光学ガラス繊維の化学工学への応用

—ファイバースコープによる熱処理炉内の観察*—

向 井 邦 彦**

1. は し が き

ファイバーオプティクス（光学ガラス繊維）はすでに胃カメラなどにも利用され、われわれにも馴染深いものとなっているが、工業の分野でも広い可能性をもっているものと思われる。ファイバーオプティクスはかなり長い距離を直線経路によらず光や映像を伝達でき、複雑なレンズ系、プリズム系を用いずに光や映像を任意の方向に曲げることもでき、また必要に応じて映像を分割したり、変形したりすることができるという特徴をもっている。もちろん、光学系にくらべて解像力において劣り、また光の伝達による光量損失が長距離の場合大きい、などの欠点もあるが、今後化学工学の分野でも測定実験技術に応用されていくものと思われる。

ここでは、近づき難い熱雰囲気内での反応を対象とする熱処理炉内における熱反応を直接観察、記録し成功した例について報告する。

2. 装 置 の 概 要

使用したファイバースコープの構造を図1に示した。ファイバースコープとは、可撓性のあるファイバーオプティクスを束ねた光学像伝送用繊維束（Coherent Bundle）の一端に対物レンズ、他端に接眼レンズをとりつけた繊維光学系（Fiber Optics）であって、その挿入端を炉内に挿入する場合、高温雰囲気から挿入部を守るために、外径26mm、長さ85mmの円筒形水冷タンクをスコープ挿入部にとりつける。その構造および炉への挿入状態を図2に示した。冷却タンクへの送水および排水は図示した如く、可撓性のあるビニール管によって行なう。普通、ファイバースコープは図1に示す如く、光学像伝送用繊維束の他に、照明光伝送用繊維束を内蔵して、照明光は隔離して設置した光源から繊維束によってスコープ先端まで、送光されるが、写真記録をする場合、光量に不足を生じる場合があるので、図2に示した如く、別個に長さ1000mm、直径7mmφの光伝送用纖

維束（Incoherent Bundle）の先端に冷却タンクをとりつけたファイバースコープを併用して設置した。したがって、肉眼観察のみのとき、あるいは、スコープの光源の大なるときは、このイルミネーターは不要である。使用した照明光用光源は150Wの集光電球である。実験に使用したファイバースコープの諸次元を表1に示した。

以上の如く繊維光学系を利用することにより、耐熱性のない照明電球や、トランス、写真機などを常温雰囲気内に設置することができる。この方法による被観察体の光学像は、まず、炉外に設置した光源からの照明光を光伝送用繊維束により炉内に伝送し、伝送した光束により照明された被観察体を対物レンズにより光学像伝送用繊維束に伝送し、さらに炉外の接眼鏡または写真機まで伝

図1 ファイバースコープの構造

表 1

スコープ 全長	1,033 mm
挿入長	870 mm
スコープ径（外径）	14 mmφ
像伝送用繊維束	直径 20 μ の光学繊維で構成した断面 3×3 mm、長さ 1,000 mm の繊維束
光学繊維の N. A.	0.55
スコープ最小曲げ半径	50 mmR
光 源	100V-150W 集光電球
先端クーラー	外 径 26 mmφ 長 さ 85 mm
冷却水使用量	1,000 cc/min

* 昭和42年11月13日 受理

** Kunihiko Mukai 日本硝子繊維（株）技術部

a. 常 温
(右端：フリントガラス
中央：無アルカリガラス
左端：珪酸ガラス)

b. 450°C
試料 変化なし

c. 550°C
フリントガラス 軟化

d. 565°C
珪酸ガラス 少々軟化

e. 610°C
珪酸ガラス 軟化中

f. 745°C
無アルカリガラス 軟化中

g. 755°C
無アルカリガラス 軟化中

写真1 ガラス棒の軟化状態

図2 ファイバースコープによる炉内撮影装置

図3 写真1撮影の際の炉内温度変化

写真2 ソーダライムガラスパッチのガラス化反応進行状況

図4 写真2撮影の際の炉内温度変化

送するわけである。ここにいう光学像伝送用繊維束とは、直径 20μ 前後の光学繊維を繊維束の両端で、相互に幾何学的に、各繊維が同一位置をとるように配列集束した繊維束のことで、光伝送用繊維束とは、光学繊維をただ単に必要な本数だけ集束した繊維束のことで、光学像は伝送せず光のみの伝送に使用する。

