

広島県立西部工業技術センター報告

No. 28

October 1985

目 次

抄 録	
一 報 文	
1. コンピュータ・グラフィックスによる工業団地騒音レベルコンターの予測	吉野信行・岡田芳雄・田尾博幸・大下 巖 1
2. ギヤードモータを用いた傾角位置決め装置の試作	永山博夫・打田澄雄・斉藤昭一 5
3. プラスチック成形過程における温度制御システムの開発	田尾博幸・岡田芳雄・吉野信行・西開地勲二 8
4. 強度磁界・静電気による電子機器の擾乱防止	検知和生・馬場祥宏 12
5. 食品濃縮における自動制御技術の実用化に関する研究	馬場祥宏・藤田政信・大下 巖・安部卓蔵 井山義雄 16
6. セラミックスのレーザ加工	南良良治・藤田政信・酒井隆司・池田哲宏 土取 功 20
7. パーソナルコンピュータによるシルエット検査及び検査データの管理システムの開発	永山博夫・打田澄雄・奥川義行・新谷 翼 24
8. プレス金型の自動設計用ソフトウェアの開発	小池 明・斯波信雄・京極秀樹・畑 徳宜 福田宗行・岸本三和 28
9. CADシステムによる機械部品の標準化と最適設計	斯波信雄・兼広二郎・中塚武之・小林賢治 32
10. 精密鑄造による金型の製作	原 信彦・世良時夫・横山宏樹・新田 明 筒本隆博 36
11. Sn-Ni合金めっきに関する研究	梶岡 秀・清水達磨・新田 明 40
12. 原子吸光法によるロジウム定量における干渉現象	渡部英雄・田谷征雄・日色和夫 44
13. 炭素繊維強化プラスチックによる機軸材料の開発とその耐久性	好廣芳邦・土取 功・大橋俊彦・筒本隆博 山泉康男・酒井隆司・高崎宗利・関 守雄 世良時夫・原 信彦・藤本宗之・野地英治 新田 明・渡部英雄・梶岡 秀・藤田政信 48

広島県立西部工業技術センター

BULLETIN
of the
INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE,
HIROSHIMA PREFECTURE, WEST

October 1985

Contents

Vol. 28

Scientific Papers

- A Prediction of Noise Level Contour-Map for Inland Industrial Belt Zone by Using Computer Graphics
YOSHINO Nobuyuki, OKADA Yoshio, TAO Hirayuki and OSHITA Iwao 1
- Development of Simple Positioning System using Chain Drives and Inverter
NAGAYAMA Hiroo, UCHIDA Sumio and SAITOO Shiyochi 5
- A Development of Temperature Control System for Hot Water Bath of Plastic Processing
TAO Hiroyuki, OKADA Yoshio, YOSHINO Nobuyuki and NISHIGAICHI Kunji 8
- Study on the Preventive Measure of Electro-Magnetic Interference (EMI) and Electrostatic dam
which affects Electronic Equipments.
HIGAKI Kazuo and BABA Yoshihiro 12
- Food Concentration Technique by Automatic Control for Practical Use
BABA Yoshihiro, KAMADA Masanobu, OHSITA Iwao, ABE Syouzou and IYAMA Mitsuo 16
- Laser Beam Machining of Ceramics
NARA Ryoji, KAMADA Masanobu, SAKAI Takashi, IKEDA Tetsuhiro and THUTITORI Isao 20
- Measurement of Silhouetter's Pictures and Management System of Patient's Data with Personal
Computer
NAGAYAMA Hiroo, UCHIDA Sumio, SOMEKAWA Yoshiyuki and SHINTANI Tsubasa 24
- Development of Software for Automated-Design of Metallic Molds
KOIKE Akira, SHIBA Nobuo, KYOGOKU Hideki, HATA Noriyoshi, FUKUDA Muneyuki
and KISHIMOTO Mitsukazu 28
- Standardization and Optimal Design of machine parts by CAD system.
SHIBA Nobuo, KANEHIRO Jiro, NAKASHIO Takeuki and KOBAYASHI Kenji 32
- Manufacturing forging die and metallic mold by precision casting
HARA Nobuhiko, SERA Tokio, YOKOYAMA Hiroki, NITTA Akira and TSUTSUMOTO Takahiro 36
- Study on Sn-Ni alloy plating
KAJIOKA Hideshi, SHIMIZU Tatsuma and NITTA Akira 40
- Interference in the Determination of Rhodium by Atomic Absorption Spectrometry
WATANABE Hideo, TADANI Isao and HIRO Kazuo 44
- Study of High Performance Composites By Carbon Fiber Reinforced Plastics and Their Durability
YOSHIMITSU Yoshikuni, TSUCHITORI Isao, OHASHI Toshihiko, TSUTSUMOTO Takahiro,
YAMAGATA Yasuo, SAKAI Takashi, TAKASAKI Munetoshi, SEKI Morio, SERA Tokio,
HARA Nobuhiko, FUJIMOTO Muneyuki, NOJI Hideharu, NITTA Akira, WATANABE Hideo,
KAJIOKA Hideshi and KAMADA Masanobu 48

