



WIM COMPAS™ APPLICATION NOTE

SAGD 蒸気生成のコスト最小化

燃料ガスの消費をリアルタイムで最適化することで、毎年数十万ドルのコストを節約

重質原油の生産は軽質油よりも利益率が低い。なぜなら・・・

- 希釈剤の必要性、
- 抽出および精製の高コスト
- 低価格

運転全体のコストを最小化することに特別な焦点を当てる必要があります。

エネルギー効率

エネルギー効率の向上は、SAGD(蒸気補助重力排水)プラントにとって特に価値があり、運転コストの約60~70%が蒸気ボイラーの天然ガス消費に起因しています。したがって、蒸気発生器の最適な性能を促進する技術の実装が不可欠です。

蒸気発生器は、プロセスからのオフガスと組み合わせた、グリッド品質の天然ガスで燃焼されます。混合比率は場所によって異なります。通常、天然ガスにブレンドされるオフガスの割合は30~50%です。これらのオフガスはかなりのメタン含有量を持っていますが、20~40%のCO₂も含まれています。CO₂は比較的重いですが、ガスの発熱量には貢献しません。天然ガスとオフガスの組成が一定でないため、この混合物はバーナーマネジメントにおいて課題を引き起こします。

空燃比とガスおよびエネルギーの流れは、組成に応じて変動します。蒸気発生器では、空燃比は通常、煙道酸素(O₂)アナライザーで制御されます。これらのアナライザーは応答が遅いため、わずかな補正しか許容できません。典型的な設定値は残留酸素 3~4% ですが、最適な燃焼効率は通常、残留酸素 1.5~2%(および低 ppm の CO)で達成されます。残留酸素 2% の追加の安全帯域は、燃料ガスの組成の変動に対応するために組み込まれています。この2%の酸素を供給するために必要な余分な空気は、プロセスを冷却します。この熱損失を補うためには、燃料ガスの流量を増加させる必要があります、その結果、燃焼効率が失われます。

代表的な例

- 炉容量:70MW 運転中
- 煙道ガス温度:200°C
- 周囲温度:0°C
- Wobbe 指数燃料ガス:34 MJ/Nm³(60% 天然ガス、40% オフガス)
- 燃料ガス価格:0.034 ユーロ/kWh(天然ガス価格の60%)
- 対応する燃料ガス流量:2.06 Nm³/s
- 年間燃料ガスコスト:約 €20M / \$24M

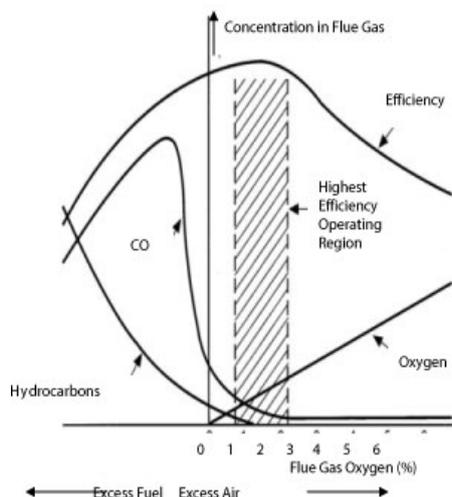
煙道内の残留酸素を 4% から 1.5% に減少させることで、年間で€200K / \$240K の燃料ガスコスト削減が実現します。

Hobré WIM Compas アナライザーを燃料ガス供給ラインに設置することで、燃焼前にガス流量および/または空気要求を制御することができ、アナライザーからのフィードフォワード信号を用いて、乱れを最小限に抑えます。

これにより、燃焼プロセスは最大効率で、最小の排出量で行われます。このアプリケーションノートの残りの部分では、その方法について説明します。

蒸気品質の最適化

蒸気生成に使用される水は処理されていますが、依然として相当量のミネラルが含まれています。蒸気を生成する際、これらのミネラルは次のような問題を引き起こします。



ボイラー管のスケージングによる追加の(予定外の)メンテナンス。

燃焼プロセスを最適化するためには、蒸気発生器に投入される燃料のBTU値の変動を監視することが非常に重要です。これにより、燃焼プロセスのフィードフォワード制御が可能となり、蒸気品質の制御が実現します。

蒸気発生器に供給されるエネルギー量を測定および制御することは、プロセスを最適化する唯一の実践的な方法です。蒸気品質は非常に測定が難しく(混合相)、フィードバック信号では急激な燃料ガスの変動に対して補償ができません。高CO₂含有量の混合燃料は低い発熱量を持っていますが、混合燃料に含まれるブタンのような軽石油溶剤は高い発熱量を持っています。燃料の発熱量は、任意の期間内で急速に変化します。

ボイラー管の寿命を延ばすことによってメンテナンスを削減

高価な生産プロセスであるため、予定外のダウンタイムは石油生産を大幅に減少させ、その結果、収益性を低下させます。プロセスを稼働し続けるためには、燃焼プロセスの制御が必要です。

1. ボイラー管の過剰なスケージングを防ぐために、目標となる蒸気品質を維持します。
2. ボイラー管のホットスポットを防ぐために、リアルタイムのバーナー制御を実施します。

