

大型モータ修理技術の一大革命

協立電機工業株式会社
取締役営業部長 藤本俊実

はじめに

現在電動機（モータ）は、目立つ存在ではありませんがすべての生産工場で使用されているといっても良いでしょう。また、たとえば浄水場や下水処理場など生産工場以外の公共設備においても非常に多く使用されております。これらのところで使用されているモータは、故障や修理などのために停止するとその機能がすべて止まってしまうという大変重要な役目を持っています。特に大型電動機（モータ）は、設備費が高額なために買い替えではなく、整備や修理のニーズが高まっており、整備や修理後の運転年数が伸びるほど経費や管理費の削減になり、高い信頼性と精度が要求されるようになりました。その上、短期間ででの復旧が強く要求されています。

今回弊社は、設備の導入と内製化、工程改善でモータの整備と修理の短縮化を実現しました。

当社の事業内容

弊社は昭和 20 年(1945 年)の創業以来、京浜地区より静岡県にわたる広範囲の会社工場や公共施設、タワークレーン用の電源設備をはじめとしてポンプの整備、修理モータの修理をしてきました。

モータと言っても直流モータ、交流モータ、巻線型モータ、ギアモータ、ブレーキ付きなど多くの種類のモータがあります。その製造者は国内だけでなく海外メーカーもあり、その大きさも各種あります。当社ではその重量で7トン、高さ2メートル、長さ、幅2メートル程度のモータは国内海外を問わず当社の工場内で修理に対応しています。

更にモータを付随する設備には陸上型の渦巻きポンプから浄水場や下水処理場で使われている水中ポンプ、高圧電源設備、マグネットのコイル、ブレーキ用コイルなどもあり、これらの設備の修理や脱着、整備工事も行います。

モータ整備に対するお客様からの要求の変化

弊社では小型モータのコイル巻替えなどはおお客様のご要望に添える様に修理をすることを目標にしています。特に最近は、お客様の要望や要求は短納期化及び高品質と高信頼性の要求へ大きく変化しています。緊急時には朝、連絡をいただき、翌日の午後に修理完成という対応を目標にしております。

1 修理の短納期化

(1) 突発のモータ故障により生産ラインが止まる。

よくあるのが「モータが焼損して生産ラインが止まっているので何とかして下さい」といった緊急(早期)復旧依頼があり、可能な限り現場に急行し素早く対応します。

(2) 稼働停止期間内の整備依頼

生産ラインに使用されている設備ではお客様の生産状況により、稼働停止期間を設けてこの期間内での整備依頼を受けております。たとえば5月のゴールデンウィーク期間中や夏休み、年末年始など生産設備を止める長期間の休暇の間に修理やメンテナンスの依頼を受けております。

2 高品質と高信頼性

(1) 重要な生産ラインに使用しており、モータが止まると工場生産が止まる。

生産工場では1台モータが止まると工場全体が止まることもあり、モータが止まると製造工場では1時間止まるだけで数百万円、数千万円の大きな生産損失に結びつくことになります。また従業員の作業も出来なくなり、生産は上がりず会社にとって大きな損害となります。そのため修理整備依頼されたモータは少しでも長く、故障せずに使用に耐える高い品質と信頼性が要求されます

(2) 上下水設備等に使用され安定的な運転が要求される

国や県、市などでは公共事業で上

下水道設備では沢山のモータが使われております。これらの設備には定期的な修理やメンテナンスなど計画通り整備を実施しておりますが突発的な故障の発生が問題で、高い品質と信頼性が要求されます。

協立電機工業の使命

これらの社会的な期待に応えて弊社では急なモータトラブルに対し早期復旧し、生産現場では生産ロスの軽減、上下水道設備等では安心できる運用にレベルの高い修繕で新品以上の機能をもった高品質、高精度かつ長寿命のモータを提供することでトラブルのより少ないモータに仕上げることで社会に貢献することを使命としています。

修理の手順

モータは固定子コイル、回転子、ブラケット及びその他の部品から構成されています。今回の改善に関する理解のために修理受付から出荷までの手順を示すと次のようになります。

- 1 修理を受け付けると絶縁抵抗及び巻き線抵抗の電氣的検査に加えて、軸の振れの検査をする。
- 2 軸を手回しし、機械的に運転可能かどうかを確認する。(回るか回らないかのテスト)
- 3-1 運転可能なモータは無負荷運転をして電圧電流測定をし、温度上昇の確認を行う。同時に振動を確認する。運転可能なもの

は、この段階で修理の必要な部分の目安がわかる。

- 3-2 運転の不可能なものは直接分解に取り掛かる。
- 4 固定子コイル、回転子、ブラケットに分解される。

回転子



- 5 それぞれの部品を良品と不良品に分類する。
- 6 コイルの修理
- 6-1 問題がないと判断されたコイルの良品は洗浄し、乾燥し、仕上げ処理をする。
- 6-2 不良品と判断したコイルは巻替えが必要になる。

