

回転機械の信頼性向上、寿命延長とメンテナンスコスト削減のために

～レーザアライメントシステムの導入による改善～

(株)ティエルブイ
メンテナンスグループ 八木聡

現在、我が国では、規制緩和に伴いプラントの連続運転化とメンテナンス周期延長の試みが進められており、設備の信頼性向上が課題となっている。規制緩和が早くから進んでいる欧米先進国では、自己責任のもと、プラントの連続運転に早くからチャレンジし、信頼性を上げるために様々な改善を行い、成果を上げてきた。その結果、回転機では平均故障周期(MTBF)^{*1}が8.6年と長い化学会社もある。これらの会社で共通していることは、回転機械のメンテナンスにおいてレーザアライメント^{*2}を標準作業方式とすることで、作業者の技能レベルとアライメント品質の向上を図り、ミスアライメントの発生を防止する仕組みを構築していることである。そして、このことによって重要回転機だけでなく、一般のポンプやブローアなど、回転機械全体、ひいてはプラント全

体の運転の信頼性を高めることに寄与している。

一方、国内では、仕上げ技能者の高齢化とリタイア、要員の減少、そして若手への技術と技能伝承等の問題を抱えている企業やミスアライメントが原因で、短期間に設備を故障停止させたてしまった工場では、レーザアライメントを採用するケースが増加している。

レーザアライメントシステム

レーザアライメントシステムは、1980年代後半にドイツで開発され、国内に導入された。第1世代のシステム(オプタライン)は半導体レーザと専用コンピュータを組み合わせた技術であった。特に米国では、操作を覚えれば誰でもアライメント作業が行え、しかもデータによる品質管理ができ

ることから、いち早くアライメントの標準作業ツールとして多くのプラントで採用されていった。一方国内は、その当時の熟練仕上げ作業員から、センサーのセットやキー操作しなければならない、またレーザ光線が見えないなど、使い勝手が悪いと嫌われることが多かった。しかしその後、取付けを簡便にするためにチェーン^{*3}や磁石式のブラケットが開発され、可視レーザの採用、画面の日本語表示など、約20年もの間に、使用者の立場になって何度か改良が加えられた(図1)。

第3世代のロータラインは、誰でも、簡単に、素早く作業の出来る、使い易いアライメントツールとして評価して頂けるものとなり、最新の第4世代のロータラインウルトラでは最新のコンピュータテクノロジーを採用し、さらにパワフルなものになっている。



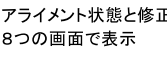
	第1世代 1980年～1992年 OPTALIGN (オプタライン)	第2世代 1992年～1995年 OPTALIGN-V (オプタラインV)	第3世代 1995年～2004年 ROTALIGN (ロータライン)	第4世代 2005年～ ROTALIGN ULTRA (ロータラインウルトラ)
システム設置	●ベルト式ブラケット取付 ●不可視レーザ(クラス1)	●ベルト式ブラケット取付 ●可視レーザ(クラス2)	●チェーン式ブラケット取付 ●可視レーザ(クラス2)	
測定	●傾斜計で測定角度を合わせ0.3.6.9で指示入力 (M-0-ENT) ●原則360° 計測 最低180°	●原則360° 計測 最低90°	●自動角度計測 ●最低90° 以上の測定 ●5種類の測定モード ●測定値の平均化により振動の影響排除	
操作	 キーの操作手順を完全に覚える必要あり		●3つのマスターキーと画面の日本語キーでナビゲーション ●キー操作回数が27⇒9に減少	●3つのマスターキーと日本語画面によるナビゲーション
計測結果と修正量	 アライメント状態と修正量を8つの画面で表示	●アライメント状態と修正量は8つの画面で表示 ●芯ずれ、面開きの状態をシンボル表示	アライメント状態と修正量を図と数値の両方で判り易く表示	●アライメント状態と修正量を図と数値の両方で判り易く表示 ●リアルな機械画像 ●最大14台の機械列表示

図1●レーザアライメントシステムの機能変遷

*1 平均故障周期 MTBF (meantime between failures)
MTBF=製品の稼働時間 / 故障件数。長ければ長いほど製品の安定性が高い。改善をしていく上で、MTBFは改善効果を定量的に示す。

*2 アライメント 回転機の運転中の回転軸心を一致させるため機械の位置を正しく調整すること。

*3 ブラケット 取り付け器具のこと。

ROTALIGN ULTRA

ロータライン
ウルトラ

ロータラインウルトラは、第1世代のオプタラインをお使い頂いたユーザーからの改良要望に応えることによって作られたロータラインに、最新のコンピュータテクノロジーを駆使して、高速で、実際の機械のような画像など、オプタラインと比較して、次のような大きな改良が加えられている。

