

特集：アクセラ

19

## アクセラのフレキシブルアクスル組立ライン構築 Achievement of Flexible Axle Assemble Line for Axela

金本 巖<sup>\*1</sup> 戸川 善太<sup>\*2</sup>  
Iwao Kanemoto Zenta Togawa

### 要約

防府西浦工場で2003年9月からアクセラの量産を開始した。このアクセラ導入を機に、今後継続的にお客様の求める商品力のある車をスピーディに開発・提供できるように『一度投資したら二度と投資しない、何でも流れるフレキシブルライン』をコンセプトとしたアクスル組立の絶対原価ラインを造りあげることに取り組んだ。

本稿では、組立の絶対原価の考え方とその具現化のためのライン構成方法を解説し、アクセラのアクスル組立ラインへの適用事例を紹介する。

この取組みにより、将来の新車や組立ライン間の車種移管への対応が製品接触部の治具や要具の追加・変更のみで対応可能となり、マツダのブランドDNAである『反応の優れたハンドリングと性能』を具現化する製品仕様に即応できるモデルラインを構築することができた。

### Summary

At the Hofu Nishinoura Plant, the mass production of Axela has started since September, 2003. To develop and supply marketable vehicles which meet customers' demands continuously in a speedy manner, taking advantage of this Axela introduction, we have developed the Axela axle assembly line as an absolute cost line with a concept of "The flexible line which will never require additional investment and can manufacture anything."

This report introduces a philosophy of the absolute cost line for axle assembly, a method of its line configuration, and applicable cases of Axela axle assembly line.

This activity has enabled us to facilitate the introduction of a new model and the transfer of a current model from one assembly line to another only by adding or changing assembly toolings/ jigs on portions coming into contact with them, thus having built a model line which would be capable of quickly responding to product specifications embodying "responsive handling and performance" of Mazda Brand DNA.

### 1. はじめに

かつて画一的時代に大量生産を前提とした生産において、その原価低減を変動費のみに求め人間作業の自動化を推進してきた。しかし個性の時代へ移りかわり、顧客嗜好の多様化の中で品質やコスト面で商品力のある製品をタイムリーに提供していくためには、機種や生産台数の変動に迅速に対応可能な生産システムを作ることが求められる。

しかし、かつての自動化ラインはこの変化に対応するため、多額の改造投資が必要になったり、作業編成を阻害し固定費や変動費を押し上げて足かせとなってきた。そこで今回、絶対原価ラインを定義して組立ラインのあるべき姿を再検討し、お客様の求める車をスピーディに開発し競合力のある価格で提供可能な絶対原価組立ラインの実現を目指した。そのモデルラインとなるよう『一度投資したら二度と投資しない、何でも流れるフレキシブルライン』をコ

\*1~3 パワートレイン技術部  
Powertrain Production Engineering Dept.

ンセプトに、新車やライン間の車種移管にフレキシブルに対応できるライン造りに取組んだ。

## 2. ユニット組立の絶対原価

絶対原価とは製品の構造・機能・特性により決まり、製品以外の条件（生産台数やライン形態等）に左右されない最も効率的な製造プロセスだけの正味の製造原価のことである。ユニット組立の製造原価は、作業工数を主とする変動費と設備投資の償却費を主とする固定費で構成される。

具体的にはユニット組立の絶対原価は、変動費面から言えば、作業時間が最少となるように

- ① 部品へのタッチ回数は1回
- ② 作業編成効率は100%

を満足することである。

また、固定費面から言えば、設備投資が最少となるように

- ① 初期投資の最少化
  - ・ 設備の部品へのタッチ回数は1回
  - ・ 設備負荷率100%
- ② 追加投資ゼロ

を満足することである。

ただし、品質・エルゴノミクスを満足していることを条件としている。

この考え方に基づきアクスルの組立工程を組付基準の共通範囲から工程を最小限に集約し、組立ラインのあるべき姿をFig.1に示す2姿勢組立と考えた。

すなわち、アクスルの組立工程はナックルにハブAssyを圧入しダストカバーを締め付ける工程とディスクプレートにナックルAssyを載せて、キャリア、ドライブシャフトおよびストラットAssyを組付ける工程から構成される。組立1でナックルAssyの組付けを行い、ナックルAssyを反転させて、組立2でアクスルAssyを完成させる、2姿勢での組立をアクスル組立の絶対原価ライン実現のための基本工程と考えた。

