

# 「ヒートシールの数量化管理の研究」

## 【第1報】：溶着面温度の直接測定法 [“MTMS”] の開発

菱沼一夫\*

### Study of Quantative Control for Heat Sealing Technology [1st Report] Development of Measuring Method for Temperature of Melting Surface ; “MTMS”

Kazuo HISHINUMA\*

プラスチックの包装材料の利用にはヒートシールは不可欠な技法である。ヒートシールの完成には「温度」、「時間」、「圧力」が基本要素とされている。最も基本となる「温度」は溶着面の温度の計測が要求されているが、その計測法は確立されていなかった。

本研究は、12~45  $\mu\text{m}\phi$  の微細なセンサーを溶着面に挿入して、溶着面温度を直接測定する技法の開発に関するものである。研究の結果、温度；0.1 $^{\circ}\text{C}$ 、測定速度分解能；0.01 秒の性能を持った「溶着面温度測定法」の開発に成功した。

溶着面温度測定法の開発の成果は、他の2つの要素の「時間」、「圧力」の適正化の評価にも適用が可能である。

キーワード：溶着面温度測定法、溶着面温度、ヒートシール、微細センサー、圧着ギャップ

In order to use plastics as packaging materials, the heat sealing is an indispensable technique. “Temperature”, “time” and “pressure” are the basic elements to bring the heat sealing to completion. In the case of “temperature” which is the most basic, the measurement of the temperature of the melting surface is required. However, the measurement method has not been established.

In this paper, the technique to measure the melting surface temperature directly by inserting the minute sensor of 12-45  $\mu\text{m}\phi$  between melting surface is discussed. As result of this study, *The Measuring Method for Temperature of Melting Surface ; “MTMS”* which has the temperature accuracy of 0.1 $^{\circ}\text{C}$  and the measurement speed resolution performance in 0.001 seconds has been established.

The method for the evaluation of the melting surface temperature can also be applied to the evaluation of two other elements, “time” and “pressure”.

Keywords : “MTMS”, Heat Seal, Melting Surface Temperature, Minute Sensor, Pressing Gap

\*菱沼技術士事務所 (〒212-0054 川崎市幸区小倉 1232) :

HISHINUMA CONSULTING ENGINEER OFFICE 1232 Ogura Saiwai-Ward Kawasaki 212-0054, Japan

E-mail : RXP10620@nifty.ne.jp

## 1. 緒言

### 1.1 本研究の概要

プラスチックの包装資材は機能性、取り扱い性、コストの面から今日の日常生活の合理化に多大な貢献をし、不可欠なものとなってきている。

プラスチック資材を利用した容器や袋の製袋と封緘に適用されているヒートシール技法は、分子レベルの溶着が簡易な技法で達成できて、気密性と微生物侵入の制御がほぼ完璧に達成出来る機能を有している。このためには、接着面の確実な溶着を必要としている。

通常に製造されたプラスチックの熱特性の再現性は非常に高い。

随って、定量的に管理されたヒートシール技法の環境下では仕上がったヒートシールは同様に高い信頼性が期待できる。

ヒートシールの制御要素として、「温度」、「時間」、「圧着力」が広く知られている。

主制御要素である「温度」に対する定義は、材料設計の立場からは、溶着面を「熔融温度」に確実に達成させることであるにもかかわらず<sup>1)</sup>、世界的に観ても数十年の間、加熱体(加熱源)の出力調節に依存した“間接的な方法”で条件設定が行われている。

溶着完成の確認は、現場の製造設備の生産を中断して、運転速度と加熱温度を変化させて得られたヒートシールサンプルのヒートシール線に「引き裂き」、「加圧」等の応力を加えた剝離、破れ状態の事後検査測定／観察で評価<sup>2) 3)</sup>している。

このために

- (1) 材料の持つ固有の性能を確実に発揮させられない。

- (2) 確実な信頼性の保証を提示できない。
- (3) 条件設定に大量の資材、手間、時間を要している。

- (4) 更に製品の歩留まり、安全率を高くするために資材の高級化等のコストアップにもなっている。

- (5) ヒートシールの HACCP、「悪戯防御」の要求に対応できる理論確立ができない。等の課題を内在している。

実際的には

- (1) 実際の設備の長時間の生産休止に稼働率ロス(品種毎)

- (2) 数千回に相当する大量のテスト資材の消費ロス

- (3) テスト運転とテスト結果の人手評価(観察評価)

