低圧遮断器“WS-Vシリーズ”を支える生産技術

妹尾　彰*　司城大輔**
馬場利靖*
村井正俊**

Manufacturing Engineering Support for Low-voltage Circuit-breaker "WS-V Series"

Akira Senoo, Toshiyasu Baba, Masatoshi Murai, Daisuke Sijyo

要　旨

近年の低圧遮断器事業では，グローバル化や競合他社の新機種投入による競争が激化している。このような状況に対応するためには，三菱電機の製品面での競争優位性の更なる向上が必要不可欠である。そこで，2009年度に製品力・コスト対応力を強化し，他社を凌駕(りょうが)する製品“WS-Vシリーズ”を開発し，市場投入した。WS-Vシリーズの開発・市場への投入に伴い，次の点を指向した生産体制を2008年度に着手し，2010年度までの3か年の計画で，生産規模に応じ段階的に設備の導入・立ち上げを行う。

(1)　自動化・省人化

ロボット活用による自動化

(2)　リードタイム短縮

サブ組立ての内製化・自動化，小ロット多サイクル生産

(3)　品質向上・省エネルギー

“e&eco-F@ctory”活用による品質“不良0”の追求，省エネルギー推進

本稿では，WS-Vシリーズの開発に伴い，部品加工～サブ組立て～総組立ての工程で開発初期から設計・工作・品管・研究所と連携し，技術開発を行い成果を得た，

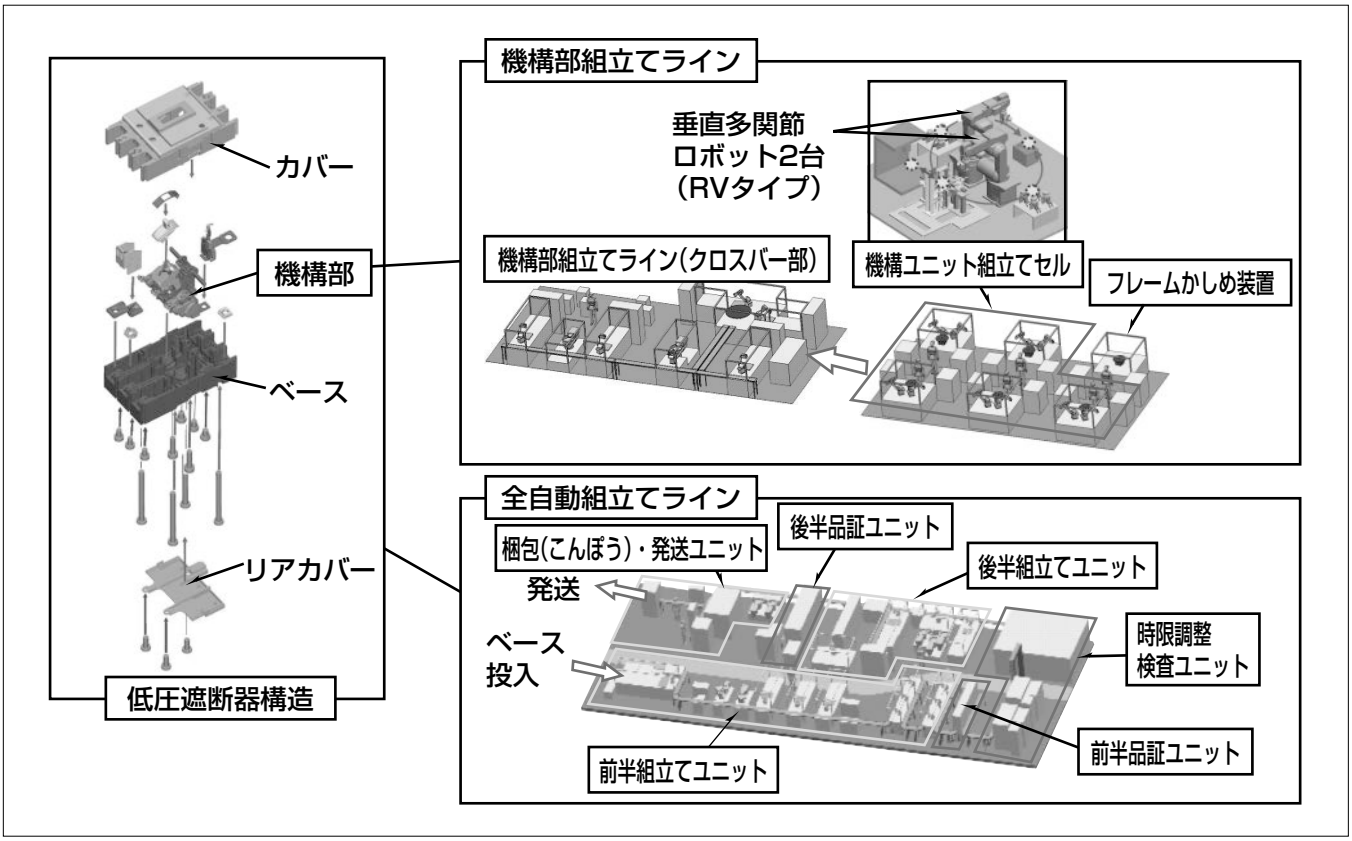
①サブ組立て工程の機構部自動組立て技術開発

②総組立てラインにおけるロボット活用

③e&eco-F@ctoryを活用した生産管理システム構築

④部品加工における材料歩留り・加工効率の向上

などについて述べる。



低圧遮断器の構造と導入設備・技術

導入中である設備・技術の概要を示す。

低圧遮断器は上図左に示す部品で構成され，部品加工～サブ組立て～総組立て・検査工程で最終製品となり出荷される。各工程で生産技術開発を実施し，自動化・省人化，リードタイム短縮，品質向上，省エネルギー化を指向する。

*福山製作所　**生産技術センター

1. まえがき

低圧遮断器(以下“遮断器”という。)では，2001年にWSシリーズを市場投入し，製品力強化に努めてきたが，近年のグローバル競争の激化や競合他社の新機種投入によって，機械市場を中心に当社の製品面での競争優位性の更なる向上が必要不可欠である。そこで，2009年度に製品力・コスト対応力を強化し，他社を凌駕する製品“WS-Vシリーズ”を開発し市場投入した。WS-Vシリーズ生産体制整備では，ロボットを活用した設備を導入し，生産性・リードタイム・品質を徹底追求するため，次の点を指向した生産体制を2008年度から2010年度の3か年で構築する。

