヤと呼ばれる表面がダイヤモンドやすりの様になったもので砥石を成形しつつ、部品の形状を転写させる。②成形された砥石を部品に押し当て転写させる。この①-②を設定した間隔で繰り返す必要があります。使用される砥石・ドレスギヤ・治具等は機種別にそれぞれ専用のものを使用しています。

《サークルの紹介》	本部登録番号	1530-5	本テーマの効果金額	103万2,000円	
サークル名	リボーン	リガナ	リボーン	結成年月	16年1月
会社名	GKNDドライブラインジャパン	リガナ	ジーケーエヌドライブラインジャパン		
事業所名	常滑工場	リガナ	トコナメコウジョウ		
発表者	村松 拓実	リガナ	ムラマツタケミ		
メンバー構成	合計 18名 (正社員 14名 パート・派遣 4名)		会合は就業時間	(内)・外・両方	
平均年齢	36歳	平均勤続	12年	月当たりの会合回数	6回
本テーマ活動時間	23年 1月 ~ 6月		一回当たりの会合時間	0.5時間	
発表事例	1. 改善事例	2. 運営事例	3. 推進事例		
QCストーリー	1. 問題解決	2. 課題達成	3. 施策実行	4. QCストーリー以外()	
所属部門	1. 製造	2. 技術	3. 事務・販売・サービス・工場間接	4. 医療・福祉	5. その他()
連絡担当者	山田 一人	所属	製造課	TEL	0569-47-7164

《テーマ選定の背景》～ドレス工程の必要性～

一度転写させればずっと加工出来ないの？というメンバーからの質問に対しドレス工程の必要性についても説明しました。加工した際の削りカスが砥石歯面に詰まると、段々と砥石の切れ味が落ちていき仕上げの精度に悪影響を及ぼしてしまいます。それを防ぐためドレス作業によって砥石表面を削り取り形を整え直す必要があります。

《現状の把握①》

【1枚の砥石での比較】

	ドレス1回毎に削る量	砥石の使用可能量	ドレス可能回数	加工可能ワーク数	交換までに加工できるワーク数
ジェネレーター	0.256mm	11.402mm	44回	2250pc	2640pc
モーター	0.208mm	11.502mm	55回	3300pc	

【新品から寿命交換までのドレスインターバル数】

ジェネレーターは新品の状態からずっと60pc加工出来る

ドレス44回の内最初の4回は10pcしか加工出来ていない！！

《現状の把握②》

規格値が2.0~6.0に対してこちらは2.6と下限値に近く3.0を下回ると後工程で異常となりやすい

生産の流れとして①右歯・左歯の外観チェック②寸法を測定③決められた頻度で歯形を測定確認し問題が無ければ後工程へ流動します。しかしドレス間隔の設定値が10pcの時にそれ以上加工した部品を確認すると左歯の圧力角の形状が悪く、クラウニング角が下限値付近まで下がっていました。そのまま後工程へ流し組み付けると異音等の異常の原因となってしまいます。

《目標の設定と活動計画》

ジェネレーター砥石加工可能数増加

6月末までに 2640 pc

2250 pc

現状の把握をまとめると、他の機種に比べジェネレーターは砥石が新品に近い状態の時は加工できる個数が少なく品質も不安定な事がわかり、目標の設定を6月末までに加工ロスゼロにし砥石の寿命延長をすることにしました。活動計画は作業経験の少ないメンバーには詳しい作業者が一緒になるようメンバーを割り振りました。

《要因解析》

なぜ、新品砥石だと不安定なのかを特性要因図を用いて要因の洗い出しを行った所、部品自体の歪みが大きい、設備の加工する際の状態が悪い、加工とドレスの条件が合っていないの3つのことが主要因として挙げられました。

《主要因の検証①》

加工時のクランプの基準となる軸振れ規格値0.014mm以内

A・B共に10pc以降で歯形が崩れていることから振れの影響は見られない

部品の歪みによる振れの影響によって砥石との噛み合わせが悪くなり負荷の原因になると考え、軸振れを測定しヒストグラムにまとめました。A・B共0.003mm以下が多く、その中でデータの少ない0.010mm以上品が原因と考え加工後の歯形データを比較しましたが、軸振れの大小に関係無く10pc以降歯形が悪くなり振れによる影響は見られませんでした。

《主要因の検証②》

クーラントってどこまで重要なのかな？

研削熱が高いと仕上がり精度が悪くなったり砥石へのダメージにも繋がるよ

連続加工して100目を超えた辺りから圧力角の歯形が崩れが発生

次に現状のクーラントのかかり方を確認すると、特に位置の決まりが無く部品にかかるだけなので、クーラントが分散してしまい、これだと研削熱が下がりきらないので角度を見直し再調整しました。結果研削熱が下がり歯面全体の歯形の崩れの割合は少なくなりましたが、加工数への変化はみられませんでした。

