

マニュアルモータスタータの製造技術

村井正俊*
江藤基比古*
八木博之**

Manufacturing Technologies of Motor Circuit Breaker

Masatoshi Murai, Motohiko Eto, Hiroyuki Yagi

要旨

マニュアルモータスタータは、配線用遮断器の短絡保護機能とサーマルリレーの過負荷・欠相検出機能を併せ持つスタータで、この一台でモータ回路の保護が可能であるとともに、手動でのモータの始動・停止が可能な機器である。

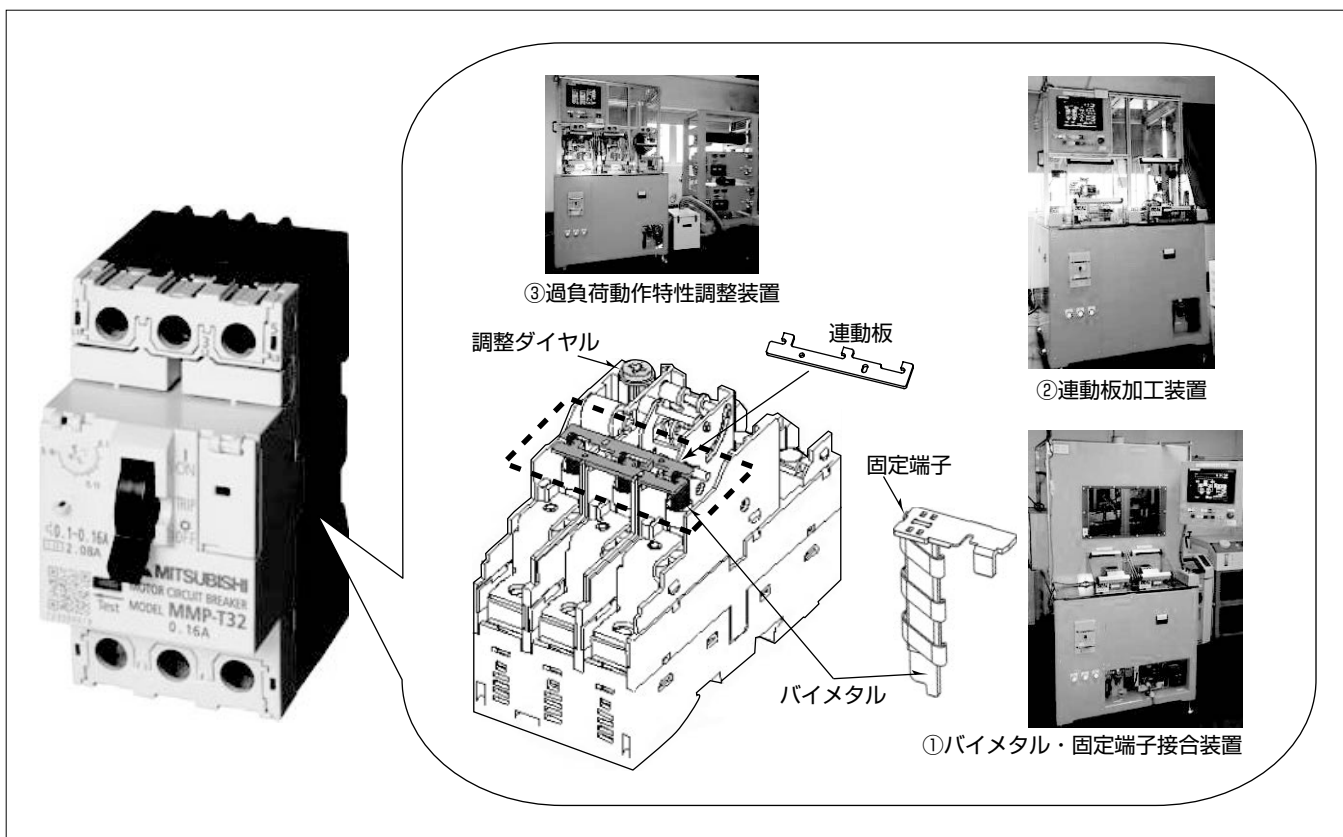
このマニュアルモータスタータには、モータ制御分野で高い安全性と省スペース・省配線及び規格のグローバル対応等が要求されており、高い遮断容量と優れた減流性能を実現することによって、モータ回路の短絡電流定格(SCCR)を配線用遮断器と電磁開閉器の組合せよりも大きく引き上げることが可能であり、機械セットメーカーでの需要が拡大している。