特に、絶対固定費の目標は、車種追加時に設備改造なしでアクスルを生産できるフレキシブル設備を完成することである。具体的には設備本体の仕様対応のための追加投資はゼロで、製品接触部の治具や要具の追加・変更投資のみで対応する。また、生産台数増には台数に比例した投資で対応でき、工事期間は、週末の土日ですべて完了することとした。

## 3. アクスル組立の現状と取組み方針

### 3.1 アクスル組立の現状

現状のラインは部品供給を自動化したり、大型のロボットや自動化設備で自動組付しており、設備構造は複雑となっている上に多大のスペースを必要としている。そのため、新車や組立ライン間の車種移管に対応する場合、設備改造箇所が多く多額の改造投資が必要であり、モデルチェンジ

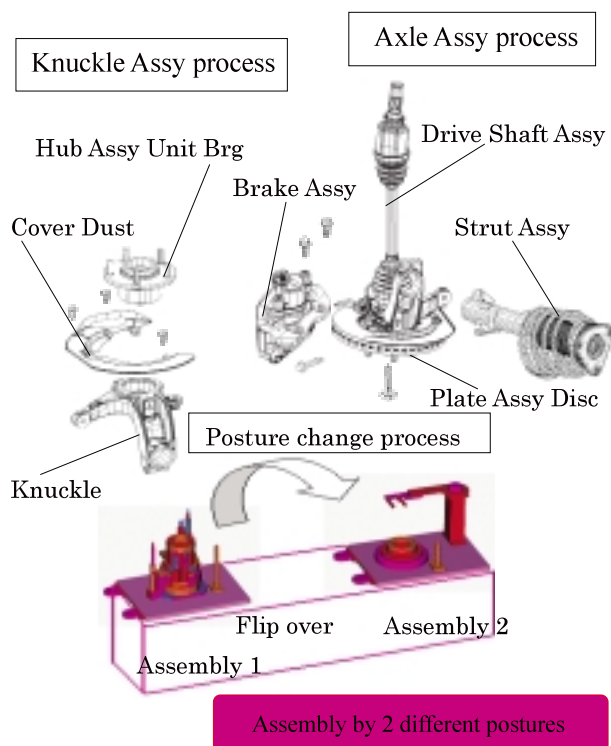


Fig.1 The Goal of Axle Assembly Absolute Cost Line

ごとに追加投資を繰り返している。

また、従来の部品の自動供給や自動組付けを行う組立ラインでは、部品供給用の間口や自動化設備で組付け不良となった場合の手直し工程、チョコ停対応の空間等を確保しているためコンベアの全長が長くなっている。このため、チョコ停復旧で作業者が長時間作業場所から離れ、稼働率の低下を招いている。更には、追加車種で自動化工程の途中にユニーク工程が発生すると、マニュアル作業では島作業（作業工程が孤立している）となり編成効率の低下を招くため、負荷率は低い自動化装置を設置しなければならない悪循環に陥っている。つまり、絶対原価の視点から評価すると自動化のために作業編成効率や設備負荷率が低下し、正味作業以外の無駄な動きが多くなっている。

これまで、品質の確保、エルゴノミクス対策や合理化のための自動化を強力に推進してきた。しかし、絶対原価ラインを具現化するためには付加価値の低い自動化装置への依存から脱却する必要がある。つまり、人がやったほうがよい作業と設備でないといけない作業を絶対原価ラインの要件に基づいてもう一度見極め、複雑な自動化設備の簡素化を図ったり、ワンタッチのマニュアル作業に置換えることが重要であると考えます。

### 3.2 アクセラのアクスル組立ライン取組み方針

アクスル絶対原価目標の要件から下記をライン構成の基本方針として取組むことにした。

- ① アクスルの組立工程を全車種共通の共通工程と特定の車種専用のユニーク工程に分け、ユニーク工程は自動化しない。

- ② 全車種共通工程でストローク、締付ポイント等フレキシブルな対応が必要な箇所は、マツダのアクスル全車種をカバーできる仕様を織り込む。
- ③ 手作業不可の圧入、重筋作業、高トルクの締付および品質に関する組付け・測定等は設備で行う。
- ④ 小物部品の供給、仮付けは手作業を基本とし、タッチ回数の削減と手作業領域の工程集約で効率化を図る。
- ⑤ 作業エリアは自動化設備と手作業エリアに分割し各々集約する。

