

## 製油所触媒プロセス用の熱交換器改造による利益の向上

石油精製プロセス設備の触媒反応工程の収益性は、処理量を制限している制約の解除とエネルギー消費量の削減によって最大化される。生産能力の増強は、高収益の追求余地を可能とする。エネルギー消費を増大することなく燃料効率の改善により可能となる。

ほとんどの触媒プロセスでは、加熱炉（燃焼式ヒータ）の伝熱能力によって制限を受けている。すなわち既設、加熱炉の最大熱流束により処理流量を増大を計り反応器入口温度を上昇させようとした場合に制約となる。この制約を除去するため、負荷を増大させる改造費用は高価であるので、これよりも価格効率が良く、追加負荷を加熱炉に与えることなく、熱回収の改善に焦点を絞って検討する。

石油精製の触媒プロセスの、熱回収は反応器からの高温出口流体と反応器への低温入口流体との熱交換により達成される。これは典型的な縦型の多管胴式フィード/エフルエント熱交換器が使用される。以下のケーススタディはこれらの熱交換器の利益性を改善させた改造工事の実例を説明する。

### ケーススタディ 1 : Lukoil 製油所, Volgograd, Russia

ロシア巨大石油グループ LUKOIL はハイドロトリータ反応器からの熱回収で顕著な改善を達成した。簡単な改造で年間233,000ドルの燃料費削減と処理量の増加を達成することができた。

近代的な設備のこの製油所の接触改質設備は約330kg/hr(727lb/hr)の燃料を反応器に供給する流体(FEED)の入口温度を上昇させるために消費されていた。これは燃料費自身が高価であるばかりでなく、加熱炉の燃焼容量の限界が生産能力の制約となり増加を妨げていた。

このプラントのフィード/エフルエント熱交換器は19MWの熱を触媒反応器からの排出流体から回収している。反応器入口への供給を目標温度にするために加熱炉にてさらに4.1MWの追加が必要であった。提案された流量増加はこの熱交換器の負荷を28MWまでと、燃焼炉の負荷を6MWまで上昇させた。燃料消費量の増加もさることながら、既設の加熱炉の能力をはるかに超えるものであった。

熱交換器の詳細モデル検討に引き続いて、CalGavin社の技術者はフィード/エフルエント熱交換器の性能が管側の低い伝熱性能と不十分な流体分配によるものであることを証明した。そしてこれら2つの問題に取り組む伝熱増強システム的设计検討がなされた。

管側の許容圧力損失内で、直接的には乱流状態の増加により、間接的には流体の不均一分配を解消することが出来るので管側へhiTRAN立体素子が、伝熱促進体として用いられた。hiTRAN立体素子は伝熱管長さに沿って変化する液と蒸気の比率に応じて最適な形状のエレメントが採用された。



LUKOIL 最新鋭の製油所でありは近年原油換算能力を8から11百万トンに増加させた、接触改質設備の検討は2006年からhiTRANプロジェクトとして開始された。ボルガグラードは以前のレニングラードで、南部ロシアの百万人規模の工業都市である。

シミュレーション結果は総括伝熱係数が 2.6 倍 (73 から 191W/m<sup>2</sup>K) に増加し、熱回収は 32.4MW に増大し、要求される加熱炉の負荷は 6.0MW から 2.0MW となった。

プロジェクト全体工程はほんの数カ月であり、現地での熱交換器の改善工事は2週間以内であった。この改造は厳しい性能保証を満足し、2009年9月から現在までトラブル無く順調に運転を継続している。

現在の流量では、hiTRAN 立体素子は、エフルエント流体から熱回収の増加で、2.2MW、または 63TJ/Y を削減している。LUCKOIL はエフルエントからの熱回収を、年間 7 百万ルーブル (US \$ 233,000) と評価している。さらに高い流量での試験運転の結果は、hiTRAN 立体素子が熱交換器の性能を 27.8MW から 32.4MW まで向上させ、燃焼炉の負荷を増加させることなく 4.6MW 節約できること証明した。

## ケーススタディ 2 Ruhr Oel Refinery, Gelsenkirchen, Germany (操業 : Deutsche BP)

Ruhr 製油所でのフィード/エフルエント熱交換器改造は、15%の生産量増加と加熱炉から 1700t/年の CO<sub>2</sub> 削減を達成した。

生産量を増加したい Ruhr 製油所の目的は、反応器への入力温度を保持するために、より高温での反応器への入力によって合わせるものであった。この新しい条件に合わせるために、反応器へのフィード/エフルエント熱交換器の負荷を現在の性能よりも約 15%向上させる必要があった。この流体は一部蒸気を含んで入り、管長の約 60%まで沸騰を続け、残りの管長では蒸気が加熱されている。熱伝達のシミュレーションは、制御する抵抗は管側にあり、この交換器の上部で、追加の膜沸騰の可能性とミストの流れが熱伝達を制限していることを示した。

最適の解決法は hiTRAN 立体素子を各管の全長に装着することであった。これらは沸騰と加熱の異なった領域の増強に合致するよう、2 つの形状を持つ結合された素子からなっている。この手法によって、2 相系の沸騰

対流係数が改善され、管長上部の許容圧損内での実用的な蒸気加熱の最大化が可能となった。

管長 12m の縦型熱交換器への hiTRAN 立体素子の挿入は、プラントの定期整備の期間内で、胴から管束を取り外すことなく現場で完了した。

改造後の性能確認試験で、予想した性能が達成され、hiTRAN 立体素子によって要求である 15%の生産量増加が得られることが確認された。エフルエント流体から、追加の 0.8MW の熱が回収された。これは 25TJ/年 (50000€/年) の直接的な入力エネルギーと燃焼炉の炭酸ガス削減 (1770t/年) に相当する。

フィード/エフルエントの改善からの経済的利益は相当なものである。既存のユニットの改善による利益は、能力増強、省エネルギー、触媒再生コストの低減、そして稼働時間の増加である。



Ruhr 製油所のフィード/エフルエント熱交換器



フィード/エフルエント熱交換器への結合 hiTRAN 立体素子の取り付け