Published by

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE, HIROSHIMA PREFECTURE, WEST

6-21, Nishichuo 3chome Kure-shi

Hiroshima 737 Japan

コンピュータ・グラフィックスによる工業団地騒音レベルコンターの予測

吉野信行, 岡田芳雄, 田尾博幸, 大下 巖

近年, 内陸工業団地の造成による工場集約化が推進され, 広域的騒音環境アセスメントがますます重要となってきた。特に集約化された大規模工場の騒音防止技術においては, 各工場の異種特定施設の混在による音の伝搬特性に関する特殊性・複雑性から従来のような工場個々の騒音防止対策では, 広域的な環境騒音保全には対応できない。これらの背景を踏まえ, 本研究で

はコンピュータ利用による大規模工場を対象にした騒音予測システムを開発した。本システム開発の成果は, 工場新設・増設における事前設計段階で積算処理の効率化, 対策の修正・変更に対する防止効果の迅速的な直示把握など既設・新設工業団地の騒音防止に関し, 公害融資・巡回指導等に大きく貢献すると思われる。

P 1~4 表1, 図6, 写真0, 文献3

ギヤードモータを用いた簡易位置決め装置の試作

永山博夫, 打田禮雄, 斉藤昭一

従来の位置決め装置は, 直流サーボ, ボールスクリーン, ボールナット等を組合せているが, 価格が高く強度面でも無理ができないものとなっている。本研究では, これらの欠点を除去し, コストが安価で堅牢な簡易位置決め装置を試作した。

試作した簡易位置決め装置は, ギヤードモータを動力源として用い, ローラチェーンを介してスライド

ユニットを駆動する。位置検出は, ロータリエンコーダを用い, 速度調節はインバータで行った。コントローラとしては, パーソナルコンピュータ及びプログラムブルコントローラを使用できる。本装置の繰返し精度は±1mm, 最大速度は210mm/secであった。

P 5~7 表0, 図5, 写真2, 文献1

プラスチック成形過程における温度制御システムの開発

田尾博幸, 岡田芳雄, 吉野信行, 西開地勲二

プラスチック成形加工は, 成形加工工程における各種条件によって製品の寸法が変化し, 製品の寸法を一定範囲内に維持する事は容易ではない。なかでも, 成形過程の温度を一定に保つことは, 品質安定化の最も重要な条件の一つである。

本研究では, この温度制御にマイコンを使用することにより, 高精度でかつ安定で, 各種外乱に対する適

応性を考慮したフレキシブルなシステムを開発した。その結果, 製品の高精度化に寄与し, 歩留りの向上に役立った。

またこのシステムは, 他の分野の高精度を必要とする各種温度制御にも使用でき, センサ部および出力部を変更すれば, 各種制御にも, 用途に応じた技術移転が可能である。

P 8~11 表0, 図6, 写真1, 文献3

強度磁界・静電気による電子機器の擾乱防止

松垣和生, 馬場祥宏

コンピュータ等電子機器から発生する電磁波は放送通信に対する公害として深刻な問題となっており, これに対し規制を加えることが検討されている。

一方, 静電気はICを扱う事業場, コンピュータールーム, 危険物を扱う場所等で問題となっている。そこで静電気帯電防止に必要な材料の電気的性質及び電磁波障害防止について検討した。

導電性を付与した高分子材料は固有抵抗が $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下になるに従い静電気帯電減衰が顕著になる。また放射線障害波の距離的減衰は発振源にごく近い場所, 即ち近接界では距離が倍になるに従い18dB減衰する。しかしながら, これは壁面からの反射など周囲の環境によって大きく異なり, これらの点を考慮して防止対策を検討する必要がある。

P 12~15 表0, 図8, 写真0, 文献3

抄 録

広島県立西部工業技術センター報告(No.28)