(1) 自動化・省人化
ロボット活用による自動化

(2) リードタイム短縮
サブ組立ての内製化・自動化，小ロット多サイクル生産

(3) 品質向上・省エネルギー
e&eco-F@ctory活用による品質改善“不良0”の追求，省エネルギー推進

遮断器の生産工程は次の4工程で構成されており，本稿では，それぞれの工程で新規技術の開発・導入を実施した内容について述べる。

①モールド・プレス品などの部品加工工程
②動作機構を持つ機構部のサブ組立て工程
③導電部などのサブ組立て工程
④ケースなどに機構部ほかを組み込み，検査，出荷などを行う総組立て工程

2. WS-Vシリーズを支える生産技術

2.1 サブ組立て(機構部組立て)

現行生産機種であるWSシリーズの生産体制構築で，サブ組立ての自動化を推進し機構部を除く標準部品のサブ組立ての自動化はほぼ技術確立を完了した。唯一，機構部については，構造の複雑さから外作でのマニュアル組立てで生産対応を行ってきた。今回，開発初期段階から自動組立てを指向した製品・生産技術開発に取り組み，組立て工程の自動化・内製化を図る。これに伴い，総組立てラインと同一フロアでの一貫・同期生産を行い，リードタイムの短縮，省人を実現する(**図1**)。

2.1.1 機構ユニット組立て

機構部は，機構ユニットとクロスバー部によって構成される。ここでは機構ユニットで取り組んだ自動化技術開発について述べる。従来機構ユニットはU字部品で構成されており，一方向からの組立てが困難な構造であり，自動組立て化の推進を阻害してきた。この開発品でも一部部品を除きU字形状の部品を製品機能・コストの面から残さざる得ない状況となり，一方向からの組立ては実現困難であった。そこで，組立て方法・ライン構成における発想の転換を図り，多方向からの組立てや複雑な形状の部品の組み合わせに対応するため，多関節ロボットを活用したセル設備による組立ての検討・技術開発を行い，多種・複雑な部品の組立て作業の自動化技術を確立した。この自動化によって，組立て作業の内製・合理化を実現した。また，組立て作業のロボットセル化によって，生産規模に応じたフレキシブルな生産体制の構築が可能となった。現在，生産規模に合わせた段階的な設備の導入を実施しており，2010年度までに計9セルを導入予定である。この設備は，計13部品の異部品をオートハンドチェンジャーと2台のロボットを交互に動作させ組立て作業の高速化・効率化を図っている(**図2**，**図3**)。