3. 観察測定結果

筆者が、この方法により炉内観察および、写真記録を行なった結果の1, 2の例を述べる。写真1は軟化点を異にする3種類のガラス棒（直径 $4\text{mm}\phi$ 、長さ 50mm ）を炉内に設置し、温度による軟化変形状態を写真記録したもので、この場合の炉内温度変化を図3に示した。写真機は市販の写真機を図2の接眼レンズに光学的にとりつけて使用した。写真2は、ソーダライムガラスパッチのガラス化を常温からガラス化するまでの間、ファイ

バースコープで観察しながら、写真記録した例である。ラガスパッチの溶解過程がよく判るであろう（当然のことであるが、写真記録する場合、カラーフィルムを使用する方がより判然とした記録を求め得るが、本方法によってそれも可能であった）。ガラス化反応の例の場合の炉内温度変化を図4に示した。

なお、図3、図4の炉内温度は、あくまでも、炉内温度で被観察体自体の温度ではない。写真2の写真中、1020°C以上の場合、白色点が存在するのは、パッチが溶解してガラス化し、表面が鏡面化するため照明光が一部乱反射したためである。筆者は、この種の実験を同一スコープを使用して数回試みたが、特に著しい故障は発生しなかった。（急に高温状態にある炉からスコープを取り外した場合、スコープのフロントガラスが破れることがある。したがって、スコープは常温時に取付け、取外しする方がよい）。また表1に示した如く、このスコープに使用した光学像伝送用繊維束は、光学繊維径20 μ

の繊維で構成したもので、解像度は、
16Line Pairs/mm
である。

む す び

以上述べた如く、従来直接の観察が不可能であった高温の熱処理炉内の観察や写真記録は、少なくとも1000°C以下の場合には、市販のファイバースコープの挿入部に水冷タンクを取付けることで可能となった。本例ではすべて市販のファイバースコープを使用したか、炉内観察用のファイバースコープを設計したならば、さらにより結果を得ることができよう。

また熱処理炉内だけでなく、高温や高圧の反応装置内の観察、記録などにも応用の可能性が大きいものと思われる。

歪 率 計 に よ る 流 速 の 測 定*

大 島 栄 次**

たまたま高粘性溶液の攪拌槽における流速分布を測定する目的で、液体の流速を測定する方法をいろいろ試みたが、それぞれ一長一短があり正確な流速を得ることがむずかしかった。その中で筆者が試作した歪率計（ストレインゲージ）を用いる方法は簡単な装置で比較的良好の結果が得られるので、その方法を多少詳しく紹介しようと思う。

原 理

測感部は図1に示すようなうちわ形の円板に柄のついた形をしており、柄の支点の部分はリン青銅の薄い板になっておりその板に歪率計が貼ってある。流速の大きさにしたがって円板にかかる力が大きくなり、支点の歪みが増すので、その歪みを歪率計で検出するという簡単な原理を応用したものである。

初め L の長さのゲージが ΔL だけ伸びるか縮むかするとゲージの抵抗値 R が ΔR だけ変化する。ゲージ率 K は

1	測 感 板	5 ϕ ×0.5t	B ₈ P
2	ピ ー ム	1 ϕ ×0.1t	
3	保 護 管	5 ϕ ×0.8t	B ₈ T
4	カ バ ー	12 ϕ	B ₈ B _M -1
5	支 点 板	10×6×0.35t	PBP
6	ゲ ー ジ	日本電波製	PIB-5-350
7	支 持 体	8 ϕ ×15	B ₈ B _M -1

図1 測 感 部 の 1 例

* 昭和42年10月28日 受理

** Eiji O'Shima 東京大学 工学部 化学工学科