食品濃縮における自動制御技術の実用化に関する研究

馬場祥宏, 蒲田政信, 大下 巖, 安部章蔵, 井山潤雄

昭和58年度から、広島県立西部工業技術センターと広島県立食品工業技術センターの共同研究により、自動制御方式による食品濃縮技術に関する研究を行ってきた。

本研究は、マイクロコンピュータを中心とする自動制御技術により、熟練技術者の技能をソフトウェアの形に表現し、高級つばあんの無人製造を可能とする技

術を開発するものである。

58年度研究成果をふまえ、59年度研究では自動制御による高級つばあん製造装置の実用化を行った。

食品濃縮加熱釜の形状の改良及び大型化により、約3倍の処理能力拡大を実現した(製品あん量21g)。また、制御能力の向上、液面センサの変更、停電時対策機能の付与により、信頼性が格段に向上した。

P 16~19 表0, 図7, 写真1, 文献1

セラミックスのレーザー加工

南良良治, 蒲田政信, 酒井隆司, 池田哲宏, 土取 功

セラミックスの高速加工と用途拡大を目標として、レーザーによる高精度切断及び穴あけ加工法の研究を行った。アルミナ、ジルコニアなどのセラミック材料をCO₂レーザー加工機により、レーザー出力、加工速度補助ガスなどのレーザー加工条件を変化させて、加工精度、品質特性との相関性を求める目的で実験を行った。

実験結果から、アルミナ、ジルコニアのレーザー切断

では、表面あらかさ、切断加工幅などの加工品質とレーザー出力、加工速度の関連性について、実用化可能な知見を得ることができた。また、穴あけ加工はレーザースポット径に影響されるが、微細な穴あけは可能でありジルコニアはアルミナに比較して、穴の拡大しろは大きく、またパルス出力による穴の拡大しろの変化は、デューティ比が大きいかほど拡大しろが小さくなる。

P 20~23 表1, 図6, 写真1, 文献4

パーソナルコンピュータによるシルエット検査及び検診データの管理システムの開発

永山博夫, 打田澄雄, 染川義行, 新谷 翼

安芸地区医師会では児童及び生徒の姿勢異常の早期発見・早期治療のため、一次から三次にわたる集団検診を実施している。しかしそれぞれの検診で、様々な問題点が起こってきた。その中で特にシルエット法による二次検診では、次のような問題が生じてきた。

(1) 検査センターでしか実施できないため被検者の負担が大きい。(2) 測定者による個人差並びに目視に

よる誤差が生じる。さらに一次から三次にかけての検診データは膨大なものとなり、データ処理は多大な時間と労力を要している。

そこで、二次検診における測定の簡便化及び高精度化と、検診データの効率的かつ迅速な処理を行うため本システムを開発した。

P 24~27 表0, 図7, 写真1, 文献1

プレス金型の自動設計用ソフトウェアの開発

小池 明, 斯波信雄, 京極秀樹, 畑 徳宜, 福田宗行, 岸本三和

汎用コンピュータの支援により、プレス金型の自動設計用ソフトウェアを開発した。本ソフトウェアは簡単な定義語を入力するだけで図形生成、図面編集およびNC加工のためのデータ作成が行えるようにしたものである。図形生成においては直線、円弧のほか、自由曲線が使え、これらをオフセットしてNC加工におけるカット中心軌跡を求めることができる。また、

図面編集においては、階層化された部品データを用いることで部品配置や図面修正が容易に行える。

P 28~31 表0, 図10, 写真0, 文献4

CADシステムによる機械部品の標準化と最適設計

斯波信雄, 兼広二郎, 中塚武之, 小林賢治

設計者が機械部品の設計を行う際には、形状の記述と強度評価をくり返ししながら最適形状を求めてゆくが、その手段の一つとしてCADシステムに有限要素解析用ソフトをリンクしたシステムが市販されている。しかしリンクできるのは大型のCADシステムに限られており、有限要素解析用ソフトも高価なものである。そこでCADシステムに容易に導入できる二次元有限

要素解析用ソフトを開発し、当支所のCADシステムに組み込んだ。このことにより、CADで作成した図形に対して容易に強度評価シミュレーションを行うことができるようになり、CADシステムが作図のためだけでなく、設計分野にも利用できるようになった。現在は二次元平面応力解析のみであるが、他のこともできるように機能を追加してゆく予定である。