- (4) 溶着面の温度が直接の管理になっていないので、加熱条件は高めに設定することになり、ヒートシール部分に熱ダメージを与えることが多い

- (5) 多層フィルムの接着層に対する熱ダメージの考慮ができない

- (6) “イーザーピール”のような層間剝離を計画的に行わせる制御が困難

- (7) 運転状態の定量管理ができないので顧客に対するシール保証契約ができない

- (8) ヒートシールの品質管理が定量的にマネージメントできないので何時も不安が付きまとう。

- (9) 包装設備に設計、製作にヒートシール条件の仕様が定量的に提示されないので、製造条件の事前確認ができず、製造立ち上げに苦勞する

の課題が存続している。

本研究はプラスチック資材のヒートシール

加工の際の溶着面温度を直接測定する方法の開発を基にヒートシールシールのメカニズムの理論的解明を図り、プラスチック資材の有効利用に貢献しようとするものである。

以下に分割して報告する。

[第1報]：溶着面温度の直接測定法

["MTMS"] の開発

[第2報]：包装材料毎の溶着温度の確定法の開発

[第3報]：「溶着面温度測定法」；「MTMS」による従来法の定量化検証

本研究の基本である溶着面温度の測定法に「溶着面温度測定法」；「MTMS」と名付けた。

【溶着面温度測定法】；「MTMS」は溶着面に10~40 $\mu\text{m}\phi$ の微細センサを挿入して溶着面の温度を直接測定し、この情報を元にヒートシールのあらゆる解析と制御法の開発を可能にした。本報では、最も普及しているヒートジョー（Heat Jaw）によるケースを例にして論ずる。

【脚注】 ["MTMS"]；Measuring Method for Temperature of Melting Surface]

## 1.2 (第1報) の概要

ヒートシール技法の重要な点はヒートシラントを所定の熔融温度に確実に到達させることであるが、従来この理論的な検証方法が見出せなかったので加熱源の温度や超音波加熱、電磁加熱の場合は電気出力等の間接的方法によってヒートシール条件を決めていた。

これらの方法は適正調節範囲の制御性能が低かったので、包装材料側ではヒートシールの加熱温度帯がなるべく広くなるような考慮がなされてきた<sup>1)</sup>。しかし、ヒートシールの確実な達成には溶着面温度の直接測定情報は

依然として不可欠である。

筆者はこれらの課題に鑑み、実際の溶着面に微細センサーを挿入して、リアルタイムでの溶着面温度を測定、解析する方法「溶着面温度測定法」；「MTMS」を研究・開発した<sup>1)</sup>。

## 2. 理 論

### 2.1 ヒートシールの方式と特徴

ヒートシールは結晶性プラスチックの熱可逆性を利用した分子間接合技術である。

ヒートシールの完成にはヒートシラント（溶着層）に適正な加熱を行うことが必要である。ヒートシールの各加熱方式別に方法、加熱原理、特徴と用途をまとめると表1のようになる。

溶着面のみを選択的に加熱する方法があれば表層の熱伝達の影響を受け難く都合がよいがあらゆる条件を満足する方法はなく、材料構成、用途に応じた方式選択が必要である。

### 2.2 ヒートシールの熱流と温度分布

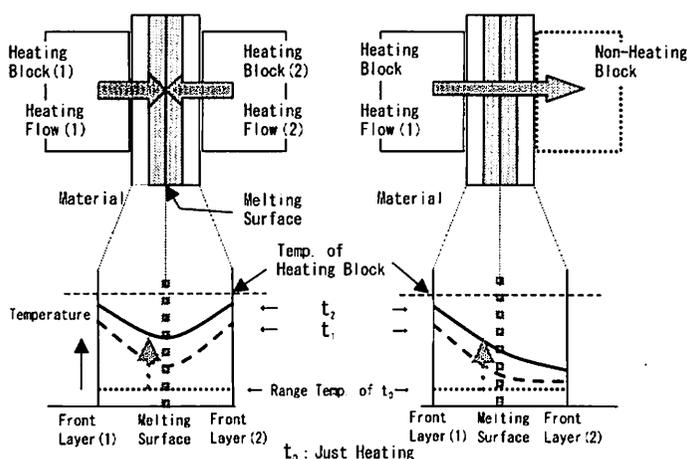
包装材料の表層から加熱する方法の熱流と包装材料内の温度分布のモデル化したものを図1に示した。(a)は両面同一温度の場合、(b)は片面加熱を示した。