1 セットアップが簡単

1. シングル可視レーザー光線の採用
2. チェーン式を標準ブラケットに採用、他にもマグネット式ブラケットの充実
3. レーザ光軸は画面を見ながら簡単に調整

2 計測

1. 角度計を内蔵し、データの再現性をアップ
2. 任意の位置から、どの方向へでも、90°以上軸を回せばOK
3. 測定のコオリティを確認できる測定の標準偏差値
4. 設備に合わせて使用できる4つの計測モード
5. カップリング間が10mまで測定可能

3 表示

1. リアルでカラフルな機械画像
2. 画面の日本語表示
3. 1つの画面で、グラフィックにアライメント状態と数値で修正量を表示
4. 最大14台の機械列のアライメント状態と修正量を表示

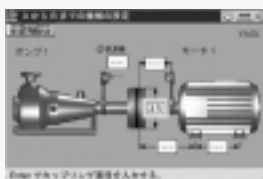


図2●第4世代 ROTALIGN ULTRA

4 修正

1. シミュレーション機能で無駄な修正作業を防止
2. リアルタイムにモニタリングして機械の水平移動修正
3. オフセット値を考慮したアライメントが可能
4. 基準機、固定脚を必要に応じて変更可能^{*4}
5. ソフトフットの検出と修正



5 記録及びデータ保存

1. 本体内に200件以上のデータ保管が可能
2. ソフトでパソコンにデータ保存及び印刷可能

6 規格

1. 本体及びセンサなどはIP65に適合
2. 強力な充電式バッテリーを採用

7 3つのソフトを追加・インストール可能

1. 運転中のアライメント変化
2. 平坦度測定
3. ポアの中心位置測定^{*5}

*4 ソフトフット 脚のガタ。ネコアシ、天秤を踏むとも表現される。一つの機械脚のボルトを締めるか緩めるかによって機械フレームを变形させてしまう恐れも。

*5 ポア 機械ケーシングにドリルなどで開けた穴。

ROTALIGN ULTRA

システム構成

システムは、レーザ発射器とレシーバ、そしてコンピュータで構成されている。

レーザは出力クラス2の安全性の高い、GaAlAs半導体レーザが使用されている。コンピュータはレシーバからケーブルを介してデータを受ける。レーザはシングルレーザ(特許)を採用しており、光軸調整と大きなミスアライメントも測定が容易になっている。



図3●システム構成

測定原理

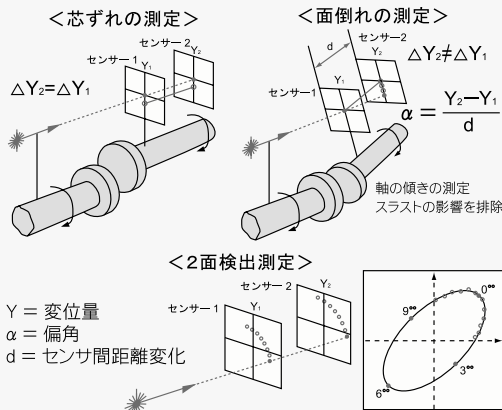


図4●測定原理

レシーバには2枚の検出面と角度計が内蔵されている。レーザの光軸調整をした後、どの位置から、どの方向へでも軸を90°以上回転させると、ミスアライメントの存在によって、センサー1 (No.1検出面) 上の、レーザ座標が変化して行くので、この変化量から芯ずれを求めることができる。また面倒れ(α)は、軸の傾きに応じて2枚の検出面をレーザが通過する高さが変わるので、この差から計算できる。そして現状のアライメント状態及び修正量は、カップリング直径、レシーバからアライメントする位置、レシーバから移動機の前足、前足と後足の4つの距離をスケールで測定し入力しておけば、瞬時に計算し示してくれる。

アライメント状態と修正量の表示

Δ は修正する側の機械の前足、後足を表している。(図5)1画面にアライメント状態と修正量が図と数値で表示されており、下の例では、垂直(V)方向ではカップリングが下開きで4/100mm、芯ずれで16/100mm高くなっている。水平(H)方向では、面開きは0/100mm、芯ずれで4/100mm左にあることがわかる。修正量は垂直方向では前足で20/100mmの^{*6}シムを抜き、後足で27/100mmのシムを抜けば目標のアライメントができることを表示している。同様に水平方向では、前足で3/100mm、後足で3/100mmを右方向へ移動すれば、目標のアライメントになることを表示している。このように、アライメント状態と修正量を明確に表示してくれるので、正確で、時間もダイヤルゲージと比べ大幅に短縮できるアライメント作業が行なえる。