P 32 ~ 35 表0, 図7, 写真0, 文献2

精密鑄造による金型の製作

原 信彦, 世良時夫, 横山宏樹, 新田 明, 筒本隆博

金型の加工工数を減少させる目的でショウプロセスによる金型の製作を試み、鑄造模型用金型及び鍛造用金型の試作を行った。ショウプロセスに使用したエチルシリケートの加水分解液はシリカ濃度を30%にしたものを用い、抜型及び一次焼成のタイミングは鋳物砂生型硬度計を使用して硬さで管理した。

鑄造模型用金型は肉厚が薄く複雑な型状のためゴム

模型を使用し減圧鑄造によって作製した。鍛造用金型は比較的加工工数を必要とする。かき歯車製作用の型で材質はSKD61とした。強度は鑄造のままでは低い値を示すが適正な熱処理をすることにより改善することができた。また、表面アラサは20~30Sで鑄造のままか、少し手を加えるだけで使用できる値を示した。

P 36 ~ 39 表3, 図4, 写真3, 文献2

Sn-Ni 合金めっきに関する研究

梶岡 秀, 清水達磨, 新田 明

プリント配線板の接点、端子部に、金めっきの下地めっきとしてSn-Ni合金めっきを用いると、様々な腐食環境下で耐食性が向上することが知られている。今までにSn-Ni合金めっき浴としてフッ化浴、ピロリン酸浴、塩化浴が有用な方法として検討されている。比較検討した。その結果は、(1)光沢の良い電析物は、フ

ッ化浴でDk 0.5~3A/dm²、ピロリン酸浴でDk 0.1~1.5A/dm²、塩化浴はDk 2~8A/dm²で得られた。(2)光沢の良い電析物のSn含有率は三者の浴とも約70wt.%で各浴とも電流密度による影響は小さかった。(3)電析物の硬さはHv 400~500で、延性も三者ともほぼ同様であり、Sn含有率が一定ならばめっき浴の種類による影響は小さいことがわかった。

P 40 ~ 43 表2, 図4, 写真2, 文献8

原子吸光法によるロジウム定量における干渉現象

渡部英雄, 田谷征雄, 日色和夫

空気-アセチレンフレームや亜酸化窒素-アセチレンフレームを用いて、ロジウム定量における酸及びアルカリ塩類の干渉について検討した。

酸の干渉は、フレームの温度により異った傾向を示すが、ロジウムと酸構成原子との化合物の揮発性や解離度に左右される。

一方アルカリ塩類の干渉は、亜酸化窒素-アセチレ

ンフレームでは、イオン化干渉と思える現象が認められた。

P 44 ~ 47 表0, 図6, 写真0, 文献7

抄 録

広島県立西部工業技術センター報告 (No. 28)

炭素繊維強化プラスチックによる機能材料の開発とその耐久性 (地域技術活性化事業中核技術研究開発事業)

好義芳邦, 土取 功, 大橋俊彦, 筒本隆博, 山県康男, 酒井隆司, 高崎宗利, 関 守雄
世良時夫, 原 信彦, 藤本宗之, 野地英治, 新田 明, 渡部英雄, 梶岡 秀, 蒲田政信

炭素繊維を工業分野へ導入する目的で種々の検討を
実施中である。本報では4項目について報告する。

①ポリマーブレンドによる環境劣化の改善: オルソフ
タル酸系不飽和ポリエステル樹脂にメチルメタクリレ
ート及び軟質樹脂をブレンドすることにより耐候性及
び層間強度が向上した。ビニルエステル樹脂は単独で
耐候性が良好であり, 層間強度の向上だけを認めた。

②ハット型構造体の試作と評価: ウレタンコアFRP
製ハット構造体のハット頂部に炭素繊維を一方向に配
置することにより顕著な曲げ剛性の向上を認めた。③
Hybrid CFRPの疲労特性とCFRMの試作: 疲労のS
-N線図は直線となり, 疲労限強度は繊維配向に支配
される。④アルミマトリックスによるCFRMの試作: 高
弾性率が良好である。高強度メッキ糸は脆化が激しい。
P 48~59 表 3, 図 20, 写真 6, 文献 10

コンピュータ・グラフィックスによる工業団地騒音レベルコンターの予測

吉野信行, 岡田芳雄, 田尾博幸, 大下 巖

A Prediction of Noise Level Contour-Map for Inland Industrial Belt Zone by Using Computer Graphics

YOSHINO Nobuyuki, OKADA Yoshio, TAO Hiroyuki and OSHITA Iwao

In recent years, due to the arrangement of road traffic networks and the severity of environmental noise standard in the urban districts, because of the creation of an inland industrial belt zone, the intensive industry has gradually increased. Especially, on the noise control technique for the large-scale industry, from the speciality and the complexity of sound propagation characteristics by mixed unit institutions in industry, it is not easy to control the environmental noise in large-scale industry.