《主要因の検証③》

設備環境も良くても部品自体の影響もないなら原因は何なんだろう……

アーバー・テールセンター・砥石軸・同軸度を水平・垂直方向で測定すると4箇所共規格外に振れており調整を行いました。15pc目で歯形崩れが発生。ですがモーターはドレスまでに加工できる部品数が120pcまで良好！しかしLot終了後に再度アライメント測定すると規格内ではあるが多少の振れは出ていたので定期的な管理が必要となることがわかりました。

《主要因の検証④-I》

条件表を作成

1つずつ検証だ!!

加工条件	ドレスギヤ条件 DGG		ドレスローラー条件 DDR	
	25.4mm	25.4mm	25.4mm	25.4mm
Revolution C2-C3	4800 1/rev	4800 1/rev	288 1/rev	288 1/rev
Revolution C1	1320 1/rev	1320 1/rev	132 1/rev	132 1/rev
Feed unit excitation start	50 mm/min	50 mm/min	50 mm/min	50 mm/min
Safety distance excitation start	100 μm	100 μm	100 μm	100 μm
Distance excitation delay	50 μm	50 μm	50 μm	50 μm
Feed excitation delay	3 mm/min	3 mm/min	3 mm/min	3 mm/min
Stock removal	80 μm	75 μm	30 μm	25 μm
Cutting rate	600 mm/min	600 mm/min	600 mm/min	600 mm/min
2-Stroke per minute	100	100	40	40
Feed 2	200 mm/min	200 mm/min	180 mm/min	180 mm/min
Stroke 2 stroke	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Stroke 2 delay	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm

形状は似ているが送りや回転数等細かな条件に違いがある 14

《主要因の検証④-II》

形状の似ているモーターと同じ条件にしてみるのはいかがかな?

砥石の1ストロークの移動量を下げてスピードを遅くしたら砥石への負荷が減らないかな?

加工条件	変更前	変更後
ドレスギヤ条件	100	50
砥石ギヤ条件	80	40

設定を半分の数値に変更

新品の砥石でも30pcまで加工が可能に!

変更前と同じ傾向で効果はみられず

普段なら60pcやれるはずの砥石径なのに30pcから増えませ...

トータル加工数で見ると変更前より悪くなって磨る悪化してしまっ...

ジェネレーターとモーターの条件で何が違うのか比較するために加工・ドレスギヤ・ドレスローラーの3つの条件表を作成し比較するとサークルメンバーからいくつか案が挙がったので検証することにしました。

まずモーターと同じ条件にするについては、条件表を基に全て同じ数値に変更し生産を行いました。するとドレス後1pc目は問題ありませんでしたが10pc目で歯形崩れが発生しました。次にストローク量変更は新品砥石では効果がありましたがトータルの加工可能数で見ると元の条件よりも少なくなってしまいました。全ての検証を終えても真の原因と思われるものは見つかりません...

《追加要因の解析》~左右バランスとは~

歯形崩れが起きている時のデータを見るのとつても片側の歯面だけ発生しているけど、これって左右バランスが関係したんじゃないかな?

(セミトップの位置)

左右の歯でオレンジ線の厚みを見比べてバランスを見ます

(センター位置のスレ)

砥石のセンターよりも上側に部品のセンター位置がある

右歯削り量
左歯削り量

削り込みが少ない左歯は粗残りしやすい

削り量が多いとセミトップが狭くなる

左右バランスが偏っている場合 16

活動に行き詰まり、会合を行うと新人の大崎くんから左右バランスは関係性とかないのかな?と質問があり、確かに生産の中で歯面の粗残りが無いかの確認はしているけど歯形への影響は今まで気にしたことなかったなあ...と思い早速調査する事にしました。左右バランスとは砥石と部品が噛み合った時のセンター位置のスレ具合のことを言い、スレにより砥石が左右どちらかに偏って当たることで加工時の削り量に差が出てしまいます。スレが大きくバランスが悪いと左右の歯面でセミトップ部の幅が変わったり、削り量の小さい歯面では砥石がしっかりと当たらず粗残りが発生する原因となってしまいます。

《追加要因の検証》

改めて条件表を加工してみると

確かにセミトップ部が狭い左歯の歯形が悪くなる

セミトップ部が狭い方から削れる原因は??

もう一度特性要因図で要因を洗い出そう!! 17

《追加要因の解析》

均等にするためにまずはスレの差を確認したいが...
ある程度幅が同じだと目視じゃ限界があるな...

