

硫黄燃焼システムからの熱回収

ノルウェー

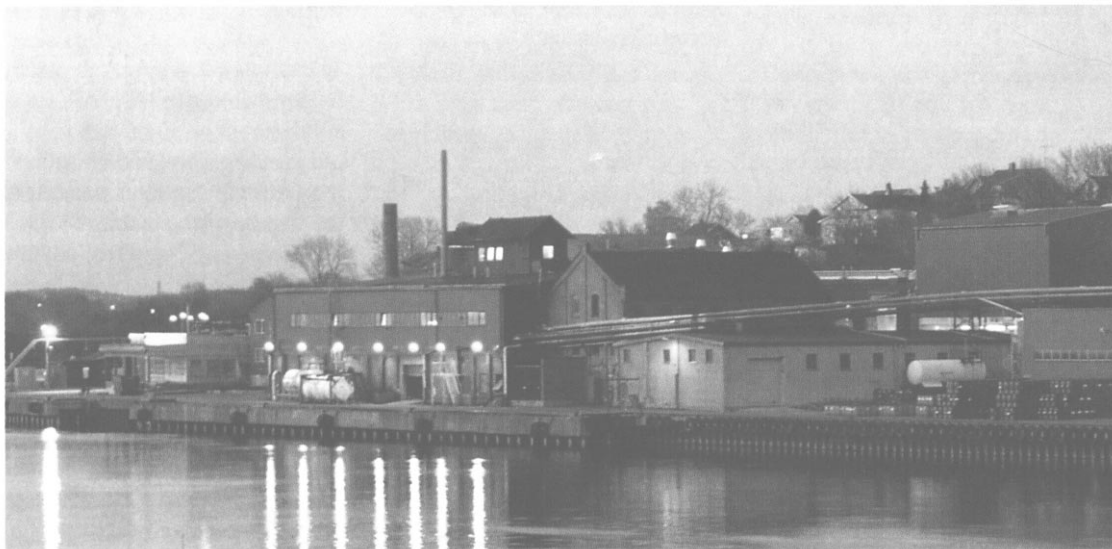
概 要

ノルウェーのUnger Fabrikker社は、工場の硫黄燃焼プロセスの一部として、新しい冷却・エネルギー回収システムを設置した。在来型の硫黄燃焼器及び触媒装置内で発生するエネルギーは、蒸気の生産に使われる。熱回収システムは、燃焼ガスを空気で冷却する個別の2つの熱交換器からなる。空気を中間冷却媒体とすることで、硫酸ガスに水が混入して硫酸が生成される危険を排除できる。本システムにより、プロセスの安定性が向上し、運転開始時間が短縮された。

本技術は、高温ガスを使用する同様のシステムからの熱回収に広く適用できる。

特 徴

- ・ 600kW又は 400MWh／年の燃料油消費を削減
- ・ 単純回収期間は 6 年
- ・ プロセスの安定性が向上
- ・ ガス・プロセスの圧力損失を低減



Aim of the Project

Unger Fabrikkerでは、これまで、硫黄燃焼及び SO_2 を SO_3 に転換する際に発生する反応熱を外気を用いて冷却しており、エネルギーは回収されていなかった。硫酸ガスの温度は $440\sim 900^\circ\text{C}$ であった。

高温の腐食性ガスにより、バルブはしばしば誤作動した。このことは、生産されるガス温度にばらつきがあるために、触媒装置が最適温度になるまでに時間がかかることを意味していた。

本プロジェクトの目的は、高温の硫酸ガスの冷却と熱回収のため、効率的、高信頼性及びコスト効果的な解決策を開発することであった。

The Principle

冷却・熱回収システムは、以下の条件を満足するよう設計された：

- ・ 熱を蒸気生産に利用；
- ・ 硫酸ガスへの水の混入を防ぐ；
- ・ 冷却プロセスの安定性向上
- ・ 燃焼プロセスの開始時間を短縮し、 SO_2 排出を削減；
- ・ 燃焼プロセスの効率低下を招かない；
- ・ ガス流中でバルブを使用することなくガス温度を制御する；
- ・ 蒸気生産時外でも適正な冷却が行えること；
- ・ 圧力損失を低減。