三菱電機はこれらの要求を満たすマニュアルモータスタータ“MMP-Tシリーズ”を開発・市場投入した⁽¹⁾。

MMP-Tシリーズの組立てでは、組立てに要求される精度が高いため、組立て精度向上及び品質安定化と生産性向上を目指し、自動機による製造技術開発に取り組んだ。

本稿では、次の3工程の製造技術開発の内容について述べる。

- (1) バイメタルと固定端子の接合
レーザ溶接適用による溶接信頼性の確保
- (2) 連動板の加工・組立て
バイメタル位置計測結果に基づく連動板加工による連動板のバイメタルへの当接精度の確保
- (3) 調整ダイヤルによる過負荷動作特性の調整
可変通電での調整による動作特性設定精度の確保



マニュアルモータスタータと導入した自動機

マニュアルモータスタータは、固定端子に接合されたバイメタルに過電流が流れ、バイメタルが発熱することで湾曲し、その湾曲に伴い連動板が作動し電路の開放が行われる。このような過負荷動作の特性は調整ダイヤルによって変更可能なことが特徴である。①バイメタル・固定端子接合装置、②連動板加工装置、③過負荷動作特性調整装置を導入し、組立て精度向上と品質安定化及び生産性向上を実現した。

1. ま え が き

マニュアルモータスタータは、①配線用遮断器の短絡保護機能、②サーマルリレーの過負荷・欠相検出機能、③手動スタータのモータの始動・停止機能の一つにまとめた機器であり、この一台でモータ回路を保護できる。

このマニュアルモータスタータには、モータ制御分野で高い安全性と省スペース・省配線及び規格のグローバル対応等が要求されており、高い遮断容量と優れた減流性能を実現することによって、モータ回路の短絡電流定格(SCCR)を配線用遮断器と電磁開閉器の組合せよりも大きく引き上げることが可能であり、機械セットメーカーでの需要が拡大している。

当社はこれらの要求を満たすマニュアルモータスタータMMP-Tシリーズを開発・市場投入した。

製品性能を満足するためには、組立てに要求される精度が高いため、人手による組立てでは要求精度を満足することが難しく生産性が低いことが懸念された。そこで、組立て精度向上と生産性向上を目指し、自動機による製造技術開発に取り組んだ。自動機による組立てを実現することによって併せて品質の安定化も実現した。

本稿では、次の3工程の製造技術開発の内容について述べる。

- (1) バイメタルと固定端子の接合
- (2) 連動板の加工・組立て
- (3) 調整ダイヤルによる過負荷動作特性の調整

2. マニュアルモータスタータの構造と特性

マニュアルモータスタータの構造を図1に示す。マニュアルモータスタータは、主に、①回路を開閉する接触子と電流を遮断する際に発生するアークを消滅させる消弧装置からなる遮断部、②通電電流の過電流や短絡電流を検知して機構部を動作させる過電流引き外し部、③遮断部の接触子の開閉動作を行う開閉機構部、④これらの構成要素を一体にして小形に組み込むベース(モールドケース)で構成している。過電流引き外し部は、各極の過電流を検知するためのバイメタルと、各極のバイメタルの動作を機構部に伝達するための連動板で構成している。また、過電流を検知した時の過負荷動作特性は、調整ダイヤルによって所定の範囲で変更可能なので、使用するモータの容量に合わせた調整での使用が可能である。例えば、呼び定格32Aのマニュアルモータスタータでは、24~32Aの範囲内で電流値を変更して使用できる。調整範囲を示す目盛りは、前面を覆うカバーに印字している。