材料: 新品砥石はピッチが小さい
人: 作業者のカンコツで補正値が変わる
設備: 片側だけに負荷が掛かっている
方法: 均等に砥石が当たっていない

左右バランス悪いとの歯形が削れる

左右バランスの補正値がない
作業者のカンコツで補正値が変わる
補正値の目安が無い

データとして確認できない
歯面の粗残りのみ確認

目標値しか確認していない

測定機の多い検査班なら...

通常通りの生産を行い左歯の歯形が崩れ始めた時のデータと部品を比較すると、確かに左歯のセミトップ部が右歯に対して幅が狭いことが確認できました。これでもよく対策が出来るぞ!と思った矢先ベテランの小澤さんから何で狭いと歯形が崩れるの?と聞かれ真の原因を探るためにもう一度特性要因図にて絞り込みしよう!

絞り込みを行い、セミトップ部の差をデータとして確認できないためカンコツ作業で補正を入れる必要がある、左右の歯面を均等に加工出来ていないの2つに絞り込まれました。セミトップ部の差を確認するのに目視では限界があります、そこで精密機器の多い検査班にセミトップ部の幅を測定出来ないか相談してみる事にしました。

《追加要因の検証①》

うちの測定機なら幅の差を見れますよ

本当にですか?

測定結果

均等であれば緑線のように逆ハの字になるが左歯に対して右歯が削れており左歯がノの字になっています

この差を測るには...

5μm分センター位置を変更

このメモリを目安に左右の幅を測り何μm差があるか測定

左歯に対し右歯が8μm程差がある

調整後

《追加要因の検証②》

左右バランスの違いによるドレスインターバルの差

残り砥石径	均等	左偏り	右偏り
残り砥石径11~10mm	約1000	約1000	約1000
残り砥石径10~9mm	約1000	約1000	約1000
残り砥石径9~8mm	約1000	約1000	約1000

歯形

歯スレ

新品砥石でも40pcまで歯形崩れなし!!

これで砥石寿命がかなり延びたわ!!

検査班に相談したところ「測定は可能だよ」と返事を頂き早速セミトップ部の幅が違う部品の測定を依頼して測定データを確認すると左右の歯で形状に違いがあることを発見しました。データの横に目安となる目盛りがありそれを基に左右の差を測ると5μm程ありました。補正画面にて調整を行い再度測定を依頼しデータを見ると左右均等な幅にする事ができました。

次に左右バランスによる砥石への影響を確認するため、均等な部品と偏った部品とでドレスインターバルに差があるかを調査しました。インターバルに変化のある新品(11mm)~8mmの砥石径で加工した結果、偏った部品は今まで通りのインターバルに対し均等状態を維持すれば新品砥石でも43pcまで歯形崩れすることなく生産ができインターバルの延長に成功!!

《対策の検討》

毎回検査班まで行くと生産にやらないよ…

設備と検査班の場所が離れており往復に時間が掛かってしまう

1Lotで測定回数は24回あるため…
24回×7分=1Lotで168分のロス!!

まだ課題は残ってどうぞ

これにより左右バランスを良い状態を維持すれば加工負荷が減りインターバルが延長でされ目標達成!!しかし…検査班に測定を依頼しながらの生産では通常生産よりも7分/回のロスが発生!!1Lot分(360pc)加工するとトータルで168分も多く時間が掛かってしまい生産性がかなり落ちてしまいました…

《対策の検討》

自分達で左右バランスを確認出来る様に対策案を検討

点数の高い2つ対策案を実施

効果	コスト	実現性	得点
○	○	△	8
×	×	○	5
○	×	×	5
○	×	○	7

対策① 歯切り工程の狙い値を大きくする
歯切り工程の削り量を少なくし、セミトップ部の厚みを増やし見やすくする

対策② 拡大鏡付きスケールを使用して幅を測定

そこで自分達でも左右バランスの均等化出来るようにするための対策の検討会を実施。挙がった対策案にそれぞれ点数付けを行い歯切り工程の狙い値を大きくする、拡大鏡付きスケールを使用してセミトップ部の厚みを測定するの2つの対策を行う事にしました。

《対策の実施》

対策①

対策前

対策後

厚みが倍になり視認性アップ!!