4. アクスル組立絶対原価ラインの開発

4.1 絶対原価ライン実現の課題

ライン構成上の技術的な検討課題を以下に挙げる。

- (1) 自動化設備をマニュアル化することで工数増となるが、作業編成効率UPで作業員数は増やさない。
- (2) 自動化設備をマニュアル化することによりエルゴノミクス等作業環境を悪化させない。
- (3) 自動化設備に付加するフレキシブル性の範囲を決定する。

4.2 技術課題の解決活動

- (1) マニュアル化に伴う工数増懸念の検証

現行ラインにおける部品供給等の自動化を手作業に置換えることは工数増を招き、変動費のアップに繋がる事が予想された。一方、現行ラインは自動化設備が点在しているため島作業となり、待ち時間ロス・歩行ロスが多い。今回、自動化と手作業エリアを集約することでそれらのロスを排除することができれば、手作業が増えても作業員数は増えないと考えた。

現行ラインを改造した場合と絶対原価を狙ったラインでの作業員数をシミュレーションで検証比較した結果、作業員は同数で変動費アップにならないことが判明した (Fig.2)。

- (2) マニュアル化によるエルゴノミクス悪化の対策

マニュアル作業化することで部品や機器の手扱い総重量が増加したり、無理な姿勢の作業が発生する。

手扱い重量の基準をオーバーする工程では、軽い操作力で作業を行うことができるように機器重量に合わせたアシスト力を付加する機構を採用した。

作業姿勢の改善は、作業員が正面で作業できるようにパレットの反転機構等を設け作業員が直立した姿勢で無理なく作業ができることを基本に対応した (Fig.3)。

- (3) フレキシブル化の対応範囲決定

全車種のアクスル仕様を調査し、将来の変化予測も加えて自動化設備の仕様対応範囲を決定した。

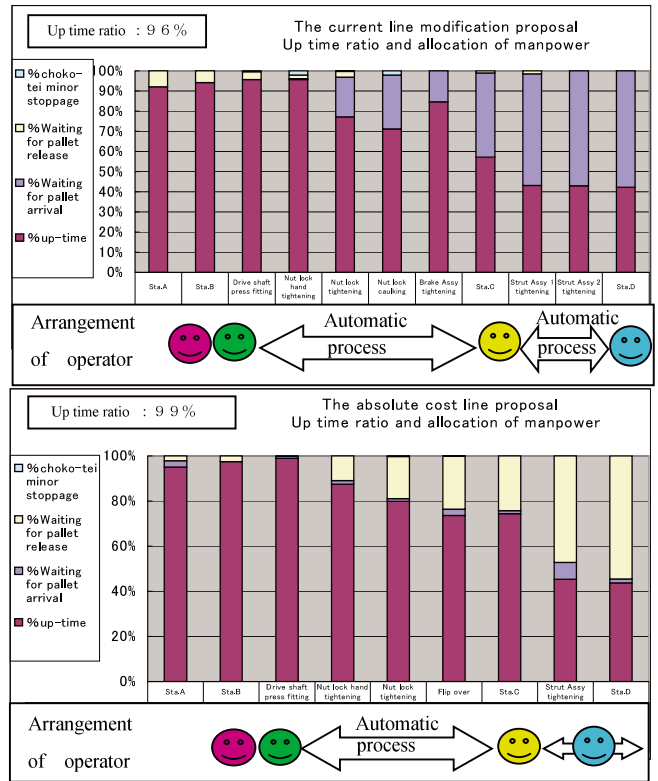


Fig.2 Verification of the Increase of Man Hours

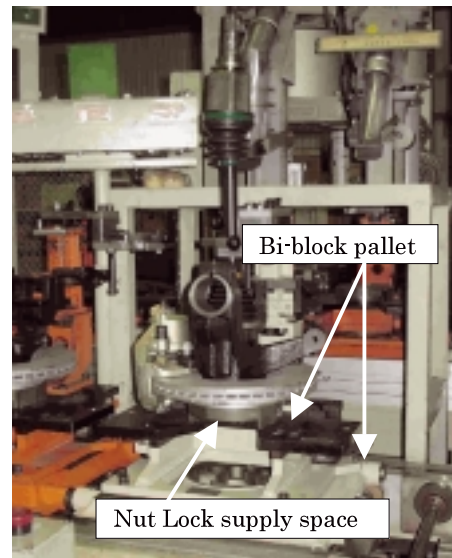


Fig.3 Pallet

5. アクスル組立ラインへの絶対原価の考え方の適用事例と結果

今まで述べた絶対原価の考え方をアクセルのアクスル組立ラインに織り込んだ内容を紹介する (Fig.4)。

5.1 適用事例

- (1) パレット (Fig.3)