同一温度の両面加熱の場合は熱流が溶着面に向かい溶着面が最低温となり、片面加熱の場合の熱流は非加熱側に向かって通過するので、非加熱面が最低温となるような分布を成す。温度分布は圧着後の時間経過とともに表層と溶着面は温度差を持ちながら上昇する。温度傾斜は加熱温度、包装材料の厚さと熱伝導特性によって決まる。

両面加熱はヒートバー、電界シールの場合

Table 1 Kind and Characteristics of Heat Seal Technology

Method	Heating Surface		Principle of Heating	Characteristics	Use
	Double	Single			
(1)Heat Bar	○	○	Conduction from Front Surface	·Big Capacity of Heating (Double) ·Influence of Cradle Temperature (Single)	·Lamination Film ·Single Layer Film
(2)Impulse	(○)	○	Conduction from Front Surface	·Small Capacity of Heating ·Heat Seal Fin is Small ·Easy Use, Low Cost	·Single Layer Film ·Lamination Film (Thin)
(3)Hot Air	○	○	Blow of Hot Air	·Direct Heating for Melting Surface ·Influence is Small of Heat Conductance of Base Material	·Paper Carton ·Tube
(4)Ultra Sonic		○	Energy Loss Spread Division	·Influence is Small of Heat Conductance of Base Material ·Inappropriate Character for Metal Material	·Single Layer Film (Heavy)
(5)Induction		○	Joule Heat of Conduction Material	·Need of Metal Material ·Heating Only Circumference	·Metal Multi-lyre Film ·Heating Only Circumference
(6)Electric Field	○	(○)	Flush of Electric Loss	·Influence is Large of Water Content of Base Material	·Paper multi Layer Sheet



(a) Heating Model of Double Heat (Same Temperature)

(b) Heating Model of Single Heat

Fig. 1 Heating Flow Model of Heating Block with Heat Sealing Action

に相当する。片面加熱はインパルス、インダクションシールの場合に相当する。

超音波、熱風加熱は複合型である。

両面加熱の場合でも加熱温度が同一でない場合は、圧着直後は両面加熱の熱流が起りある境界で温度が同一になると以降は片面加熱の熱流となる。

以上述べてきた方策を確認、達成するためには個々の加熱方法による溶着面のリアルタイムの温度応答を測定検証する必要がある。

特に片面加熱においての適正加熱条件は過渡応答状態のある範囲を選択する必要があり、溶着面温度計測が不可欠である。

### 2.3 包装材料の種類と加熱方法の選択

表層から加熱すると、その温度分布は図1に示したように、両面加熱では両面、片面加熱の場合は加熱側の表層は最も高温になる。

単一フィルムの場合には表層から熔融状態になりヒートシール面を熔融状態にするためには表層部も液状になる。両面加熱の場合は、ヒートシール面が液状化した包装材料は工業的な取り扱いが困難になる。

単一フィルムをヒートシールするには熔融状態にならない基材が必要であるので、片面加熱方式の選択によって一方の液状化を防御することが不可欠である。

表層部にヒートシーラントより熔融温度の高い材料を張り合わせる（ラミネーション）ことにより表層部の液状化を防ぎ、基材部は確保できるので、両面加熱の高速性を有効に利用することができる。

### 2.4 従来法の課題

従来のヒートシール調節は（加熱バー方式では）加熱バーの温度調節が条件設定の指標となっている。材料が替わるとその都度、実際の機械を長時間生産休止し、実際の材料を使い封緘し、ヒートシールテストのために大量の材料と人手を使い、加熱バーの温度と圧着時間の広範囲の変更の運転条件で得られた溶着サンプルを引っ張り試験<sup>2) 3)</sup>によるヒートシール強さと観察による間接的な検査で評価している。

従来の方法では、キーとなる溶着面温度の情報がないので、剥れシール（Peel Seal）や破れシール（Tear Seal）<sup>4)</sup>の識別や発生原因の究明は困難である。

資材メーカーの提示している“ヒートシー

ル強さ”のデータは測定条件が汎用化されていないので、ヒートシール装置が異なる現場でのシール条件の設定には適用しにくいものであった。

更に加熱ジョー（バー）の温度調節と被加熱面の温度との関係は、調節用の温度センサーの取り付け位置や周囲温度、気流等の運転環境で変動する要因も付加される。

実際には、溶着面温度で5~10°Cの調節条件が要求される。高速系のヒートシールでは、数百°C/Sec. ~100°C/Sec.の割合で上昇する高速な温度傾斜の途中の約20°C程度の温度幅の中で、繰り返しの圧着加熱制御をしなければならないので、圧着時間は0.01秒程度の時間精度を要求されている。