コイルを更に分解し、各部分を洗浄、乾燥、絶縁紙を交換し、巻替えを行い、ワニス処理し完成する。

- 7 ブラケットハウジングの修理
- 7-1 回転子とトブラケット間に摩擦を確認できればその部品の修理をする。

ベアリングの嵌め合い部分が摩耗することで異常な振動の原因となる。

摩耗部を溶接し（これを溶射加工という）旋盤加工を実施する。

溶接は乗りを良くするために加工面を洗浄し、母材を乾燥室で温めてから行う。

- 7-2 異常な振動がなければハウジング及びその付属部品は目視検査を行い、汚れは洗浄し、破損部品は交換する。
- 8 電動機組立 すべての部品に問題ないことを確認し、組み立てる。
- 9 完成検査として無負荷運転を行い、電気性能の検査を行う。
- 9-1 軸ぶれ、振動測定を行い問題がないことを確認し外観を塗装する。
- 9-2 無負荷運転で動作を確認する。
この段階で振動不良を発見すれば再度分解する。回転子のバランス調整を行い、確認の上、再組み立てとなる。
- 10 出荷検査を行い、検査データを確認して出荷する。

納期短縮改善対策

モータに使用されているコイル巻替作業だけで従来1週間かかり、これでも社内的には早いと言われておりました。しかし、世間的には一日でも早く復旧を要求されており、お客様の修理復旧の短縮化の要求が段々高くなったため次のような対策を実施しました。

1 動釣合い試験機の採用と内製化への転換

モータは修理依頼があると回転子のバランスが悪いかどうか修理する前に確認したい。ベアリング不良や金属摩耗の影響で振動値が基準値を越えることがあり回転子のバランスが悪いと修理に手順が全く変わってくる。しかし、当時、弊社ではモータの回転子のバランスの良否を測定できる装置（動釣合い試験機）を所有していませんでした。受入試運転が可能なモータでもバランスの良否の検査は外注先に依頼しておりその都度予約が必要でした。いくら緊急性を要する修理依頼でも修理について当方の希望通りにならずに大変困っておりました。バランスの検査は、修理し再度組み立て後の検査確認にも必要です。バランス検査をせずに修理作業をすすめて、最終検査でバランス不良が発見されると再び分解して修理する必要があるため修理期間が更に長引く原因となっていました。外注先のバランス検査には約1週間程度期間がかかっていました。突発的に発生した整備依頼に対して直ちに作業を始めてもバランス検査のために納期が長引く原因となっていたのです。そこで動釣合い試験機を購入し、弊社でバランス検査を実施することを始めました。この採用により、モータの状況や緊急状態に応じて外注先の日程に左右されずに弊社の計画通りにバランス検査ができることになり、モータ整備の9日間が

最短2日間に短縮できました。

動釣合い試験機の購入では1300万円を超える高額な投資を必要としました。この金額は弊社にとって大きな負担となる投資でしたが幸い平成27年度補正「ものづくり・商業・サービス新展開支援補助金」を受けることができました。この補助金については後述します。

新規採用した動釣合い試験機本体



2 溶射加工の採用

モータのベアリングの嵌め合い部分が摩耗することで発生するモータの故障があります。今までこの修理は摩耗部を溶接し旋盤加工を実施していましたが、溶接の乗りを良くするために加工面を洗浄し、母材を乾燥室で温めてから作業をするためにすぐに作業に取り掛かれませんでした。

対策として溶接作業をやめて溶射加工を採用しました。溶射とは旋盤にシャフトやブラケットを乗せて下削りをして金属パウダーをアセチレンガスで溶かしながら加工面に盛り、盛った後に基準値の加工精度まで削り込む方法です。

溶射加工の採用で修理依頼されて

ベアリングの嵌めあい部分の摩耗を確認できればモータを運び込んですぐに作業が開始できるようになったのです。摩耗の修理が完了するまで1カ所8時間以上必要としていた作業が最短2時間にて修理可能となりました。この変更で修理作業時間の大幅な短縮化を実現できました。

3 コイル巻替修理の短納期化

コイル巻替修理は、コイル検査、コイル解体、鉄心清掃、コイル製作、コイル組入、結線の工程となります。従来の各工程の作業を作業標準書に記録し、それぞれの作業を見直し、無駄な作業をなくし必要最小限の作業を残し、標準化をしました。

コイル解体、鉄心清掃では、コイル抜き後の鉄心手入れ（清掃作業）は従来手作業で行っておりました。モータコイルはワニスで硬化させるために手作業の場合絶縁物やワニスが残ります。これをきれいに除去しないと新しいコイルをつけた時にキズをつける恐れがあります。この清掃作業を投射材にセラミック系のアルミナを使用するショットブラストに変更しました。これによりこの種の心配がなくなると共に作業時間が4分の1に短縮できました。