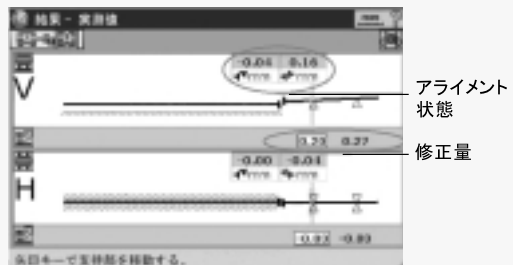
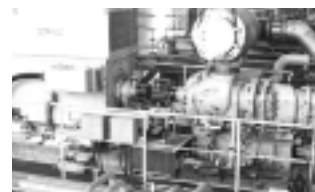


図5●アライメント状態と修正量の表示

*6 シム(シムライナ) 垂直方向の隙間調整を行うために機械脚とベースの間に挿入する金属製の板。

1 スクリューコンプレッサー

レーザアライメントで振動を低減し、軸受交換周期を二年に延長。
また作業時間も短縮できた。



モータ: 740kW, 1790rpm 本体:スクリュー式圧縮機

レーザアライメント実施前の状況

重要機器で、常時振動オンライン監視が実施されていたが、従来から振動が高く、約1年で振動が上昇。ベアリング異常が起ることが多く、オーバーホール(O/H)^{*7}は1年毎に実施されていた(図6)。またアライメントが難しく、1日、ないし2日要していた。

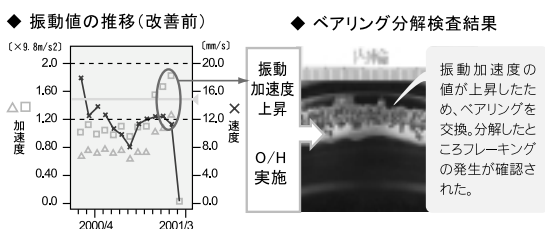


図6●レーザアライメント実施前の振動トレンドとベアリング異常の状態

これまでのアライメント方法と問題点

ダイヤルゲージでアライメントを測定する場合、垂れを少なくするために写真のような治具を製作し、使用していた(図7)。しかし実験の結果、ダイヤルゲージ自体に予想以上垂れが発生していることが確認された(図8)。



図7●ダイヤルゲージでの測定風景

垂れの確認実験

3インチ(80A)のパイプにダイヤルゲージをセットし、測定する距離(L)を変えて、上でゼロに合せたダイヤルゲージの針が、真下でいくらを示すか確認した。そしてLが300mmでは32/100mmもの垂れがあり、適正なアライメントが行われていなかったことが判明した。

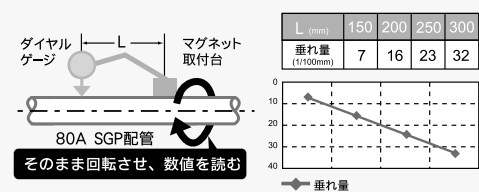


図8●ダイヤルゲージによる垂れ量の実験結果

レーザアライメント導入効果

垂れのない正確な測定でアライメントする必要性から、レーザアライメントが実施された。その結果、作業時間が大幅に短縮されただけでなく、試運転時の振動値が低下し、しかも1年経過しても振動はこれまでのように上昇せず、毎年実施していた軸受の交換が必要なくなり、オーバーホール回数の削減に伴い、600万円もの費用削減ができた(図9)。

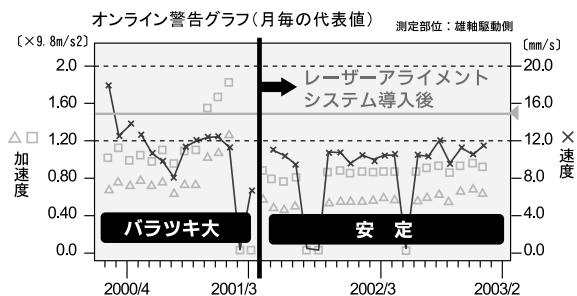


図9●ロータラインによる芯出し後のC/P振動値推移

*7 オーバーホール(O/H) 定期点検整備のこと。

CASE 2 ポンプ

アライメントをレーザ方式に変更した2年後に、ポンプ修理件数が30%、メカニカルシールの交換が50%、いずれも減少した。また平均故障周期(MTBF)が2.56年から3.5年に改善された。