In this study, the environmental noise assessment of large-scale industry is concentrated on. we have developed the prediction program of the noise level contour-map for inland industrial belt zone by using computer graphics. The effectiveness of our program is confirmed by comparison between estimated value of contour-map and the estimated value of reference(1).

1. 緒 言

近年、市街地・臨海沿岸部における工場・事業所は、新設・増設に関する敷地面積の制約、地域環境保全に関する騒音規制の厳しきなどから、内陸山間部の工業団地へ、集約化が推進され内陸工業団地がますます増加する傾向にある。特に、工場集約化された大規模工場の騒音防止に関しては、工場の異種特定施設の混在による音響伝播特性の特殊性・複雑性から、従来のような工場個々の騒音防止対策では、広域的環境騒音保全には対応できないと考えられる。これらの騒音防止に関しては、各工場の建屋・施設のレイアウト、建築材料の選択、周辺環境の防音対策等、あらかじめ事前設計段階で敷地境界線および特定地点において、騒音レベルが目標値を満足するように環境騒音アセスメントを考慮することが重要である。これらの背景から、既にいくつかの企業・公設機関^{1),2),3)}で、コンピュータを利用した工場騒音予測システムが開発されている。

広島県においても内陸工業団地の広域環境騒音保全に関する騒音予測システムの開発が急務となっている。そこで、本研究では、まず工場騒音予測を工場屋外に限定、騒音予測システムを開発し、その有効性についての確認を行った。

2. 理論的背景²⁾

2.1 音源の距離減衰

公知の如く、工場予測騒音に関する距離減衰式は、点音源、線音源、面音源及び立体音源に関する種々の予測式が提証されている。本研究では、点音源の距離減衰式を基本とし、線音源、面音源については、線の素性を失わない程度に分割、等価点音源の集合として演算処理した。以下、本システムで採用した距離減衰式を示す。

1) 自由空間にある点音源

$$L_p = L_w - 20 \log r - 11 \quad (1)$$

2) 半自由空間にある点音源

$$L_p = L_w - 20 \log r - 8 \quad (2)$$

パワーレベル L_w が未知の場合は、音源から受音点までの距離 r_0 (通常は、1m)離れた地点での音圧レベルを測定し、次式で受音点の音圧レベルを求める。

$$L_p = L_{p_0} - 20 \log r / r_0 \quad (3)$$

ただし、 L_w : 音源のパワーレベル (dB)

L_p : 受音点の音圧レベル (dB)

- r : 音源から受音点までの距離 (m)
 L_{p0} : 音源から1(m)での音圧レベル (dB)
 r_0 : 1 (m)

3) 線音源

線音源は、図1に示すように音源長 ℓ を適当に分割し、分割した各区間の中心に点音源を設定、(4)式によりパワーレベル L_{w1} を求めたあと、点音源の距離減衰式(1)、(2)を利用して受音点の音圧レベルを求める。

$$\begin{aligned}
 L_{w1} &= L_{11} + 10 \log 2\pi r \ell \\
 &= L_{12} + 10 \log 4\pi r^2 n
 \end{aligned} \quad (4)$$

- ただし、 L_{w1} : 音源のパワーレベル (dB)
 L_{11} : 線音源の音圧レベル (dB)
 L_{12} : 点音源の音圧レベル (dB)
 r : 1 (m)
 ℓ : 線音源の長さ (m)
 n : 分割数

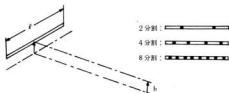


図1 線音源の分割計算法

4) 面音源

面音源は、図2に示すように面積 S を適当に分割し、分割した各面の中心に点音源を設定、(5)式によりパワーレベル L_{wm} を求めたあと、点音源の距離減衰式(1)、(2)を利用して受音点の音圧レベルを求める。

$$\begin{aligned}
 L_{wm} &= L_{m1} + 10 \log S \\
 &= L_{m2} + 10 \log 2\pi r^2 n
 \end{aligned} \quad (5)$$

- ただし、 L_{wm} : 音源のパワーレベル (dB)
 L_{m1} : 面音源の音圧レベル (dB)
 L_{m2} : 点音源の音圧レベル (dB)
 r : 1 (m)
 S : 面音源の面積 (m²)
 n : 分割数