このようなマニュアルモータスタータの過負荷動作特性を図2に示す。過負荷動作特性を示す曲線は、所定の範囲内では、おおむね電流の大きさに対して反比例する特性と

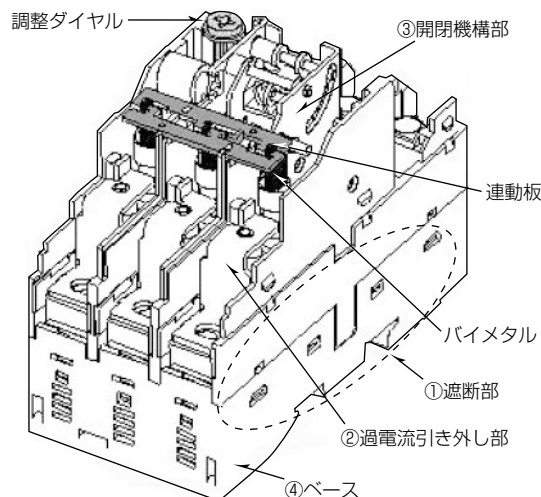


図1. マニュアルモータスタータの構造

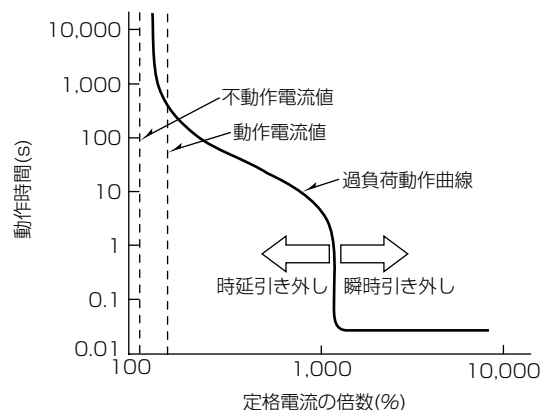


図2. マニュアルモータスタータの過負荷動作特性

なり、一般的に時延引き外し特性と呼ばれる。電流の大きさが一定値を超えるような短絡電流の通電時には、瞬時に電路を遮断する。このような特性を、瞬時引き外し特性と呼ぶ。

時延引き外し特性は、固定端子に接合したバイメタルに過電流が流れ、バイメタルが発熱することで湾曲し、その湾曲に伴い連動板が作動し機構部を動作させることによって電路を開放する。ここで、時延引き外し特性は、JISやIEC(International Electrotechnical Commission)の規格で、不動作電流値と動作電流値に対する動作時間が規定されており、その範囲内での動作が保証される必要がある。

3. マニュアルモータスタータの製造技術

3.1 バイメタルと固定端子の接合

バイメタルは、ベースに固定される固定端子に対し垂直に接合している(図3)。バイメタルと固定端子の接合には、電気的には、接合後の接触抵抗値が小さいこと、機械的には、接合後の固定端子に対するバイメタル直角度のばらつきが少なく十分な強度が保たれることが要求される。また、バイメタルは各極に使用されるので生産性確保のためには

高速な接合方法が求められる。このような要求を満足する接合方法としては、溶接による方法が考えられる。

バイメタルは、熱膨張率が異なる2種類の金属を張り合わせた部品である。そのため低膨張側の金属と高膨張側の金属の材料組成が異なり、各々の側で固定端子との溶接条件を変更する必要がある。また、製品の小型化のためには、省スペースで実現可能な構造に適した溶接方法を採用する必要があった。

そこで、バイメタルと固定端子の接合技術として、熱密度の高いレーザ溶接を用いた自動機によって、高膨張側と低膨張側の溶接パラメータを変更し、レーザ照射の狙い位置を補正しながら高速でバイメタルと固定端子の境界を溶接する方法を確立した(図4)。

溶接品質の安定化のためには、材料選定も重要である。固定端子には腐食防止のためにめっき処理を施しているが、バイメタルの融点に近いめっき材料を選定することによって溶接部の内部欠陥や表面の割れの発生を抑制した。