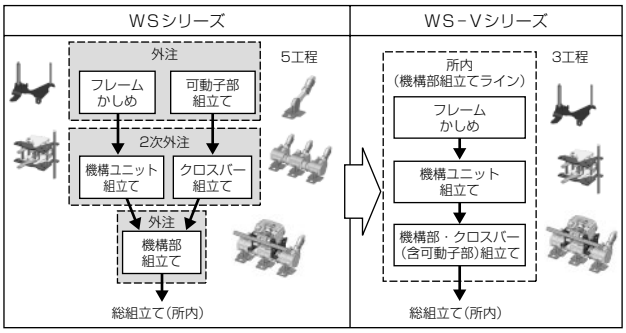


図1．機構部組立て工程フロー比較

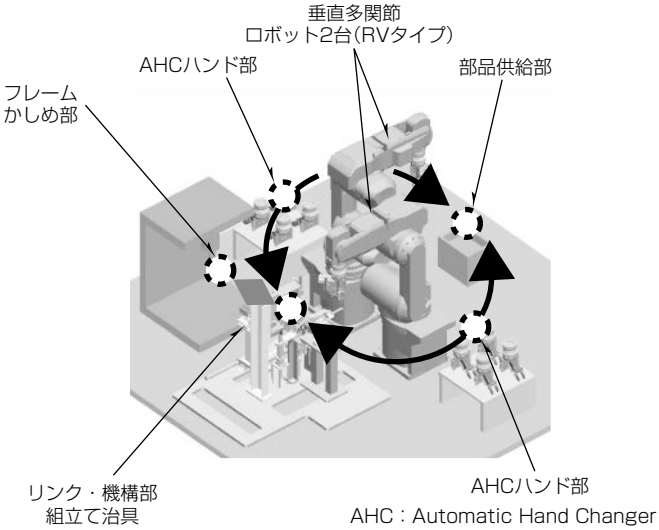


図2．機構ユニット組立てセル

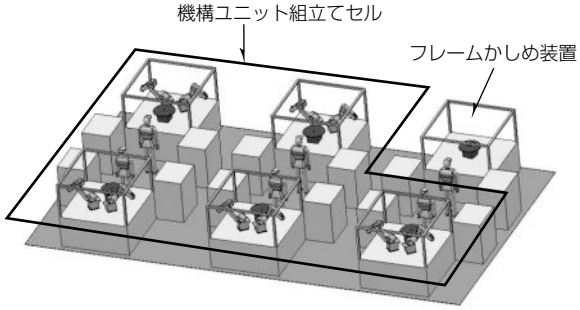


図3．機構ユニット組立てセルエリア

2.1.2　機構部組立てライン

機構部のもう一つの構成部品であるクロスバー部でも，自動化のための製品・生産技術開発に取り組んだ。クロスバー部の構成部品についても多種の部品があり，供給・組立て設備へのロボットの活用を行い，フレキシブルな部品供給・組立て技術を開発し，クロスバー部組立て～クロスバー部と機構ユニットの組立て(連結)までの自動化を実現した。**2.1.1項**で述べた機構ユニットとクロスバー部の自動化によって，機構ユニット～機構部組立て(クロスバー部)までの所内内製化とともに総組立てラインと同一フロアでの一貫・同期生産も行い，リードタイムの大幅な短縮を図った(**図4**)。

2.2　総組立て

総組立てでもユニット組立て同様に，多品種部品への対応と小ロット多サイクル生産への対応が課題である。また同時に，更なる品質・生産性の向上，ロット生産・管理からの脱却を図る必要があった。ここでは，これらの課題解決のために取り組み導入を行った技術について述べる。

2.2.1　全自動組立てライン

全自動組立てラインでも，多品種，異形状部品のフレキシブルな部品供給に対応するため，ロボットの活用を行った。また，個品ごとに張り付けたバーコードによる個品単位での機種切替え可能な方式を導入し，小ロット多サイクルな生産を実現し，仕掛かり削減，段取りロス削減を図る。ライン形態は，従来の直線ラインをU字ライン化し，ラインオペレート作業とラインへの部品供給の動線短縮に伴う効率化によって省人を図る(**図5**)。品質では，個品バーコードを活用し，従来のロット管理から個品管理へ移行し，品質管理・分析の充実を図る。