パレットのサイズは今後採用予定のディスクプレートで最大の外形寸法まで搭載可能とした。また、ドライブシャ

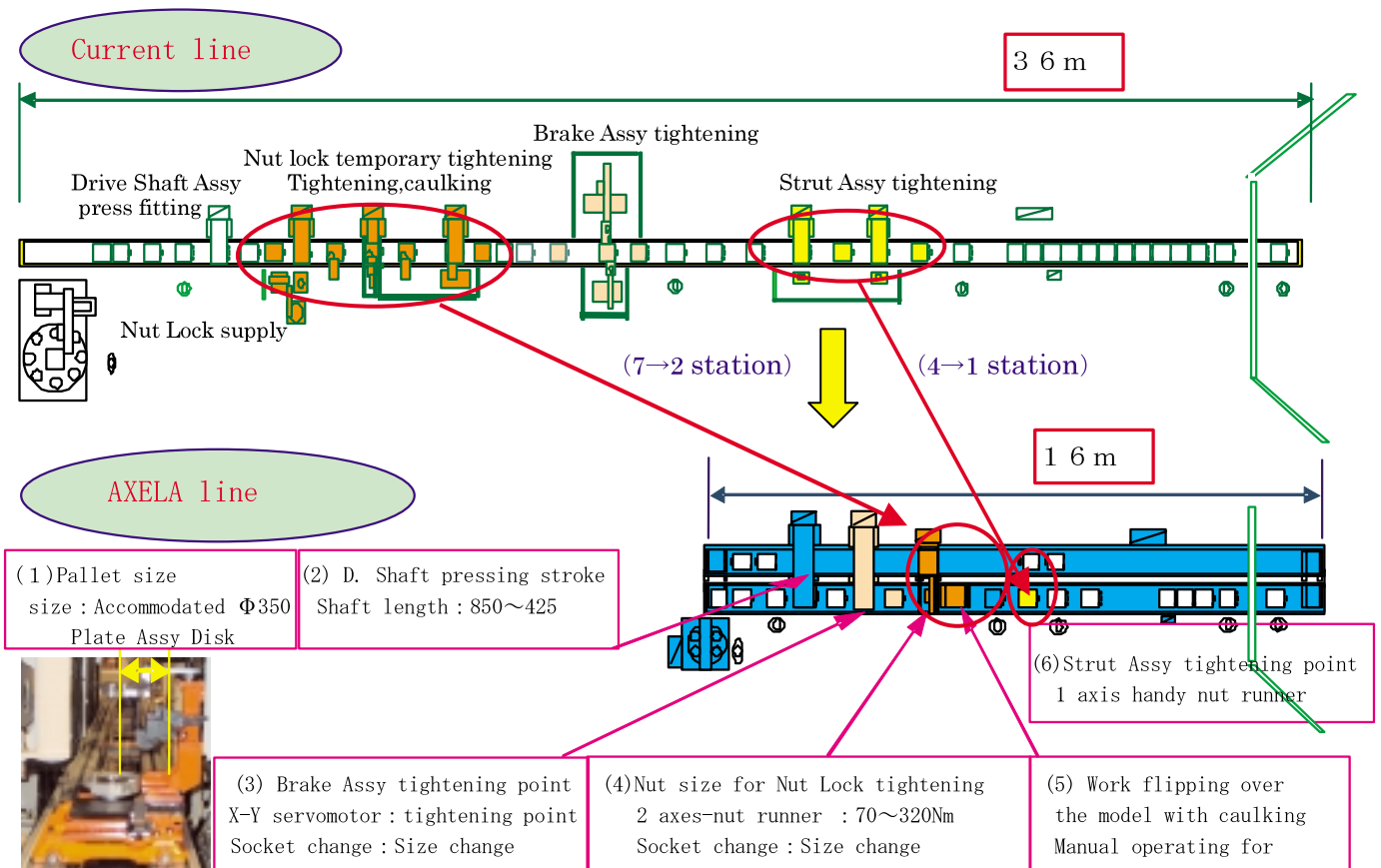


Fig.4 Item for Flexibility Worked into Equipments

フトを保持するクランプ径は今後開発予定の最大トルクに対応する軸径までとした。パレット受け面への基準箇所のサイズ違いは、ハブ外形とディスクプレートの外径とで切り分けて全機種がセットできるようにした。