このような溶接方法を採用することで、十分な生産能力と固定端子へのバイメタルの溶接信頼性を確保した。

3.2 連動板の加工・組立て

連動板は、各極のバイメタルの湾曲量を機構部に伝達する機能を持つため、各極のバイメタルに当接した組立てが要求される。しかしながら、各極のバイメタルの位置は、

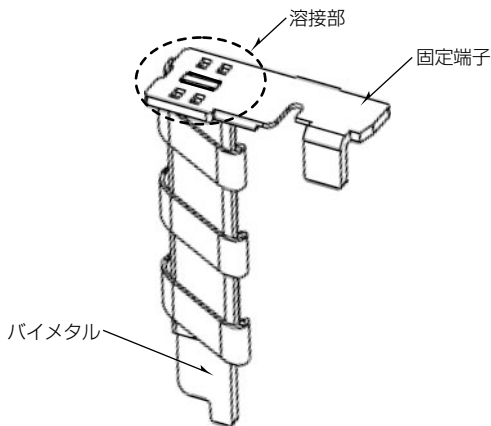


図3. バイメタルと固定端子

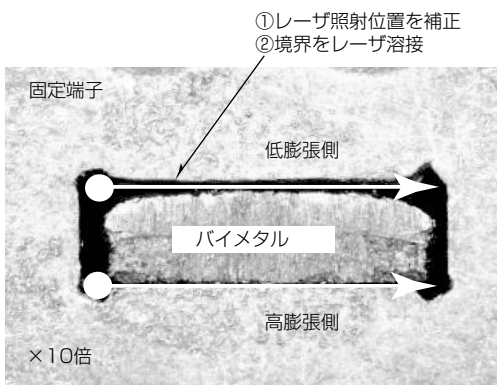


図4. 溶接部拡大

溶接による変形や組立て寸法のばらつきによって大きな誤差を生じる。そのため、組立て後の各極のバイメタルの位置に合わせた連動板の加工・組立てが必要である。また、生産性確保のためには、高速な加工・組立てが求められる。

そこで、連動板の加工・組立て技術として、バイメタル位置を高速で高精度に測定し、その位置情報に合わせて連動板の加工を実現する方法を確立した(図5)。

接触式の変位センサをバイメタルの測定箇所に対接させ、変位センサの当接時の振動と押し付け力によるバイメタルの変形を抑制してバイメタル位置を計測し間隔を計算し、その計算結果を基に連動板の加工寸法を決定し連動板を加工する制御プロセスを開発した。これによって、製品ごとに固有な連動板の間隔を高速で高精度に加工することが可能となり、バイメタルへの連動板の当接精度を確保できた。また、自動機による計測・加工によって生産性向上を実現した。

3.3 調整ダイヤルによる過負荷動作特性の調整

マニュアルモータスタータの過負荷動作特性は、不動作電流値と動作電流値の範囲内での動作が保証される必要がある。電流の通電時間とバイメタル湾曲量の関係から、この動作特性の調整とは、バイメタルの湾曲量が、不動作電流値に対するバイメタル湾曲量と動作電流値に対するバイメタル湾曲量のちょうど中間のバイメタル湾曲量の位置で機構部が動作するように、機構部動作点と連動板との間隔(ギャップ)を調整することである(図6)。