2.2.2　生産システム

生産システムとしては，従来は“MELSECNET”を採用し，全自動組立てラインの生産管理システムを構築していた。今回の生産体制整備では，生産情報の見える化，高度化とシステム構築の省力化，変更へのフレキシブルな対応をねらい，e&eco－F@ctoryを採用した。主に次の4項のシステムを構築し，全自動組立てラインの品質・生産性向上と省エネルギー推進を実現する。具体的には，①個品ごとの品質データを収集，②工程ごとの検査実施有無・良品確認，③最終出荷工程の全検査の実施・良品確認を行い，後工程への検査飛ばし品の流出と市場流出不具合品の撲滅を図る。

エネルギー管理に関しては，従来の複数設備のブロック単位の管理から設備単位での管理に変更し，更にきめ細かい管理と改善が可能なエネルギー管理システムを構築する(**図6**)。

(1)　生産管理：組立て指示，進捗(しんちょく)管理

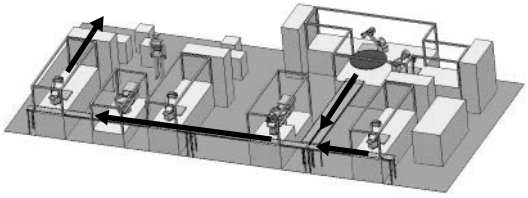


図4．機構部組立てライン(クロスバー部)

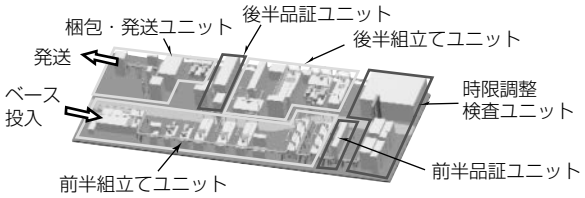


図5．全自動組立てライン

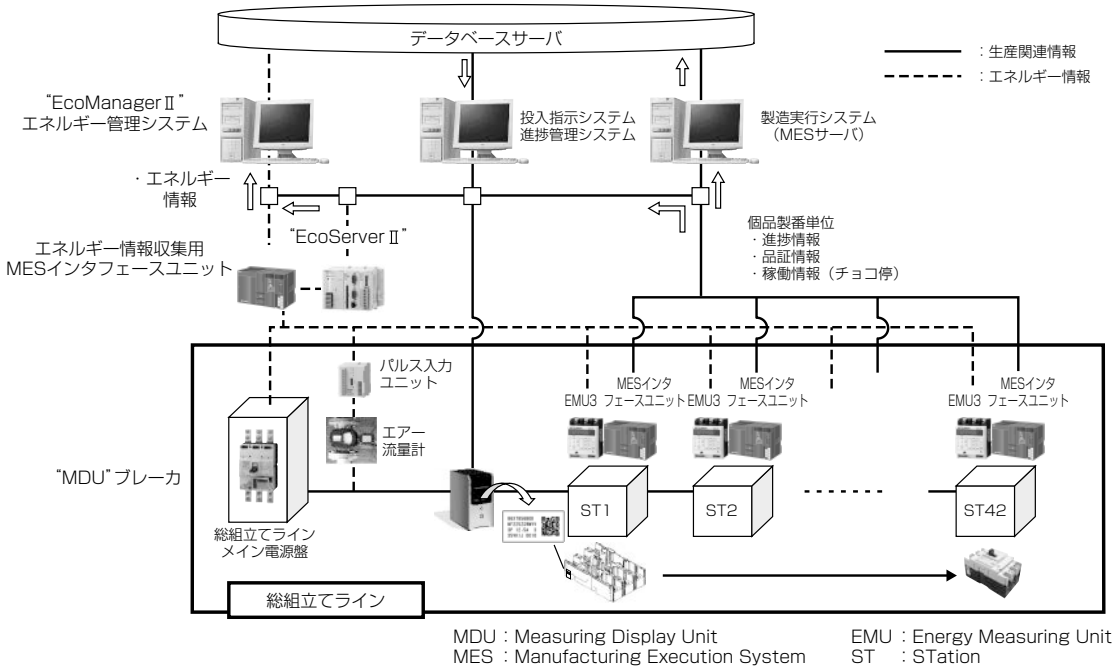


図6．生産システム

図７．生産設計例

⑵　稼働管理：稼働率管理，稼働分析

⑶　品質管理：個品履歴，工程別検査情報，品質分析

⑷　エネルギー管理：原単位管理(ライン，設備別)

2.3　部 品 加 工

遮断器を構成する部品は，筐体(きょうたい)を主とするモールド成形品と鉄・銅(銅合金)材料の機構部・通電部などを主とするプレス加工品である。WS-Vシリーズでは，次の取り組みを実施し，部品の材料歩留りと加工効率の向上を図った。