またコイル組入れ後のはんだ付け結線作業の前にエナメル線のエナメル被覆を1本1本剥離する必要がありました。これに結構時間がかかります。銀ロウ溶接では被覆をはがす必要がありません。直接コイルを溶かし銀ロウで固めるのです。これに

より、コイルの巻替え作業が5日間から最短10時間で完了させることを実現できました。

採用したショットブラスト



巻替え完了したコイル



修理品の性能の改善

1 コイルの絶縁階級のグレードアップ

汎用品のモータは絶縁物の許容される最高温度により、E種、B種、F種など区分されています。その温度を越えなければ絶縁物が溶けない最大温度を示しており、絶縁階級がE種は120℃、B種は130℃、F種は155℃になっています。普通汎用品にはE種及びB種の絶縁材料が使用されています。弊社では巻替修理の際

155℃まで耐えられる F 種の絶縁材料を使って巻替を実施することに変更しました。弊社に修理依頼されたモータは巻替修理がなされた段階ですべて納入時には耐熱性が 1 ランク優れたモータになって出荷されるのです。

絶縁階級のランクアップはお客様にとって目で見えるわけではありませんが品質や信頼性の点でグレードアップになっており寿命が延びていると確信しています。

2 金属摩耗部の耐摩耗性の強化 耐摩耗性、耐腐食性の向上

モータのベアリングの嵌め合い部分が摩耗修理の際、溶接から溶射に変更し、旋盤加工をしていると先に説明しました。溶射作業により摩耗部が焼き入れ状態となりこの部分の硬度が増す結果となります。摩耗部には特殊鋼 S45C の材料を使用しますがこの溶射により焼き入りされます。この焼き入れによりこの部分は硬度が一般的なモータより摩耗に対して更に堅牢になっています。

その上この加工面に目に見えない巣穴ができ、この巣穴に潤滑油が入り、これが耐腐食性も向上させていることも判明しました。金属摩耗部の溶接を溶射に変更することにより、耐摩耗性、耐腐食性を向上する効果を与えているのです。

3 振動の少ないモータへの改善

モータには JIS で決められた回転体のつり合い良さ等級基準がありま

す。汎用品モータはメーカーの運転時の振動値変位を $25\mu\text{m}$ 以下、2.5 G 以下の基準値で調整出荷しています。弊社ではモータの運転試験に振動値変位の基準値を $15\mu\text{m}$ 以下、1 G に押さえて社内基準として出荷することを目標としています。

当初修理依頼のあった時汎用品モータの回転子の釣合い良さ等級 2.5 G であったモータが弊社出荷時には基準の 1G 等級に引き上げ、振動値の少ないモータの提供が可能となったのです。これらの改善は回転子のコイルの巻き線作業の精度が大きく関連しており、弊社の作業技術水準の高さを示すものです。

修理前の固定子



修理され美しくなった固定子



補助金に助けられた設備投資

先にも述べましたが今回の動釣合い試験機の導入では平成 27 年度補正「ものづくり・商業・サービス新展開支援補助金」に応募し、採用され、780 万円の補助金を受けることができました。この制度は、中小企業の経営改善に効果のある設備の導入や取り組みに対して 3 分の 2 の補助金が受けられるものです。

会社にとって大きな金額の設備投資は大きな問題です。高額な設備投資の 3 分の 1 は自社負担となりますがこの支援は大変大きい金額です。

今回の動釣合い試験機の導入に当たり、弊社のモータの修理の納期改善や品質や信頼性の向上に大きな効果があったと同時に経営事業活動にも大きな影響を与えました。

この制度への応募に当たり、事業計画の書類の作成、会社の状況、経営方針の見直しなど会社の取り組みや社会的意義が確認など説明すると共に全社的な取り組みを実施しました。

この補助金の申請を通して修理品の短納期、高品質のモータを提供することに全社員が衆知を集めて取り組むことにより、その進行とともに社員全体の意識も少しずつ変わり、納期改善に関するアイデアを提供しようという気持が大きくなったのです。

大きく変わった社員の意識

この改善活動を通して社員の修理

時間に対する意識の大きな変化です。それまで確実に修理をすることだけに意識が向き、作業の一つ一つが丁寧になりすぎていたきらいがありました。確実な修理をすることは最も大切なことですが修理依頼されたお客様の設備の稼働の停止時間の短縮はもっと重要なことなのです。

修理の各工程での改善による時間短縮は当社にとって重要なことですが修理依頼されたお客様の気持ちを意識した仕事をすることの重要性を学びました。

修理を担当する全社員の意識の変化が修理時間の短縮に大きく影響したことは間違いありません。

今後も短納期、高品質のモータを提供できるよう作業改善を進め、更に継続的に社会貢献ができる会社にしたいと思います。

藤本 俊実（ふじもと としみ）

1977 年生まれ。平塚工業高等学校 電気科卒業。協立電機工業株式会社入社、

入社後、製造部組立班、試験班、巻線班を経て 2015 年取締役営業部長に就任。現在に至る。