調整ダイヤルで特性の調整が可能な構造であることから、この調整も調整ダイヤルで実施できる。すなわち、バイメ

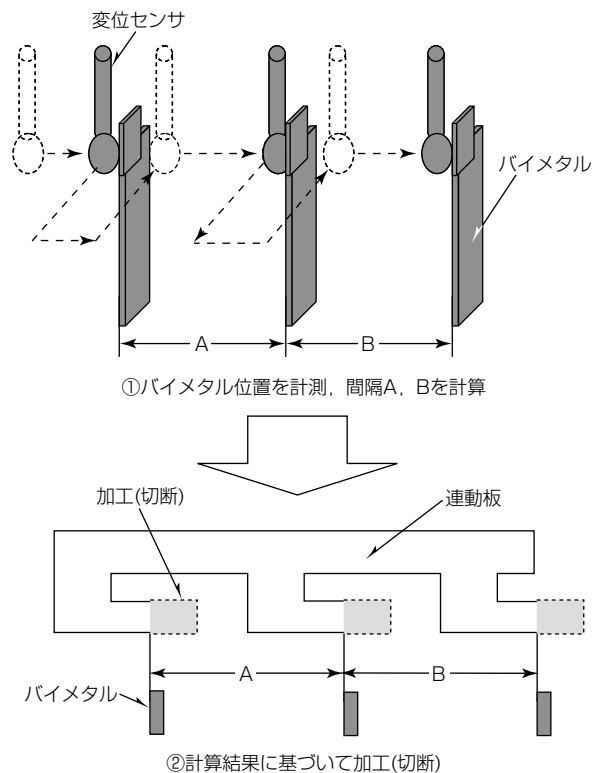


図5. バイメタル位置計測と連動板加工プロセス

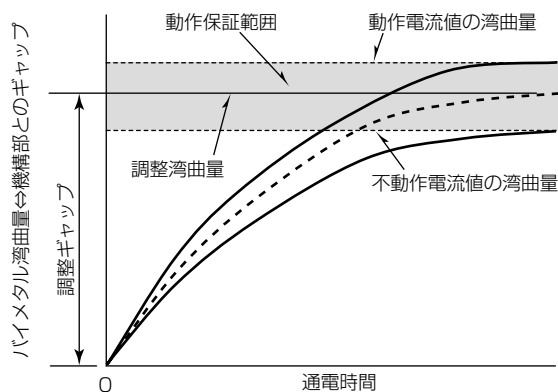


図6. 通電時間とバイメタル湾曲量の関係

タル湾曲量が不動作電流値と動作電流値のそれぞれの湾曲量の間位置になるような通電電流値を、バイメタル湾曲量が安定するまで一定時間通電した後に調整ダイヤルを回転させることで、機構部が動作する調整ダイヤルの角度を検出し目盛りを印字することによって調整できる。

ここで、マニュアルモータスタータの動作特性は、変更可能な範囲の全ての電流値に対して満足する必要がある。最小電流値だけで調整を実施し、一定の目盛りを印字した場合、バイメタル湾曲量などのばらつきによって最大電流値で動作特性の精度が悪くなってしまう。

そこで、マニュアルモータスタータの調整では、まず、最小電流値で調整を実施した後に、最大電流値で同様の調整を実施する可変通電による調整で、個別の電流特性に合わせた目盛りを印字する方法を採用した。調整ダイヤルとカバーに最小電流値と最大電流値における目盛りを製品ごとに印字することによって、変更可能な範囲の全ての電流値で高精度に動作特性を確保することを可能とした(図7)。また、各電流値での調整と目盛りの印字を自動機で実施することによって生産性向上を実現した。

製品ごとに異なる目盛りを印字するために、最終調整位置である最大電流値の調整ダイヤル位置で、カバー側に最大目盛りを、調整ダイヤル側に基準マークを印字、また、当該位置を基準として調整結果に基づいた目盛り間隔分だけ反時計方向の位置に最小電流値の目盛りを印字する。その結果、製品固有に調整ダイヤルへの基準マークの印字位置とカバー側の目盛り印字の間隔が異なっていることが特徴である。

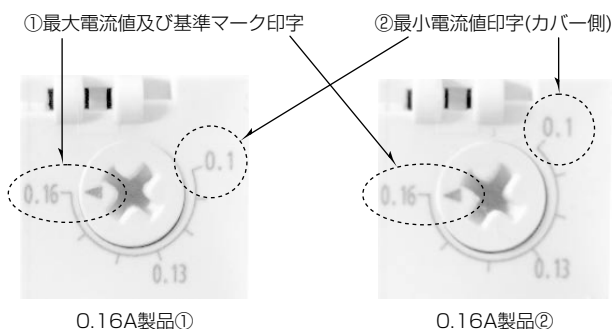
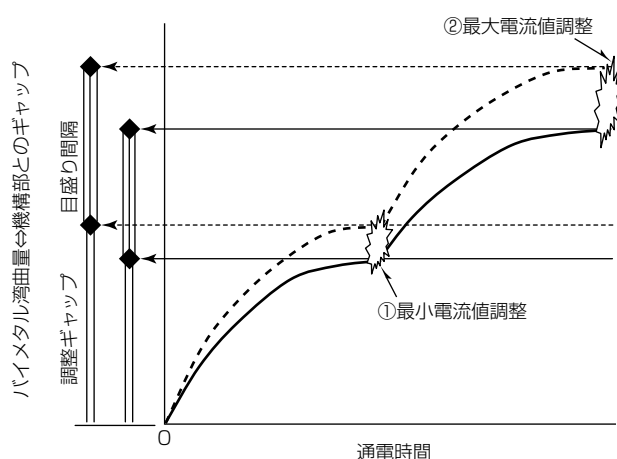


図7. 可変通電による調整プロセス

4. む す び

マニュアルモータスタータの製造技術開発として、組立て精度向上と品質安定化及び生産性向上を目指し、自動機による製造技術開発に取り組んだ。本稿では次の3工程の製造技術開発の内容について述べた。

- (1) バイメタルと固定端子の接合
- (2) 連動板の加工・組立て
- (3) 過負荷動作特性の調整

今後も、製造技術の革新と自動機の導入促進によって組立て精度向上と品質の安定化及び生産性向上に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 野崎洋之：マニュアルモータスタータ“MMP-Tシリーズ”，三菱電機技報，87，No.10，596～599（2013）