2.3.1　モールド成形技術

⑴　生産設計の徹底

製品の３Dモデルを作りながら，成形品形状チェッカー(当社福山製作所とCAD(Computer Aided Design)ベンダーとで共同開発)を使い，金型製作性・成形性を確認した。金型部門で14項目をチェックし，製品設計へのフィードバックを行い，金型製作性と成形性の向上を図った(**図７**)。

⑵　モールドCAE(Computer Aided Engineering)での最適型設計と冷却効率アップ

金型設計に着手する前にモールドCAEと試作型での検証を実施し，金型のゲート位置・点数，冷却構造の最適化検討を行った。今回，コアへの吹上冷却構造を増やすことによって，冷却効率向上への有効性が確認できたため，量産型の標準構造として採用し，ハイサイクル成形を実現した(**図８**)。

2.3.2　プレス加工技術

⑴　生産設計による材料歩留り向上

材料単価の高い銅・銅合金，バイメタルについては，部品単価に対する材料費比率が高いため，加工方法を検討しながら，歩留りを上げるための生産設計を実施した。

通常必要となる順送プレス加工での送り桟・縁桟を極力少なくできるよう製品形状を変更し，スクラップの量を削減し，材料歩留りの向上を図った(**図９**)。

⑵　部分冷鍛順送プレス加工による部品一体化加工

順送プレス加工内で，板厚の潰(つぶ)し・R成形などの部分冷鍛加工を行い，部品の一体化・高機能化を図った(**図10**)。

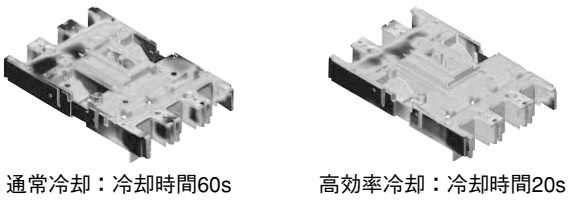


図８．冷却効率と冷却時間によるソリの比較

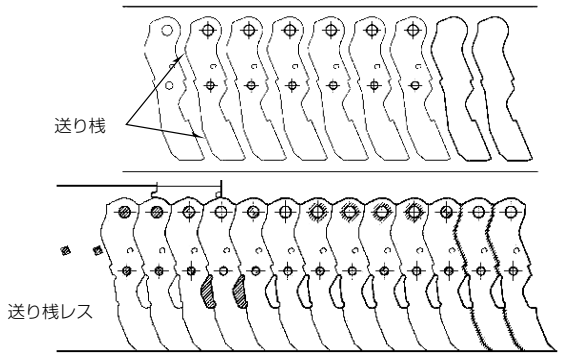


図９．送り桟レスの順送金型レイアウト例

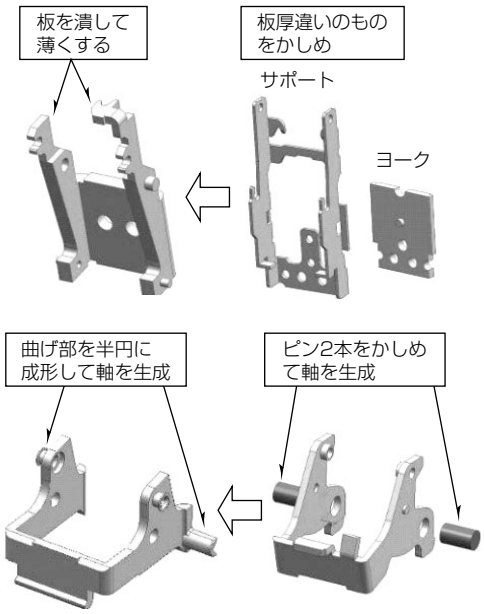


図10．部品一体化加工例

3.　む　す　び

WS-Vシリーズの生産体制構築として，①自動化・省人化，②リードタイム短縮，③品質向上を指向し，2008年度から2010年度の３か年で生産規模に応じ段階的に導入中である生産技術項目について述べた。今回取り組んだ生産技術開発は，開発初期から設計・工作・品管・研究所と連携し行ったフロントローディング活動(生産設計・技術開発・ライン設計)による成果であると考える。今後も引き続き更なる製品力強化，生産技術力の向上のため，更に進化したフロントローディング活動に取り組み，顧客満足を得られる製品・モノづくりにつなげたい。WS-Vシリーズの生産体制は，2010年度に完了を予定しており，当初計画に掲げた目標の必達を目指すとともに，遮断器事業の規模拡大，シェアアップを実現し，重点事業としての強化に貢献する。