



石油精製用 リアクター

重量約1,500トン、高さ50m。1つの製品というには、あまりに大きいリアクター。高温、高圧下での反応を守る容器には、高い信頼性が求められる。世界の石油精製プラントで使われるリアクターのうち、日本製のシェアは50%を超えている。

海外の石油精製プラントに向け出荷される大型リアクター
(写真提供: (株)日本製鋼所)

石油需要の伸びとともに大型化するリアクター

石油は、自動車や航空機の燃料として、また工業製品の原料として、私たちの社会になくてはならない。油田から得られる原油は、石油精製プラント(製油所)でさまざまな石油製品に作り変えられる。例えば、自動車燃料のガソリン、バスやトラックの燃料の軽油、航空機燃料のジェット燃料油、暖房の燃料の灯油、船舶や工場で使われる重油、プラスチック製品の原料となるナフサなどである。

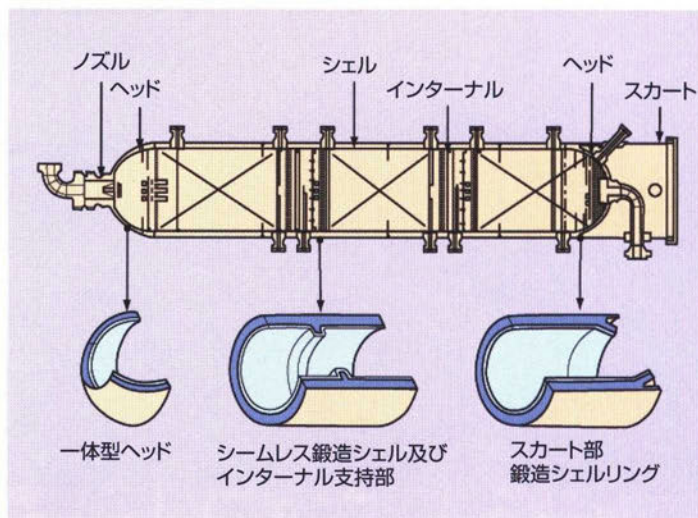
このように、製油所で原油を分解し、ガソリンやナフサ、重油、中間油分等を製造する反応器を総称してリアクターと呼ぶ。

日本では、1960年代以降高度経済成長に伴い大型リアクターの製造が本格化した。1970年代には2度のオイルショックが起ったものの、モータリゼーションの進展とともに石油需要は増大する一方で、大気汚染などの公害規制に対応するため、世界的に大型リアクターの需要が増加した。このリアクターは水素化分解装置、水添脱硫装置などと呼ばれるもので、触媒の助けを借りながら原油を水素化分解させるとともに、遊離した硫黄分を硫化水素の形で除去することができる。このような反応を行うリアクター内部は高温高圧環境であり、現在の代表的な反応条件は、設計温度454℃、設計圧力200kg/cm²程度である。