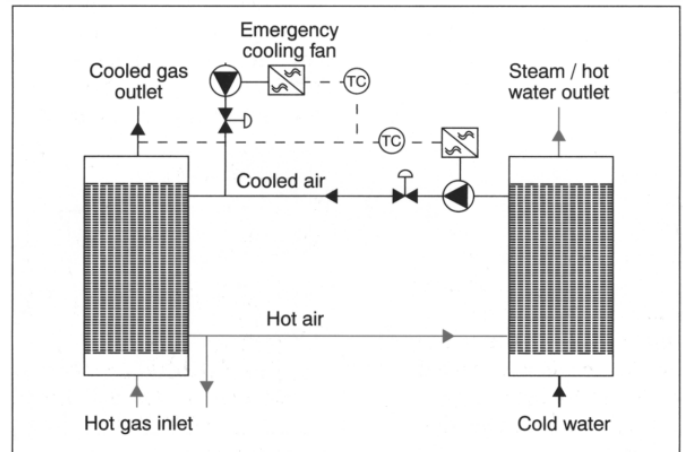
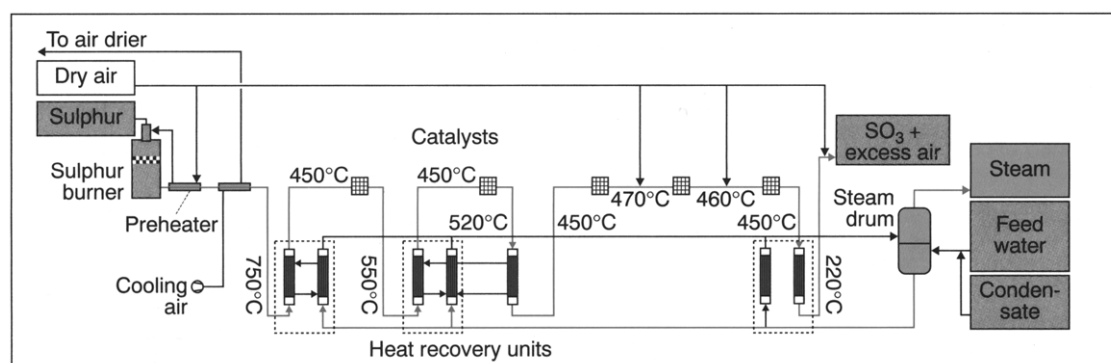


図1に示すように、本システムは複合型冷却・熱回収装置を用いる。各装置はガス冷却器と水蒸発器からなる。ガス冷却器のエネルギーは、中間熱媒体としての空気により蒸発器に移される。ガス冷却は可変駆動制御の空気ファンにより行われる。蒸発器すなわち蒸気生産システムに問題が生じた場合に備え、予備の冷却用空気ファンが用意されている。蒸発器は、自然又は強制循環システムによりスチームドラムに接続される。

動的シミュレーション・システムを用いて、エネルギー回収（蒸気生産）モードから予備冷却モードへ切替えるときのシステムの動的応答が試験された。ガス冷却器は、平管を用いた標準的なシェル・アンド・チューブ型で、一方、蒸発器は、管を縦に並べたフィンチューブ型である。ガス漏れの危険を最小にするため、ガス側の接続部分及び流入口はすべて溶接されている。

The Situation

旧システムでは、乾燥した燃焼用空気は予熱してから硫黄燃焼装置に供給された。 SO_2 を含む高温の排気ガス（ 900°C 以上）は、ジャケット付き配管及び外気を用いた冷却ループで冷却され、熱は回収されなかった。



排気ガス中の SO_2 は、数台の触媒装置を用いて SO_3 に変換されるが、この反応により発生する熱も、回収されていなかった。新システムは図2に示す通りである。

硫黄燃焼装置と燃焼用空気予熱装置は、旧システムから引き継いだ。ジャケット付き配管から回収された熱は、燃焼空気乾燥器で使用される。ジャケット配管による冷却は、空気ファンを可変駆動することで制御される。

排気ガスが触媒装置に入る前にガスを冷却するため、冷却・熱回収装置1台が設置されている。ガス温度を適正に制御することは、触媒を効果的かつ耐久性を維持して使用するために重要である。このため、リモートの空気ファン制御装置につながれた高温耐性素子を用いて、ガス温度がモニタされる。

更に、1台の熱回収装置を共有する2台の冷却装置が、最初の触媒装置と同様の温度制御方式を備えた2台の触媒装置と直列に設置されている。

最後の触媒装置の後段に、最終の冷却・熱回収装置が設置されている。この装置は、 SO_3 ガスを所要のプロセス条件に合わせて更に冷却する前に、可能な限り熱を回収する目的で設置されている。最後の触媒装置を通過後に回収されるエネルギーは、運転圧力及び8バール/175°Cという蒸気生産システムの蒸発温度により、限定される。最終の冷却は、既存の空気冷却器により、空気乾燥器の再生に使われたエネルギーの一部を用いて行われる。

