小型ボイラにおける二相流の諸問題^{*}

Two-Phase Flow Problems in Small Boiler

田 中 収^{**}

TANAKA Osamu

Abstract An important feature of small multitubes flow-through boilers is that they must be designed to be produced according to regulations such as a maximum working pressure of 1 MPa and a maximum surface area of 10m². Within these regulations, more compact and effective boilers are being designed and developed. At present, a design which has achieved a maximum equivalent steam generating rate of 2 ton/h and a relatively high heat flux has been developed for industrial use. These results have been achieved due to advances in heat transfer techniques. However, several problems remain to be solved in order to make the separator and upper header, which maintain the steam dryness fraction, more compact and effective. The problems for creating a two-phase flow vapor-liquid process in this boiler are mentioned.

Keywords : Small Boiler, Vapor-Liquid Two-Phase Flow, Vapor-Liquid Separation, Evaporator Tubes, Vapor Quality

【概要】

多管式小型貫流ボイラは法規上、最大圧力 0.98MPa、伝熱面積が10m²以下という制約の下で設計製造されている。しかしながら産業用としては比較的高い蒸発管熱流束をもって、小型でありながら 2 ton/h の蒸発量を得るに至っている。

Fig. 1 には代表的な液体燃料用多管式小型貫流ボイラの縦断面構造を示している。給水は下部管寄せから一様に給水され、燃焼ガスによって加熱されて各水管から蒸気を発生する。発生した蒸気-水二相流体は上部管寄せで集合された後、セパレータで気水分離されて乾き度が高い蒸気を供給する。

しかしながら、このような構造にも法規上の制約があり、上部管寄せは直径150mm以

下の等価断面積とする、同様にセパレータは直径250mm以下の等価断面積とするなどである。

このような厳しい設計条件下でのボイラにおける気液二相流に関する問題点は少なからず存在するが、ここではその代表的な例を紹介することとする。

その一つは、蒸気の質つまり乾き度に関するものである。水管群で発生した気水二相流体を集合する上部管寄せ、さらに管寄せからセパレータまでの配管方法、さらに当然ながらセパレータの気液分離性能によって大きな影響を受ける。また、セパレータにおいても、蒸気圧変動による自己蒸発作用、缶体との圧力損失によるセパレータ下部からの水の吸引、などが乾き度に与える要因も大きい。

* 1993.11.1 受付

** (株)三浦研究所 〒799-26 松山市堀江町7番地 TEL(0899)79-1111(2512) FAX(0899)78-4678

Fig. 1 Construction of once-through type small boiler.

このためセパレータにおける蒸気乾き度の維持に対しては、まずセパレータ内側の流動状況を観察することとした。その結果、Fig. 2 (a)のように蒸気旋回流のために下部に竜巻状の水の吸い上げが発生することが確認された。このため旋回抑止板を設けて、乾き度が改善された (Fig. 2 (b))。

小型貫流ボイラ各水管の蒸気発生量についても、燃焼ガス流れ方向に水管が配置されているのでこの方向に分布が存在する。この例をFig. 3に示している。Fig. 3にはFig. 1に示した缶体構造について、燃焼ガスの流動方向に沿った水管の受熱量を計算によって求めたものである。このように蒸気発生量、および蒸気乾き度が大きく異なる気液二相流体が上部管寄せに集合され、さらにセパレータへ流入する。この間の二相流の圧力損失は、管寄せ内へ流入する気水二相流体のボイド率 (言い替えると水分割合) によって大きく変化する。蒸気発生量はほとんど変わらないが、水管出口のボイド率は制御水位によって大き

Fig. 2 Sketch of flow pattern in separator.

Fig. 3 Distributions of vapor generating rate in water tubes along combustion gas flow direction.

く変化するために、前述のようにセパレータ内の水位が上昇して、霧吹き効果による水の流出といった状況も発生することにもなってしまふ。

気液二相流動の圧力損失、摩擦損失の計算法については、MN法など既知の摩擦損失計算法を使うことである程度の推定が可能であるが、本形式のように管寄せからセパレータに至る短い配管で曲がり管と集合が存在するために、推算が困難である。そこで、実験的に求める他にないが、管寄せ出口の二相流の乾き度の値についても、乾き度計は流動形態とサンプリング位置に問題があり、得られた実験式の適用の範囲は非常に限られたものにならざるを得ない。このような二相流の問題については、事前に推算する努力が必要なことは言うまでもないが、このような値と大きくかけ離れた実験値が得られた場合、日頃二

相流動に親しみがない開発担当者に上述のような現象に基づいた原因を推定することは非常に困難である。また、混相流に対しては専門用語が非常に多く、用語と現象の間の理解を得る(体験する)までに非常に時間がかかり、混相流の問題としてとらえられないケースも多々あるのが企業における問題であるように思う。

そこで、この場をおかりして学会にお願いしたいのは、二相流の基本的な専門用語(流動様式など)や混相流固有の流動現象(フラッキング、ドライアウト、特殊形状下の混相流、等など)を説明するビデオ(時間的な変動が重要なので)による視覚的な資料を充実され、是非一般に提供して頂ければと思う次第である。「百聞は一見にしかず」の如く、より混相流問題としての理解が得られるものと思う。