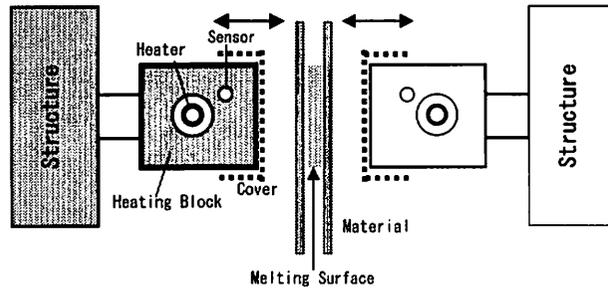
従来の技術では個別の加熱温度/圧着時間の定義と設定が困難であった。

### 2.5 ヒートシールのシミュレーション回路による従来法の不具合の解明

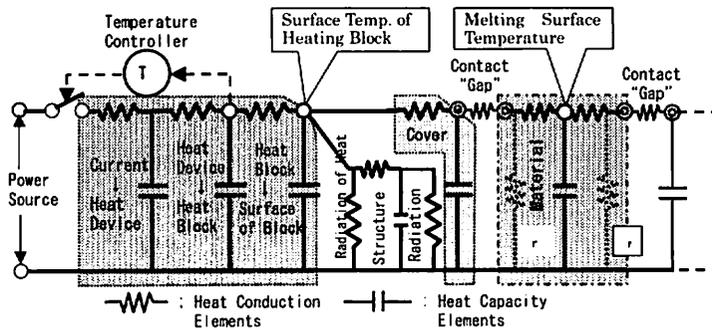
加熱体や熱伝導系の解析に電気回路の過渡現象解析法が古くから使われている<sup>5)</sup>。

ヒートジョー方式の加熱系と被加熱包装材料の熱伝導を含めた代表的要素の等価回路を図2に示した。この等価回路からも分かるようにヒートシール系の熱伝導系は相互干渉系である。すなわち系の一部に変動（外乱）があると各部位の温度値は干渉変動を起こす。従来法はヒートバーの温度を調節しているので、温度検出点以降の熱流点では従属的な温度分布となる。ヒートシールマネジメントは被ヒートシール包装材料の溶着面の温度を所望の温度範囲内に、設定した時間内に到達させることである。

図2のシミュレーションから見ても分かる



(a) Model of Heat Sealing [Jaw Type]



(b) Analog Indication of Heat Sealing for Jaw Type [Showned One Side]

Fig. 2 Simulation Circuit For Heat Seal of Heating Jaw

ように溶着面温度は加熱伝導系の多くの外乱の影響を受けることが分かる。少なくとも包装材料の固有の特性のみに依存する制御系の構築が要求される。この論理に基づけば、ヒートバーの表面温度と溶着面温度の関係の把握が出来れば、表面温度の制御/モニターによって、他の外乱の影響を消去でき、包装材料毎のヒートシール特性が把握でき測定情報の汎用化ができる。

### 3. 実験

ヒートシールの定量的な管理には実際の状態の溶着面温度の直接測定が不可欠であることが分かった。溶着面温度の直接測定法の

研究/開発方法を次に論ずる。

#### 3.1 溶着面温度の直接測定法の開発の課題

微細な溶着面の温度測定に要求される課題を列举すると次のようになる。

- (1) 10~50  $\mu\text{m}$  の微細部分の温度測定
- (2) センサーの挿入による熱伝導系の熱伝導の遅延と攪乱の極小化
- (3) 高感度温度検出 ( $\cong 0.1^\circ\text{C}$ )
- (4) 高速測定 ( $\cong 10 \text{ m Sec.}$  以下)

#### 3.2 測定機材の開発

課題を具現化するために各要素の開発/研究を次の方法で行った。

### 3.2.1 センサー

微細部分の温度計測に適用できるセンサーとしては、

- (1) 熱電対
- (2) サーミスタ

の採用が考えられる。

熱電対は温度 / 電圧変換素子で金属の固有特性で温度 / 電圧が決まるので素子間の互換性能が非常に高い。しかし変換感度は小さく ( $\cong 0.04 \text{ mV}/1^\circ\text{C}$ )、高感度の直流増幅が必要であり、出力の電圧信号の処理が大変である。