仕上げ加工時の削り量が多いため歯形崩れしやすいよ…

40pc加工前に歯形崩れが発生

しかし…

目盛りが細かくセミトップ部の幅の測定に成功

ベテラン作業員からはこんな意見が

目盛りが細かく見るのが大変 全数これを使うのは目が疲れちゃうよ

いつも使用している歯車測定機でも条件を揃えれば見れますよ

対策①…歯切り工程の削り量を減らし、加工後寸法が大きくなるとセミトップ部の削り量も減ります。それによりセミトップ部の幅が広くなり視認性がアップしました。しかし、その仕上げ加工時の削り量が増えたことにより砥石への負荷が増加し歯形崩れしやすくなってしまいました。

《対策の実施》

対策②

目盛りが細かくセミトップ部の幅の測定に成功

ベテラン作業員からはこんな意見が

目盛りが細かく見るのが大変 全数これを使うのは目が疲れちゃうよ

いつも使用している歯車測定機でも条件を揃えれば見れますよ

対策②…外観チェックの際に拡大鏡付きのスケールを使用する事で、かなり見やすくなり目盛りも細かく測定しやすくなったが、ベテラン作業員からは全数確認するのは目が疲れて大変!!等の意見が挙がり作業性が悪くなってしまいました。誰でも簡単に左右バランスを確認する方法はないのかと生産技術課に相談する事に…すると自分達の使用している歯車測定機でも検査班と同じ条件に出来るとまさかの回答!

《追加対策の実施》

検査班と同じ数値で差が確認できる測定データに変更

それにより回時間をもゼロに!!

168分 72分 0分

加工可能な部品数

対策前	2250pc
対策後	2760pc

これで誰でも簡単に左右バランスを確認できるね!!

ドレス後40目

歯形崩れ無し

クラッキング角 8.0以上維持

早速依頼し、測定範囲を増やす条件に変更したプログラムを作成してもらうことに。結果、見事検査班の測定データと同じ様にセミトップ部の差を数値として確認することが出来ました。168分のロスも無くなり、普段使用していたプログラムがベースなのでベテラン作業員でも簡単にデータを確認することも出来ました。

《効果の確認》

対策後ドレインインターバルの割合

	対策前	対策後	対策前	対策後
ジェネレーター	2250pc	2760pc	約12枚	約9枚
モーター	3300pc	6600pc	約8枚	約4枚

金額効果は消費砥石枚数の低減により年間で1,032,000円となりました。

効果の確認としてインターバル増加により1枚の砥石で加工できる数が2760pcとなり目標達成!!それにより年間で消費する砥石枚数がジェネレーターは3枚、モーターは4枚減りました。金額効果は消費砥石枚数の低減により年間で1,032,000円となりました。

《標準化と管理の定着》

5W1H法

項目	何を	なぜ	いつ	どこだれ	どのように	
管理の定着	設備	加工条件を	設備クラッシュ時	現場	作業員	チェックシートを作成
管理の定着	アライメント	維持するため	又は過に保	現場	作業員	チェックシートを作成
標準化	変更後の条件	加工条件を	設備稼取り時	現場	作業員	条件表の作成

アライメント管理シート

歯止めとして週1回のアライメント確認を行い、チェックシートにて管理を行う事をメンバー全員に水平展開しました。

《反省と今後の課題》

チームワーク

ルール遵守

活動意識

問題解決

改善能力

多技能

QC手法

活動運営

包含実施

部室連携

26HMSスキル

スキル	レベル	達成状況
チームワーク	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成
ルール遵守	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成
活動意識	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成
問題解決	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成
改善能力	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成
多技能	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成
QC手法	1	達成
	2	達成
	3	達成
	4	達成

活動を通してサークルとしての活動意識が上がりサークルレベルもBゾーンのプラスに位置する事ができました。今回のテーマは携わっている作業員が少ない設備だった為全員参加が難しい面が多々あったが、これを機に携わってもらい作業のレベルアップにも繋げる事ができて良かったです。

《サークルの能力》

ステップ

ステップ	良かった点	悪かった点	今後の課題
チームの選定	当たり前の事であるが改めて見直す事が出来た	チーム内詳しい作業員が少なく居ない外情が掛かってしまった	サークルメンバーへ教育の推進
現状の把握と目標の設定	集約したデータに基づいて把握し目標設定が出来た	目標の内容が曖昧になってしまい集約したデータ不足があった	目標を明確にする必要データ収集を徹底して進める
活動計画の作成	計画目標が明確になって、実行するための時間があふり取れた	計画目標が達成できなかった	計画目標を達成して活動を進める
実行の検証	実行と思われる箇所を全て確認できた	意見が豊富でなかった	意見を引き出す方法を考える
対策の検討の実施	効果のある対策を講じることができた	専門的な対策が多く大層に時間を掛かってしまった	他の部署やメーカーにも質問しより詳しいデータを取る
効果の確認	目標である加工以上の効果が確認できた	継続して測定など行なう必要が多少データの収集に時間がかかってしまった	今回と同様に進める
標準化と管理の定着	アライメントの管理が行えるようチェックシートを作成	少しの美化などで状態が変わってしまったため管理が必要	今回と同様に