また、パレットの構造を2分割構造にし、反転装置でパレットを90度反転させて従来のパレット下側の作業を作業者の正面でできるようにした。

同時にパレットの上下ベースプレート間に手が入る隙間と切り欠きを設け、ロックナットの供給を1タッチの手作業でできるようにした。この構造により、パレットの下方からロックナットを自動で供給していた従来の方法を、手作業に置換えることができた。

(2) ドライブシャフト圧入 (Fig.5)

ドライブシャフトの圧入では機種によるドライブシャフトの長さの差を最大425mmまで、中間パンチを切り替えることで対応した。

また、ロックナットを直接手で供給できるように装置の左側を開放した。これにより、ドライブシャフト圧入の前工程の作業者が圧入後にロックナット供給と仮締め作業を工程間移動なしで対応可能になった。

(3) キャリパー締付 (Fig.6)

締付ポイントを自由に設定できるようにNCサーボを採用し、パレット内であればどこでも締付ができるX-Y型ロボットを設置した。これにより、現状水平多関節のロボ

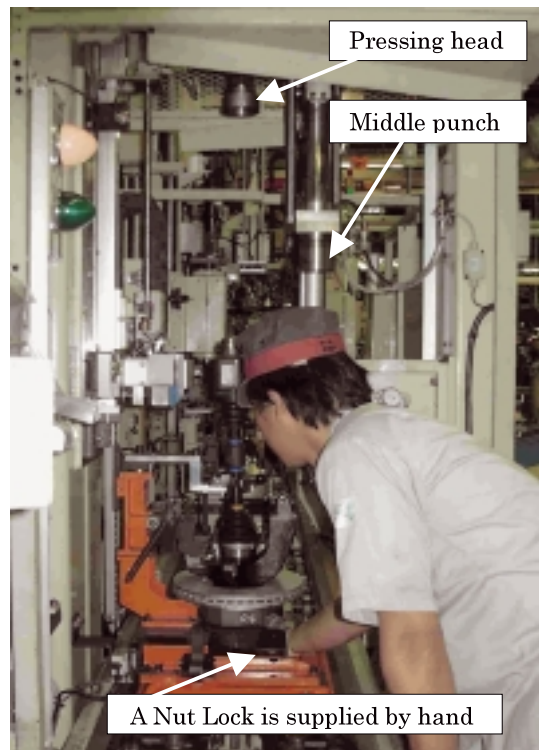


Fig.5 Drive Shaft Assy Press Fitting

ットで締付を行っている場合に比べ、省スペースでステーション間ピッチを小さくでき、パレット搬送距離を短くすることができた。

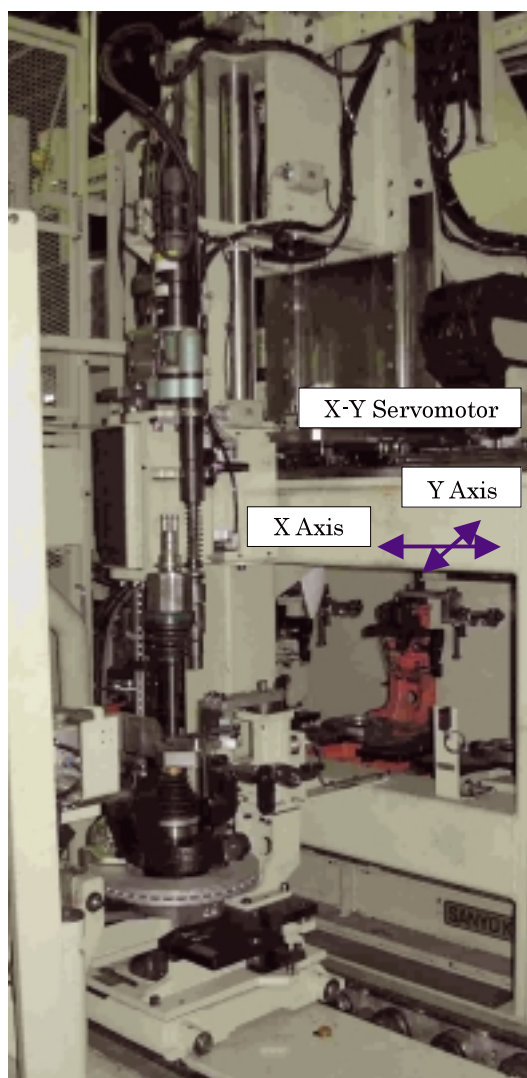


Fig.6 Brake Assy Tightening

ねじサイズが異なる場合は、ソケットチェンジャを設け2タイプまで対応した。

(4) ロックナット締付

2軸のナットランナを切り替えることで、締付トルク70~320Nmまで対応できる。