他方サーミスタは温度 / 抵抗変換素子である温度 / 抵抗の変換は対数状に変化するので感度は高い。しかし初期抵抗値を同一に製作するのが困難で互換性に難がある。

本研究では、熱電対のクロメル / アルメル (CA="K") を採用して、市場から手に入る素線 ( $13.25.45 \mu\text{m}\phi$ ) を研究者の自作によってセンサーを細工した。

### 3.2.2 温度計 (増幅器) の選択

熱電対 (CA="K") の出力電圧は  $\cong 0.04 \text{ mV}/1^\circ\text{C}$  である。  $0.1^\circ\text{C}$  の分解能を得るためには、少なくとも  $0.05^\circ\text{C}$  の感度が必要である。これは電圧にすると  $2 \mu\text{V}$  ( $2 \times 10^{-6} \text{ V}$ ) になる。このためには安定した 120 db 以上の高感度の直流増幅器が必要となる。

ヒートシールの溶着面温度の変化速度は操作の速度によって決まる。

実際の運転速度や材料の厚さから推定すると数百 $^\circ\text{C}/\text{Sec.}$   $\sim 100^\circ\text{C}/\text{Sec.}$  の高速な温度傾斜になる。これは  $0.01 \sim 0.005 \text{ Sec.}/^\circ\text{C}$  となる。

溶着面温度を直接測定するためには、高感度かつ高速の信号処理系が必要であることが分かった。

更にデータをコンピュータの処理するために A/D 変換機能を付加した。

取り扱う温度レンジを常温 $\sim 250^\circ\text{C}$  とすると、アナログレベルの分解能を保証するためには、少なくとも 4 桁のデジタル演算機能が要求される。このためには BCD 系のデータ処理では、16 bit が要求されることが分かった。

### 3.2.3 データ蓄積と伝送

本研究の溶着面温度の直接測定方法は、材料の熱応答特性、加熱体の表面の斑等の関連周辺情報を収集できると共に、微細部分の温度測定方法としても使える機能を有している。

採取データの時間軸の信頼性を保証するためには解析範囲のデータは少なくとも 200 ヶ (0.5%) を通常的に要求される。測定データのコンピュータへの送信、格納機能を付加しデータ保存の自動化を図った。

### 3.2.4 処理ソフトの開発

1 つの測定では少なくとも 200 ヶ以上のデータが収集される。

このデータを情報化するためには、加減乗除の演算やデータ移動、グラフ等の作図操作が必要である。本研究では、マイクロソフト社の EXCEL ベースでのデータ処理ができるように各種の処理ソフトを開発し、データ処理の迅速化を図った。

説明に使用している測定データはこの方法によって処理している。

代表的な汎用アプリケーションは 1 本の標準データからパソコンによる任意温度の「溶着面温度のシミュレーション」がある<sup>6)</sup>。

## 3.3 [溶着面温度測定法] の構成 (手動式)

記述した「溶着面温度測定法」; "MTMS"

の実際の測定システムの構成例と各機材の仕様を図3に示した。

## 4. 結果

### 4.1 開発システムの性能

#### 4.1.1 センサーの選択

溶着面温度の測定の最大の課題は溶着面にセンサーを挿入することによって溶着面の温度変化に影響を及ぼすことである。この状態を検証するために太さの違う3種(13、25、45  $\mu\text{m}\phi$ )素線を使いセンサーを製作した。13  $\mu\text{m}\phi$ の素線の目視は困難で拡大鏡下の作業が必要であった。更に素線の電気抵抗が大きく、センサー毎の校正が必要であった。溶着面への装着も難しい。

25、45  $\mu\text{m}\phi$ のセンサーは比較的扱いが容易で実用性には問題が少ないものであった。

#### 4.1.2 応答性能

センサーは応答速度の向上と太さを小さくするため“裸線”にしている。

センサーそのまま圧着するとヒートバーの金属面との接触で「ショート」が起こり計測が阻害される。本研究では市場に出回っている最も薄いPET 12  $\mu\text{m}$ のシートに挟んで比較測定した。この応答の測定結果を図4に示した。

同様に各種の包装材料の応答比較と包装材料、センサーの応答相似回路を図5に示した。包装材料とセンサーの応答遅れは二つの抵抗(R)と電気容量(C)の直列回路になる。

図5の上段の表に示した数値は下段に示した応答式に相当する実際の測定結果になる。R、Cの決定を行わなくともこの結果から各センサーと材料の複合応答が推定できる。

図5の応答式中「 $s$ 」は微分方程式をラプラス変換した表示である。

95%の応答結果から、12  $\mu\text{m}$ のPETの応答結果から13  $\mu\text{m}\phi$ センサーの応答は11ms以下と言える。25  $\mu\text{m}\phi$ センサーと13  $\mu\text{m}\phi$ センサーの応答の相違は $\approx 1$ msである。これらの結果から10ms程度の応答遅れは12

