シリーズ “混相流先端技術”

高粘性流体とガスの二相流を利用した発泡装置の開発* (現場成形発泡ガスケットの発泡方法)

Development of Foaming Applicator
Using High Viscosity Liquid-Gas Two-Phase Flow
(Foaming Method of Formed In-Place Foaming Gasket)

奥 田 伸 二 **
OKUDA Shinji

高 田 正 春 **
TAKADA Masaharu

義 本 恭 之 **
YOSHIMOTO Yasuyuki

大 栗 靖 弘 **
OKURI Yasuhiro

Abstract The development of a foaming applicator that produces a formed in-place foaming gasket using the pure fluid mechanics system is in progress. This system uses the laminar flow shear function in a pipe to make uniformed small foam via pumping high viscosity liquid-gas two-phase flow under high pressure. The principle, the characteristic, and present state of our foaming applicator are briefly described in this report.

Keyword; Gas-Liquid Two-Phase Flow, Foaming Applicator, Gasket, High Viscosity Liquid, Gas Bubble, Liquid Slug

1. はじめに

発泡ガスケット(スポンジガスケット)は圧縮シール性が高いことから、防塵、防水、気密が必要なあらゆる箇所において用いられている。現在、この発泡ガスケットは紐状や打ち抜き品など2次加工された定形ガスケットが主流であり、現場ではめ込んだり、貼り合わせを行っている。しかし、定形ガスケットには 1)はめ込みや貼り合わせ作業に非常に手間がかかるとともに自動化しにくい、2)2次加工(のり付け、打ち抜き、スライス等)が複雑でコスト高となっている、3)打ち抜き時にでるロスや貼り付け時に剥がす剥離紙な

どの廃棄物が膨大にでる、といった課題がある。そこで近年、液状素材を現場にて発泡させ、ロボットで成形塗布し硬化させる現場成形発泡ガスケットのニーズが高まっている。本研究ではこのガスケットの発泡方法として、円筒配管内を高圧で流れる高粘性流体とガスの二相流の流動挙動に着目した純流体力学的方式の発泡装置開発を目的としている。本報ではこの開発の現状について紹介する。

2. 発泡ガスケットの発泡方法

ガスケットの発泡方法は大別して化学反応によりガスを発生させる方法と、ガスを外部より強

* 1997.4.30 受付

** サンスター技研(株) 輸送機事業本部 研究開発部 〒569-11 大阪府高槻市上土室5-30-1
TEL(0726)93-3819 FAX(0726)95-3622 E-mail: SUN00447@niftyserve.or.jp

制的に混合させ機械的に発泡させる方法がある。現状、前者が比較的容易な既存の装置で発泡できるといったメリットから現場成形システムの主流であるが、雰囲気環境により発泡状態にバラツキが生じやすい等、現場での品質管理が難しいという欠点がある。それに比べ後者は物理的に発泡を制御でき、湿度、温度に影響されことなく安定な品質が得られることから従来より注目されている技術である。しかし、これには装置ががかりで、設備投資が大きくなるという課題があり、簡易な発泡装置の開発が期待されている。

3. 高粘度流体と気体の二相流への着目

高粘度の接着剤やシーリング材を高圧圧送を行うポンプ内にエア噛みさせた状態で配管内へ移送させると、大気圧力下へ吐出された材料に部分的に微細な気泡が含まれるという発泡現象は従来よりよく観察された。Fig. 1はこの現象に着目し考案した発泡方法である。配管内に高粘度流

Fig. 1 A theory of the foaming method

体とガスの間欠的なスラグ（流体塊）を形成させ、そのスラグを高圧圧送させることで、配管内の層流せん断作用によりガスを微分散させ、大気圧へ取り出すことで発泡させる方法である。この発泡方法はガスの微分散において従来の機械的発泡方法で必要であった機械的な稼働部分を持つ分散機が不要な純流体力学方式であり、装置をシンプルにできるとともに、高粘性流体の分散の課題であった発熱が無い等の利点を持つものと考えられる。

4. 実験方法

高粘度流体（200Pa・s のウレタン系接着剤）とガス（ N_2 ）を純流体力学方式で微分散できるかを検討するために、Fig. 2に示す簡単な装置を作り確認を行った。この装置では高粘度材料とガスの混合をFig. 3に示すピストンポンプを用いる。すなわち、ポンプ内に一定圧力（0.1~0.3MPa）のガスを注入し（第1工程）、次に高圧（約15MPa）で

Fig. 2 Schematic of experimental apparatus

Fig. 3 Metering method of the fluid and gas

高粘度材料を注入（第2工程）後、混合物を二次配管内へ吐出する（第3工程）というサイクルを回す。これによって配管内に高粘度流体とガスのスラグを定量的に形成できるようにした。以上の工程で得られた混合物を次の加圧ブースターポンプに送り、高圧（約20MPa）で内径9mm、長さ10mの配管内を1分間あたり100ccの吐出速度で移送し、吐出ノズルから大気中へ吐出させた。その結果、顕微鏡写真Photo. 1で示す通り非常に微細な発泡体を得られることを確認した。しかし、こ

Photo. 1 A sectional photograph of the foaming gasket

の実験装置ではスラグ形成を目的としたピストンポンプのシリンダ容積が50ccと大きかったた

めに十分に細分散されないガススラグ（以下、非分散ガスという）が残存した。その結果、材料をノズルからビード状（紐状）に吐出する際に、Photo. 2 に示すようなビードの切れが定期的

Photo. 2 The state where the bead has been cut due to the entering of a gas slug

発生した。これを改善するために、ピストンポンプ容積を可変できる構造に改良し、徐々にシリンダ容積を小さくする実験を行った。その結果、明らかに非分散ガス量が減少し、ガasket中に含まれるガス量（以下、発泡倍率という）が増加することが明らかになった。また、同時に Fig. 3 の第一工程でガス圧力を一定範囲で可変すると、得られるガasketの発泡倍率はガス圧に比例して増加する関係にあることも分かった。

5. 開発の現状

上記実験結果から、実用化検討を行い開発した装置を Fig. 4 に、そのフロー図を Fig. 5 示す。純流体力学方式の場合、ノズルから非分散ガスが吐出せず均一な分散を得るには、ガスのスラグを初期段階から小さくする必要がある。しかし、スラグ形成用のピストンポンプ容積を極端に小さくすると実用的な吐出量が得られないという問題が生じる。そこで、現状では初期のガススラグを小さくする目的で、混合初期段階に簡単なロータリー式のプレミキサーを加えることにより、発泡装置としての実用化レベルまで到達させている。

Fig. 4 A practical use foaming Applicator

Fig. 5 Schematic diagram of Fig. 4

また、発泡倍率制御は試験した高粘度流体（200Pa・s のウレタン系接着剤）では、流体とガス比で最大 1 : 3 まだが可能となっている。しかし、この分散に関する理論的解析は、流体の粘性特性や配合材料などの影響因子が多く複雑で、今後の課題として残っている。

6. 終わりに

本報では、高粘度流体と気体の二相流の産業分野への応用例を述べた。高粘度流体内における気泡の挙動については、まだまだ十分な解析ができていない。しかし、今回ここで述べたように、分散現象の定量化ができたことで、今後メカニズムの解明とシミュレーションの実現へ道が開けたものと考えている。

今回の研究に関して、神戸大学の富山明男助教授に多大なるご協力をいただいたことをここに感謝致します。