ねじサイズが異なる場合の対応は、ソケットチェンジャの採用で3タイプまで対応可能にした。

これまで締付不良時の手直しはワークをパレットから降ろして手直し治具台で対応していたが、次に述べるパレットの反転装置を活用しその場での手直しを可能にした。

(5) ロックナットかしめ (Fig.7)

新たにハンディのかしめ具を開発し、従来のパレット下側からの自動かしめを反転装置でパレットごとワークを90度反転させることで、作業者正面からマニュアルでのかしめ作業を可能にした。ハンディ化することでかしめポイントに対するフレキシビリティが確保できた。

これまでかしめ不良時の手直しも、かしめ状態が見えないためパレットから降ろして手直し治具台で対応していたが、パレットを反転させてその場でのハンディかしめを行

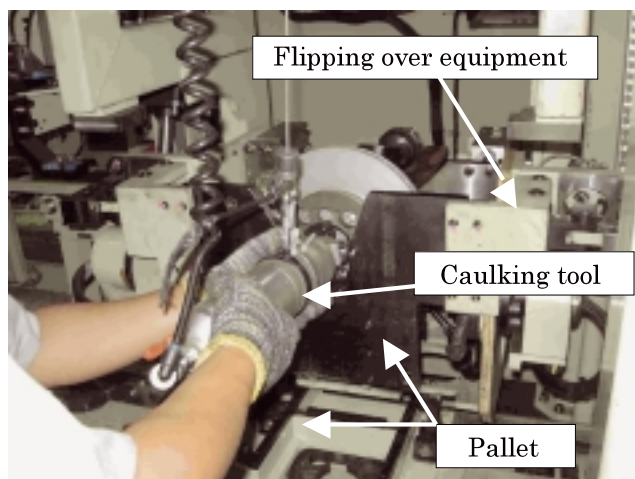


Fig.7 Flipping over equipment and Nut Lock caulking tool

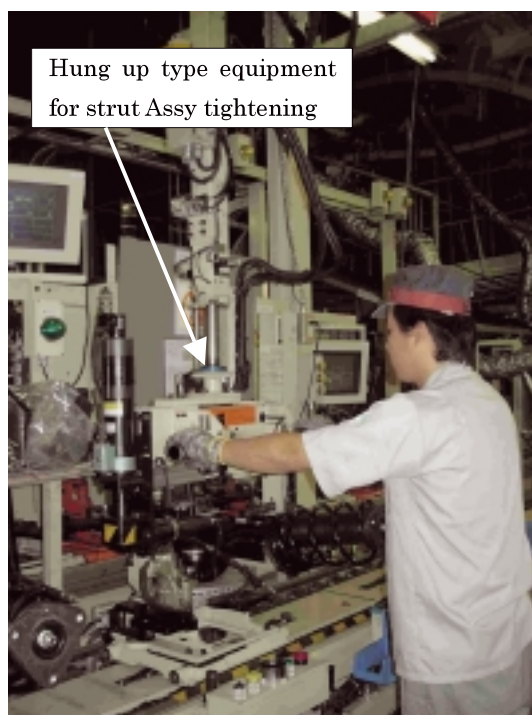


Fig.8 Strut Assy Tightening

うためアクスルを着脱するステーションが不要となった。

上記のロックナットの供給、仮締め、締付およびかしめ工程において、人と設備をうまく共存させることで、従来の7ステーションを2ステーションに集約することができた (Fig.4)

(6) ストラット締付 (Fig.8)

従来は、ストラットの締付は右と左で締付方向が逆であるため、2工程に分けて自動締付を行っていた。今回、1軸の吊り下げ型ハンディナットランナで180度旋回を可能にして、締付位置・軸数の変化に対応した。