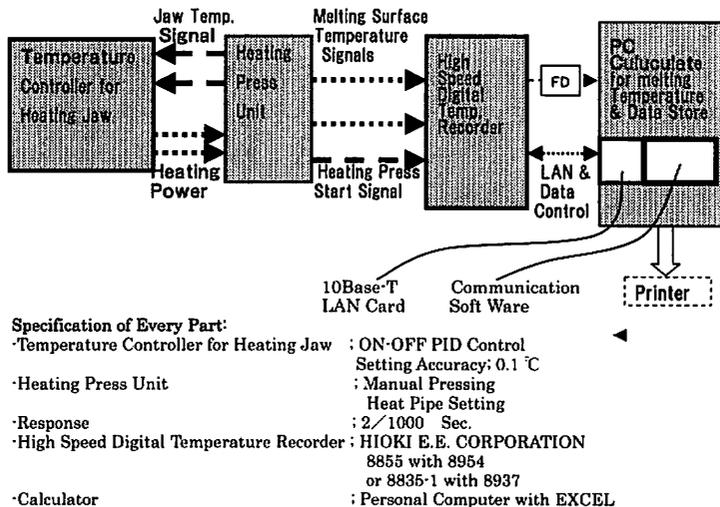


Fig. 3 "MTMS" KIT Construction of Handy Type

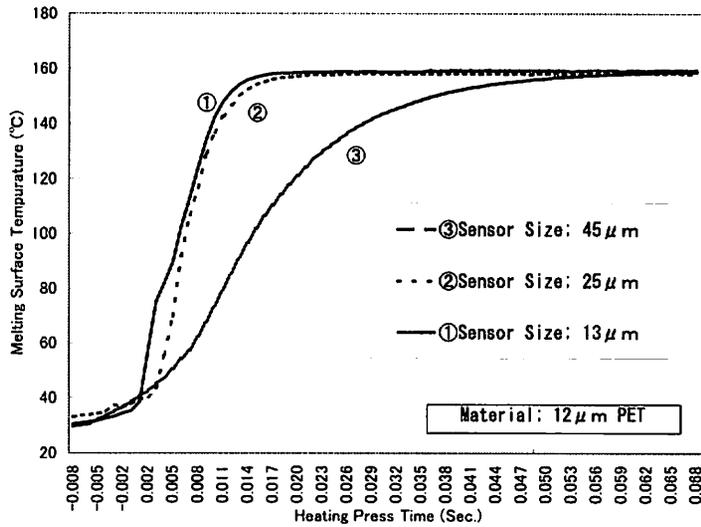


Fig. 4 Temperature Response of Minute Sensor

Kind of Sample Thickness/Material	Size of Sensor ( $\mu\text{m}$ )	Response Of 63.2% (Sec)	Response of 95% (Sec)
12 $\mu\text{m}$ PET	13	0.006	0.011
	25	0.007	0.012
	45	0.016	0.036
25 $\mu\text{m}$ Nylon	25	0.007	0.016
	45	0.017	0.037
30 $\mu\text{m}$ CPP	25	0.011	0.025
	45	0.035	0.060
75 $\mu\text{m}$ OPP/Al metalize	25	0.045	0.160
	45	0.057	0.180
100 $\mu\text{m}$ Dried Paper	25	0.042	0.130
	45	0.056	0.150
75 $\mu\text{m}$ Teflon	25	0.036	0.110
	45	0.050	0.130

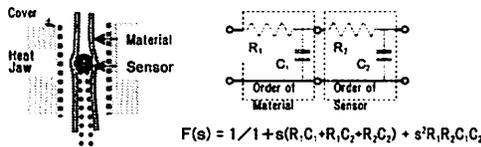


Fig. 5 Heat Conduction Mechanisms of "MTMS"

$\mu\text{m}$  PET 伝熱の遅れと見ることができる。

25  $\mu\text{m}\phi$  センサーの Nyl. の応答では 16 ms であり、この応答は 14 ms が 25  $\mu\text{m}\phi$  センサーの Nyl. の応答遅れと見ることができる。同様にして 45  $\mu\text{m}\phi$  センサーの応答遅れは  $\approx$  20 ms と定性できる。