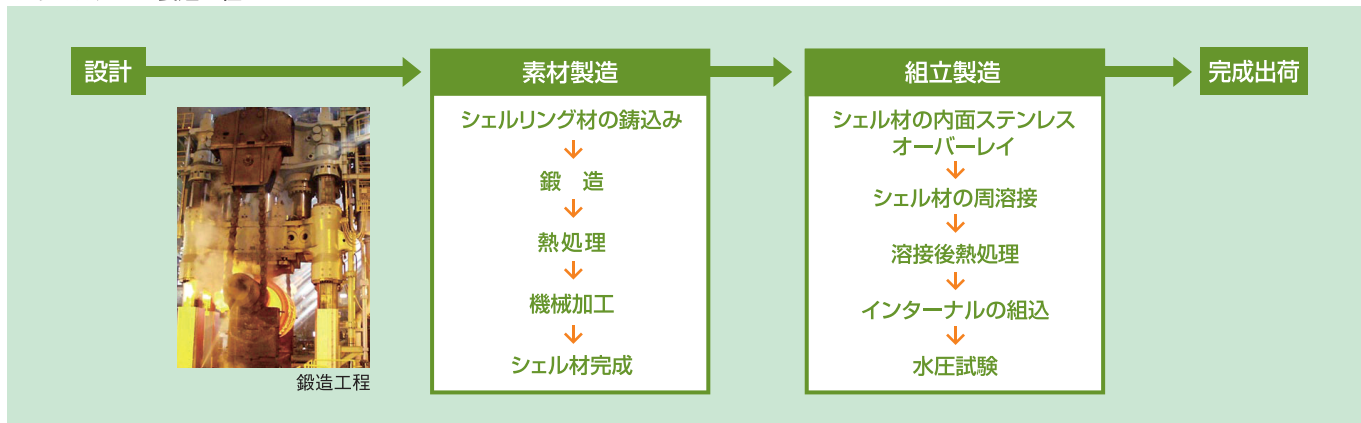
リアクターの外観は、細長い円筒形が一般的である。以前は、鋼

板を曲げ加工して本体を組み立てていたが、最近ではシェルの肉厚が150mm以上になる場合は一体型鍛造シェルを溶接して組み立てる方法が用いられる。円筒の内側はシェル母材にオーバーレイ溶接したステンレス材で覆われており、触媒を支持する数段のステンレス製インターナルが設置されている。外形は年々大型化する傾向にあり、最近の例では、重量1,500t、内径6m、高さ50mさらに肉厚が350mmにもおよぶものもある。

■ リアクターの形状構造



■ リアクターの製造工程



日本がリードしてきた鋼種の開発

1960年代のリアクターは、外層に高張力鋼板、内層にCr-Mo／ステンレスクラッド鋼板を使用した多層円筒構造であった。しかし、この構造は超音波探傷検査などに適さないため、その後、鍛造リング構造が主流となっていった。1970年代になると、高温高压で使用される脱硫装置用リアクターに、厚さ250mmという厚肉の鍛造リングが世界で初めて採用された。この大型鍛造リングは日本製であり、このような製品が製造できるのは世界でもわずかしかなかった。これ以後、日本はリアクターの世界的な供給基地となっていった。

リアクターに用いられる鉄鋼材料には、さまざまな高度な特性が求められる。例えば、高温引張強さ、高温クリープ強さ、疲労強さなどについて、高压機器の信頼性と密接に関連する要因を公的機関が解析し、米国ASMEなどの公的基準が設けられている。

リアクターに使用される高強度压力容器用鋼の材料開発において、日本はこれまで重要な役割を果たしてきた。以前は2.25Cr-1Mo鋼が広く使用されてきたが、1980年代前半から、プラントの大容量化やプロセスの高効率化のニーズが高まったのに伴い、日本では設計許容応力値を高め、なおかつシェル肉厚を薄くできるような鋼種の開発が進められた。その結果高強度3Cr-1Mo-V鋼や2.25Cr-1Mo-V鋼の開発により高温高压化が

進んでいる。開発順に、2.25Cr-1Mo鋼に対して、3Cr-1Mo-V鋼は許容応力が約9%向上し、2.25Cr-1Mo-V鋼では約12%の向上と設計上限温度の約30℃の向上が得られている。

安全、環境、品質を実現する日本の技術力

大型化が進むリアクターでは、設計や製作の各段階において信頼性を確保する対策が講じられている。設計段階では、周溶接部のSR（応力除去焼鈍）脆化を考慮した構造設計及び溶接設計が実施されている。またサポート取り付け部、インターナル取り付け部など、不連続部における局部応力集中や、熱応力の対策が施される。さらに一体構造部材の採用により、保全検査の高効率化を図っている。

製作段階では、強度設計、材料製造、溶接、品質保証検査、保守管理など、規格化された条件に準じて製作されている。

現在、日本のリアクター製造能力は、世界トップクラスであり、すぐれた品質や納期遅れを絶対に起こさないと言われる納期キープ力は、国際的な大型プロジェクトでも高く評価されている。その結果、日本製リアクターの世界シェアは50%を超えるまでになった。

最近では、硫黄分、重金属などの不純物を含んだ重質油の利用が増加しており、これに対応し水素化分解装置のリアクターが注目されている。オイルサンドは超重質油であるが、新たな石油資源として注目されている。すでにカナダなどで開発が進んでいるが、精製設備の増強を図るため、日本製リアクターへの期待が高まっているのである。

2008年後半からの金融危機の影響で市場動向は変化しているが、長期的には石油需要は継続する見込みである。同時に、石油精製プラントの高効率化、環境負荷低減のニーズは、さらに高まることが予想される。日本の材料技術や品質管理のノウハウから生まれるリアクターは、これからも世界を舞台に活躍することだろう。