締付の位置決めまでは人が操作するが、締付時に装置をロックし、作業者は隣の工程と作業が掛け持ちできる構造・制御にした。この結果、従来の4ステーションを1ステ

ーションに集約することができた。

5.2 結果

以上の取組みにより, Fig.4に示すように現行ラインの全長を36mから16mに半減でき, 配置人員を増やすことなくフレキシビリティの高いラインが実現できた。

6. 成果

6.1 製造原価

アクセラのフロントアクスル組立ラインの製造原価は, ベンチマーク (BM) 比67%まで低減できた。また, 絶対原価達成までの課題の50%を解決できた (Fig.9)。

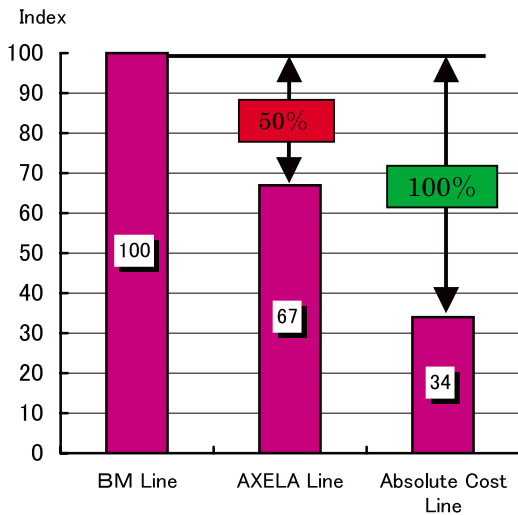


Fig.9 The Manufacturing Cost on Front Axle Assembly Line

Table 1 The Investment for Additional Models into Axela Line

○ : No countermeasures is required

	Drive Shaft Assy press fitting	Brake Assy tightening	Nut Lock tightening	Nut Lock caulking	Strut Assy tightening	Pallet	The ratio of the additional investment
Current model A	○	○	○	○	○	○	0%
Current model B	○	○	○	○	○	○	0%
Current model C	○	○	○	○	○	○	0%
New model D	○	○	○	—	○	○	0%
New model E	○	○	○	—	○	○	0%
Other type model F	○	○	○	○	○	○	0%
Other type model G	Modification of the chucking unit	The addition of a socket	○	—	○	Modification of the clamping unit	3%
Other type model H	○	The addition of a socket	○	—	○	Modification of the clamping unit and the jig	4%
Other type model I	Modification of the pressing head and the chucking unit	The addition of a socket	○	○	○	Modification of the clamping unit	4%
Other type model J	Modification of the pressing head	The addition of a socket	○	○	○	Modification of the clamping unit	5%
Other type model K	Modification of the pressing head and the chucking unit	The addition of a socket	The addition of a socket	The addition of a caulking unit	○	Modification of the clamping unit	7%

6.2 追加投資

今回のアクスル組立ラインで, 他ラインのアクスルを生産する場合の追加投資検証結果をTable 1に示す。パレット治具の改造や要具の追加のみで1車種当たり初期投資の7%以下で対応できることが確認できた。

7. 今後の課題

究極の絶対原価ラインを目指し, タッチ回数の最少化を実現して2姿勢でアクスルAssyを組立完了させるため,

- ① タッチ回数を1回にするためのボカヨケ検知や仮締めを廃止できる部品形状の追究
    - 1工程でタクト内にアクスルAssyを完結できる複合機能を持つ設備の開発
    - 1人の作業者正面に全部品を供給できる物流システムの開発
- に取組む。
- 今後, これらの周辺技術の進展を絶えずウォッチしながら課題解決を図り, 製造原価の低減に継続して取組む。

8. おわりに

アクセラのアクスル組立ラインを計画通りフレキシブルラインに生まれ変わらせることができ, 革新的な発想と地道な努力の重要性を痛感するとともに, マツダのブランドDNAである『反応の優れたハンドリングと性能』を実現する製品仕様に即応できる組立のモデルラインを造りあげることができ, お客様のニーズにスピーディに対応可能なシステムが構築できたと考えている。今後は, アクスル組立の全ラインに水平展開していく。

最後に, この組立ラインの導入に多大なるご協力を頂いた社内外の関係者の方々へ, 深く感謝の意を表します。

著者



金本 巖



戸川善太