30  $\mu\text{m}$  以上の包装材料の場合は、45  $\mu\text{m}\phi$

のセンサーでも実用的には十分供用できることが分かった。

#### 4.1.3 応答計測の再現性の維持

溶融温度を通過するとプラスチック材料は液状化する。強い圧着力が加わるとヒートシーラントは圧着面から流出する。すなわちセンサーは加熱体の表面に直接接触したり圧着面のミクロの凹凸によって熱伝導が変化するので、正しい溶着面温度を計測したことになる。これを回避する方策として圧着ギャップを設定して測定するようにした。この方策を図6に示した。図6の方法で、約 0.2 MP での圧着結果を図7に示した。

図7(b)に示したとおり、加熱温度範囲で熱変性の小さい紙の場合は全圧着と圧着代 [(全厚さ) - (ピロー高さ)]  $\div$  0.02 mm と 0.07 mm の応答に大差のない結果を得た。

熱溶融性の PE の場合は全圧着と圧着代  $\div$  0 mm, 0.02 mm (13%), 0.05 mm (33%), 0.08 mm (53%) の効果を測定した結果を図7(a)示した。ピローの効果は、初期の圧着圧

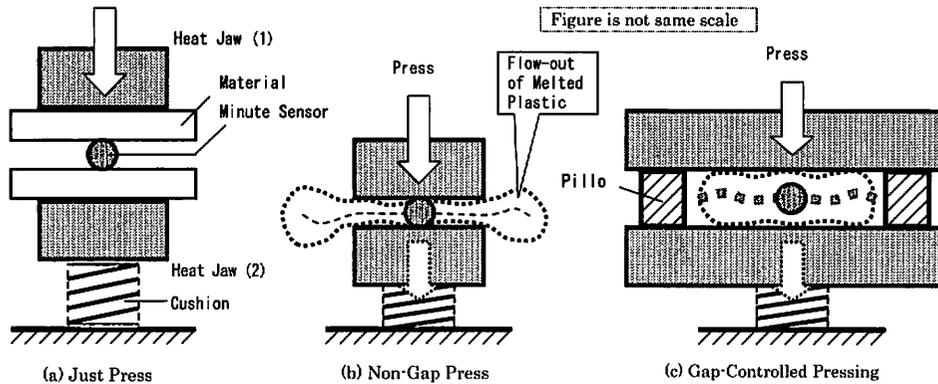


Fig. 6 Gap-Controlled Press for “MTMS”

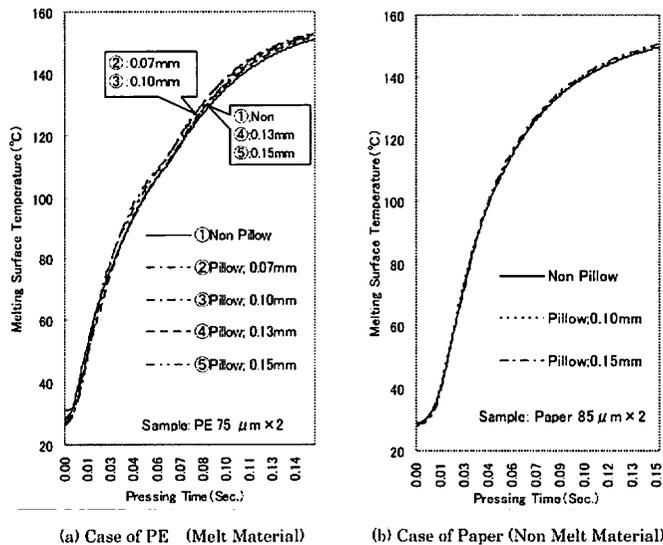


Fig. 7 Setting Effect of Pillow for Heat Jaw

は設定圧力が付加し、加熱による軟化 / 溶解が進行すると圧力は自動的に減少して、溶融移動が自己制御される。

図7のデータを解析してみると、圧着代が0.0 mmと0.05 mmでは、材料のマイクロな歪みが残る接触が不十分で熱供給の不足が観られる。全圧着では、高圧着による表層部の溶融とズレによって、溶着面への加熱遅れが観

られる。溶着面温度応答は圧着代0.08～0.10 mm (55～33%) 付近に安定した結果が得られた。この知見は、生産工程の圧着調整にも応用できるものである。

#### 4.1.4 測定速度 / 検出温度精度

測定速度、検出温度精度は熱電対の出力信号の処理装置 (増幅器) の性能によって決定される。市場に出回っている種々の機器の

適応性を検討した結果、日置電機(株)の「8855 メモリハイコーダ」と温度測定ユニット「8954」を採用した<sup>7)</sup>。

この器材の温度測定に関する特性を示すと

- アナログ / デジタル変換 ; 16 bit (デジタル分解能 ; 4桁)
- 温度分解能 ; 0.1°C
- 時間分解能 ; (サンプリング周期)

最小 4 k S/sec.