ガス冷却器の高温部分は、オーステナイト耐熱ステンレス鋼製である。3台の蒸発器は、自然循環方式により共通のスチームドラム1個に接続され、9バールで運転される。

こうして、硫黄燃焼により発生した蒸気は、燃料油燃焼又は電気ボイラーによる蒸気生産に代わり、工場配管に供給される。

本冷却・熱回収システムは、硫黄燃焼能力 300～550kg/h、出口での温度 600～900°C、ガス流量 1.8～3.0kg/sに対応するように設計されている。各触媒装置の入り口温度は 440°Cに維持され、プロセス最終段階のガス温度は約 290°Cである。4台のガス冷却器の設計能

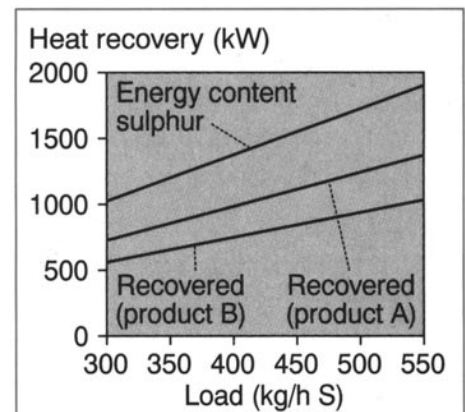
力は、176～680kWの範囲である。

ピーク蒸気生産負荷に対応する設計能力（硫黄燃焼 550kg/h）での硫黄燃焼によるエネルギー入力 は 1,883kW で、このうち 1,368kW が蒸気生産システムで利用・回収される。

本熱回収システムは、プロセスの安定性、稼働率、開始時間短縮などの要求を満たし、予想通りの性能を示している。エネルギー回収モードと予備冷却モードの自動又は手動による切替えにも問題はない。

The Company

Unger Fabrikker A.S. は、ノルウェーの Fredrikstad に位置し、主に、合成洗剤メーカー、ポリマー産業その他の産業で使用するアニオン界面活性剤を製造している。Unger 社の製品は、UFACID、UNGEROL、UFAROL 等のブランド名で、70 カ国以上の消費者に、液体又は乾燥製品の形で販売されている。同社の工場は 4 つの異なるプロセスラインを有し、従業員数は 110 人である。



Economics

最初の運転期間内の熱回収は平均 600kW で、これは、年間 4,800kW に相当する。回収可能なエネルギー量は蒸気生産負荷及び蒸気の質により異なる。回収可能なエネルギー量と負荷との相関を、図 3 に示す。

本システムの総投資額は、185,000 米ドルの補助金を含め約 800,000 米ドルであった。予想年間保守費は 15,000～25,000 米ドル、一方、燃料油消費削減による予想年間エネルギー費節減は、燃料油価格を 25 米ドル/MWh として、80,000～145,000 米ドルである。補助金を除く総投資額に対する単純回収期間は、想定蒸気生産負荷条件で 6 年と計算される。なお、これらの試算には、プロセスの安定性向上と蒸気品質向上による効果は考慮されていない。

関連組織

プロジェクト実施組織

組織名 : Unger Fabrikker AS
住 所 : P.O. Box 254, N-1601 Fredrikstad, Norway
電 話 : +47-6932-0020
Fax : +47-6932-2707
E-mail : elling@unger.no
担当者 : Mr E. Meum

エンジニアリング組織

組織名 : Kjelforeningen-Norsk Energi
住 所 : P.O. Box 27 Skoyen, N-0212 Oslo, Norway
電 話 : +47-2206-1800
Fax : +47-2206-1890
E-mail : tore.vestvik@energi.no
担当者 : Mr T. Vestvik

設備供給会社

組織名 : Peder Halvorsen AS, Kjelfabrikk
住 所 : P.O. Box 25, N-4450 Sira, Norway
電 話 : +47-3832-0730
担当者 : Mr O. Holbeak Hansen

情報提供組織

組織名 : KanEnergi AS
住 所 : Baerumsveien 473, N-1351 Rud, Norway
電 話 : +47-6715-3850
Fax : +47-6715-0250
E-mail : kanenergi@kanenergi.no
担当者 : Mr C. Grorud

[出典原文]

CADDET Energy Efficiency Result Brochure No.386