レーザアライメント実施前の状況

ヘキスト社の250台のポンプを持つプラントは、1990年まで、年間の平均修理台数は約100台。MTBF(平均故障周期)は2.56年であった。

■ ポンプ修理
■ メカニカルシール修理

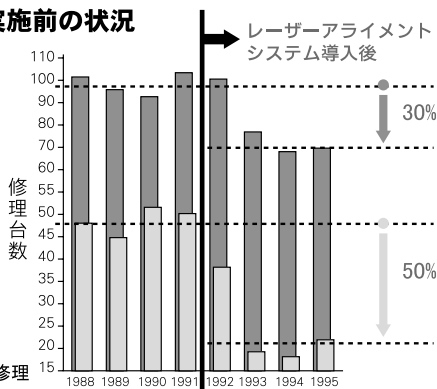


図10●レーザアライメント実施前と実施後の修理件数

レーザアライメント導入効果

1991年レーザアライメントシステムが導入された後、ポンプのメンテナンスがおよそ一巡した2年後の1993年から、修理台数は30%減少し、MTBFも3.5年に改善された。またメカニカルシールの修理も50%減少した(図10)。この効果は900万円ほどになると試算された。レーザアライメントによって、正確で精密なアライメントを実施すれば、機械寿命が延びることが実証された例である。

CASE 3 クーリングタワー

減速機とモータ間のアライメントを直接実施することで、アライメント時間の短縮と振動低減ができた。



レーザアライメント実施前の状況

- 2~4mの中間軸^{*8}を使ってアライメントしていたため、2箇所のアライメントが必要で、1日を要していた。
- 大きなミスアライメントがあると、粗芯出しをするのに時間が掛かった。
- 中間軸が含まれているため、正確なアライメントができていなかった。
 - ・ 振動が高い
 - ・ カップリングが破損する

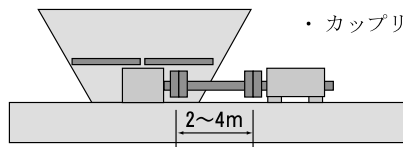


図11●クーリングタワー

レーザアライメント導入効果

- 減速機からモータ間をレーザで直接測定し、アライメントしたので作業時間が、モータ修正だけならば0.5時間から1時間に短縮された。
- 数mmから10mm近いミスアライメントが測定され、減速機側で修正が必要であっても直ちに実施できた。
- 振動が低減した。(5.3mm/s ⇒ 2.8mm/s)
- スムーズな回転ができるようになった。

*8 中間軸 連結する軸のこと。2台の機械の間のスペーサとして使われる長い軸のこと。



エチレンチャージ ガスコンプレッサ

従来3~4日必要であったアライメント工期を2日に短縮。定修費用が削減されただけでなく、数千万の生産機会利益を得ることが可能になった。

レーザーアライメント実施前の状況

- エチレンプラントでは大型回転機の整備工事がSDM^{*9}の工程を左右する。
- アライメントの工程の遅れは50~80%の確率で発生していた。しかも、作業の遅れを取り戻すために、徹夜になることもあった。
- 理由
 - カップリングが3箇所ある。
 - ホットアライメント^{*10}が必要で、作業者が測定値から修正量を計算するのに時間がかかる。
 - 大型機械なので1回のアライメント調整に時間がかかる。
 - ダイヤルゲージ用ブラケットには0.06mmから0.2mmの垂れが発生する。

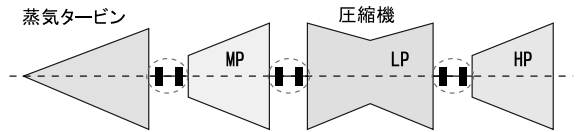


図12●設置イメージ

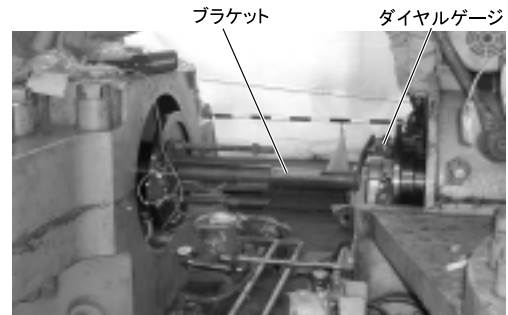


図13●ダイヤルゲージによる作業

レーザーアライメント導入効果

- 1カップリング当たりのアライメント時間が半日に、全体で1日半に短縮された。
- 垂れのない正確で精密なアライメントは4年間の連続運転における、設備運転の信頼性が高まった。
- 周辺のプロピレン冷凍機、フロン冷凍機のアライメントも同時平行で完了。
- アライメント工程を3日から1日半短縮できたので、SDM工期の短縮と生産開始を早めることが可能になった。



図14
●レーザーアライメントによる作業イメージ

**レーザー技術で
回転機械の芯出しが
誰でも簡単・正確に**

信頼性向上 寿命延長 コスト削減

TLV 株式会社
テイエルブイ

〒675-8511 兵庫県加古川市野口町長砂881番地
技術110番 TEL (0794) 22-8833 FAX (0794) 27-1836
ホームページ <http://www.tlv.com>

*9 SDM シャットダウンメンテナンス。全ての設備を停止してメンテナンスを実施すること。

*10 ホットアライメント 運転状態と停止状態の間に生じる温度変化や荷重変化を想定してアライメントすること。