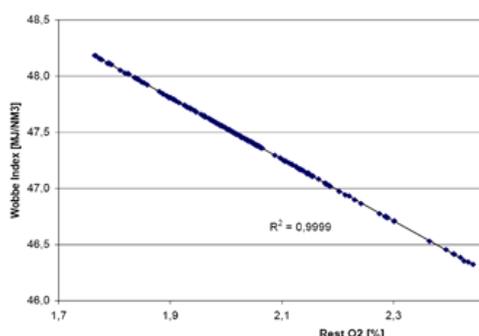
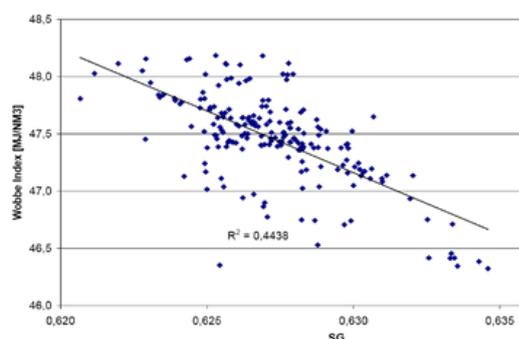
エネルギーフローと空燃比制御の測定に加えて、蒸気発生器内で酸素不足および酸素過剰の領域を防ぐために、実際の燃焼プロセスに細心の注意を払う必要があります。酸素不足の場所では、炭化水素の不完全燃焼とCOの生成が引き起こされます。このCOは最終的に蒸気発生器の他の領域(例えばボイラー管の表面)で燃焼し、効率の低下、ホットスポット、ボイラー管のメンテナンス増加を引き起こします。

専用の Wobbe / 発熱量測定機器の使用を強く推奨します

密度 / 比重と組み合わせたアルゴリズムの使用は、発熱量 / Wobbe 指数または CARI / 空気需要との相関を得るために最適な燃焼プロセスを実現する結果をもたらしません。天然ガスおよびオフガスには、CO₂ および/または N₂ の変動量が含まれています。CO₂ と N₂ の存在は、両者が比較的重く、燃焼プロセスに貢献しないため、相関に大きな不正確さをもたらします。

200 の天然ガスサンプルに基づく比重と Wobbe 指数の相関は、下記のグラフ(左側)に示されています。右側のグラフは、残留酸素原理に基づく専用アナライザー(WIM COMPAS™)で使用される相関を示しています。

比重と Wobbe 指数の相関における不正確さは、CO₂ と N₂ の小さな変動によるものです。20~40% の CO₂ 変動を伴うオフガスを導入すると、比重と Wobbe 指数の相関はさらに悪化します。比重と空気需要の相関も同様の結果を示します。このような誤差を考慮すると、燃焼効率の最適化はこの不十分な相関に基づいて行うことはできません。可能な節約額を考慮すると、密度計と専用アナライザーのコスト差は正当化するのが難しくないでしょう。



CO2	1.15%	1.66%
N2	0.92%	3.58%
C2H4	0.00%	0.00%
C2H6	4.52%	5.58%
C3H6	0.00%	0.00%
C3H8	1.09%	1.50%
C4H10	0.38%	0.56%
C5H12	0.11%	0.18%
C6H14	0.07%	0.10%
CH4	87.78%	90.74%

計器の設置と選定

燃料および空燃比制御のフィードフォワード用アナライザーを設置することが決定された場合、最適な結果を得るために以下の要件を満たすべきです

1. 応答時間を妥協しないこと

(アナライザーの応答時間 $T_{90} < 5$ 秒)

数秒以内に変化が発生する場合、30秒の応答時間を持つアナライザーを設置する意味はありません。WIM COMPAS™ はサンプル組成のステップ変化に対して、応答時間が5秒未満で90%の応答を示します(遅延や「デッド」タイムを含む)。理想的には、燃料ガスの発熱量 / Wobbe 指数および空気需要 / CARI 信号は、燃料ガスがバーナー先端を出る前に利用可能であるべきです。これは、サンプルタップポイントからバーナーへの燃料ガスの移動時間が、サンプルタップポイントからアナライザーへの移動時間とアナライザーの応答時間を上回るべきであることを意味します。

2. 信号雑音 (<0.1%)

高い信号雑音レベルは、信号を平滑化する必要があり、通常は平均化によって行います。その結果、制御システムの応答がステップ変化に対して遅くなります。WIM COMPAS™ は、0.05% F.S. の再現性を持っています。

3. フィードフォワード空燃比制御は、燃焼効率を最適化し、排出量を削減するのに役立ちます

発熱量および/または Wobbe 指数は、オレフィン、モノ酸化炭素、水素、酸素の大きな変動を含む燃料ガスアプリケーションにおいて、空燃比の指標としては不十分な場合があります。WIM COMPAS™ は、残留酸素含量の原理に基づいており、Wobbe 指数/発熱量と CARI/空気需要のための個別のキャリブレーションラインを保持しています。

4. アナライザーの範囲能力はすべての可能なケースに対応できること通常、アナライザーは燃料ガスの組成の大きな変動に対応できる必要があります。WIM COMPAS™ F は、0~120 MJ/Nm³ (0~3000 BTU/SCF) の範囲で、フレア消失や過熱のリスクなしにすべての組成の燃料ガスを分析できます。

5. アプリケーションおよび設置場所の徹底的なレビュー各アプリケーションは異なり、適切なレビューが重要です。

株式会社SUPCON JAPAN

Web: <https://www.supcon.co.jp/>

Email: info@supcon.co.jp

Tel: 045-306-9500