- 増幅器の周波数特性 ; DC ~ 1 K Hz  
(+1 ~ -3 db)
- 実効時間分解能 ; 1 ms

この性能は市場に出回っている包装材料の

最小の厚さのもの (PET ; 12 μm) にも対応できる。

#### 4.1.5 “MTMS” キットの開発

ヒートシールの溶着面温度の測定条件を満足し、容易に実施できる測定キットを開発した。図3の構成をベースに組み上げた全体を写真1 (a)、圧着ユニット部を (b)、測定後のサンプルを (c) に示した。

## 5. 考 察

(1) 溶着面という微細部位の温度測定は測定素子の熱容量による加熱系の熱流攪乱が懸念されるが、微細センサーを適用することで実用的には問題のないシステムを構築できた。

(2) センサーの出力は微小であるので高感度の増幅器が必要であった。

又、信号の変化速度は数 ms の時間分解能を必要することが分かった。

(3) 大量のデータを処理するのでコンピュータとの通信機能が要求された。

(4) 汎用化した溶着面温度測定システムの構築には廉価な高速、高感度な電気信号処理システムが不可欠である。エレクトロニクス技術の大いなる発展で溶着面温度測定法 ; “MTMS” の構築ができた。

## 6. 結 論

プラスチックはヒートシール技法と共に包装の基本機能の達成に貢献してきた。

しかし経験的な知見や間接的方法によってその評価がなされて来ていた。

本研究によって、溶着面温度情報の測定方

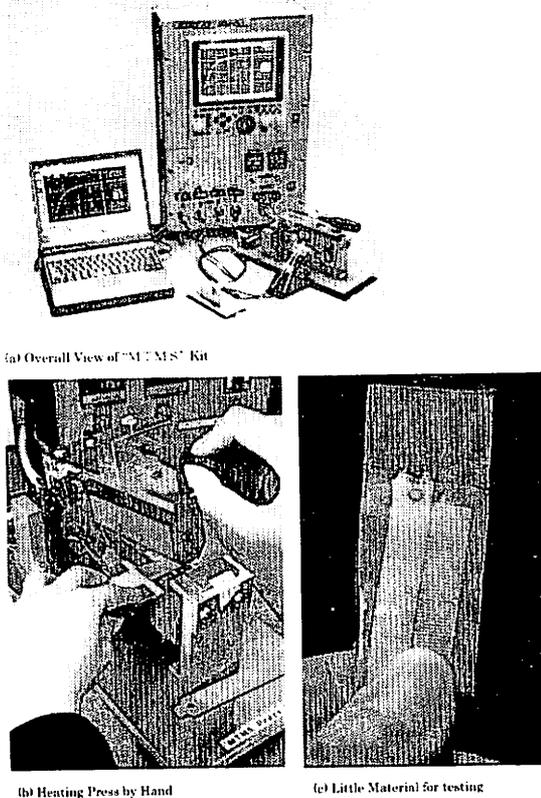


Photo 1 “MTMS” Kit Manual Type

法を確立することができたので、プラスチックの包装材料のヒートシールと周辺の定量的な解析が格段と進展することが期待できる。

<引用文献>

- 1) Geroge L.Hoh;(Donald A. Vassallo, E. I.)  
Du Pont de Nemours and Company, US  
Patent NO. 4,346,196, p. 6, Aug.24, 1982
- 2) JIS : Z 0238 (1998)
- 3) ASTM Designation : F88-00 (2000)

- 4) 菱沼一夫、第8回日本包装学会年次大会  
要旨集、p.16～、(1999)
- 5) 高橋安人、自動制御理論、岩波書店、  
p.15 (1954)
- 6) 菱沼一夫、第12回日本包装学会年次大会  
要旨集、p.82～、(2003)
- 7) 日置電機(株) カタログ No.8855J7-25  
M-05K

(原稿受付 2004 年 12 月 3 日)

(審査受理 2005 年 3 月 1 日)