分割に関する精度は、他の、線・面音源の距離減衰式と比較した結果、音源と受音点の距離が5(m)以内

では数dBの差があったが、5(m)以上では、その差はほとんど認められなかった。



図2 面音源の分割計算法

2.2 音源の超過減衰

騒音伝播の減衰には、距離減衰の他、建屋、防音壁・柵などによる回折・反射、空気・地表面による吸収等さまざまな減衰要因がある。このなかで、反射についてはイメージ音源による幾何音響的な計算法によるざるを得ず、計算が複雑となり、今回の予測システムには導入していない。以下、システムに導入した超過減衰を示す。

1) 障壁の回折

音源と受音点の間に障壁物(遮音柵など)があれば音波は回折現象によって受音点に到達する。障壁物の影響は、音の波長によって異なるため、各周波数により減衰量は異なる。この減衰量は、フレネル数を用いて(6)で計算される。今、音減 S と受音点 e の行路差を δ ($=r_1+r_2-r(m)$)、音速 c (m)、周波数を f (Hz)としたとき、フレネル数は次式で表される。

$$FN = 2\delta f/c, \quad (c = 331.5 + 0.6t, t(^{\circ}C)) \quad (6)$$

各周波数と行路差の関係を図3に示す。

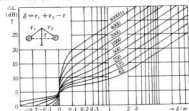


図3 回折による減衰量

回折による減衰量は、障壁物の上を越える回折 ΔL_1 および障壁物の両側面を通る回折 ΔL_2 、 ΔL_3 の3経路の減衰量のエネルギー合成和により次式で求める。

$$\Delta L = -10 \log \left(\frac{\Delta L_1}{10} + \frac{\Delta L_2}{10} + \frac{\Delta L_3}{10} \right) \quad (7)$$

2) その他の超過減衰

空気吸収による減衰量については、ISO3891に準拠した。また、地表面の吸収による減衰については、文献(1)の値を使用した。風向き、風速等気象条件の影響については、現状では、フィールドテストデータが必要であるため今後の検討課題とした。

3. 騒音レベルコンター予測システム

本研究では、市販されているパーソナルコンピュータにより、汎用性に留意して、騒音予測システムを開発した。なお本年度は、工場屋外騒音に限定、プログラムを開発した。

コンターマップ描画プログラムのフローチャートを図4に示す。

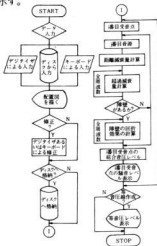


図4 騒音レベルコンター予測フローチャート

プログラムでは、まずデータ入力を行う。データとしては、建屋の名称、構造、位置、また騒音源は、名称、種類、位置、音圧レベルあるいはパワーレベル及び面、線音源の分割数がある。これらは、デジタイザ、キーボードから新たに入力、あるいは既入力データがディスクから入力される。

ディスプレイ上には、このデータを基に建屋の配置図及び、騒音源の状況を表示する。入力データの修正は、デジタイザあるいはキーボードにより行うことができる。また、ディスクへのデータ格納も行える。

次に、予測を行う全領域を、任意の大きさのメッシュに区切って受音点を決定し、騒音予測計算を行う。

これは、第1ステップとして受音点を1点、音源を1個定め、受音点での騒音レベルを求める。この場合、まず距離減衰量の計算を行い、次に気象減衰量を全周波数領域で求める。さらに建屋などの障壁があれば、障壁の遮蔽効果の計算を全周波数領域で行う。

第2ステップとしては、固定した受音点に対して、第1ステップを繰り返し、各音源から来る騒音を個別に計算、この受音点における総合音圧レベルを求め、ディスプレイ上の受音点に対応する位置に表示する。

第3ステップでは、第2ステップを全ての受音点に対し、繰り返すことにより、全メッシュ点における騒音レベルを求める。

最後に、求めた騒音レベルを基にして等騒音レベル線図をディスプレイ上に描く。この図は、入力データとともにプリンタに印字できる。

なお、このプログラムはBASIC言語で作成されており、ステップ数は約900行であった。

4. 実験的考察

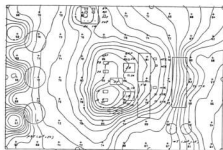
工場の騒音予測については、既にいくつかの予測プログラムが開発され、火力発電所のプラントモデル等により、代表的数社の騒音予測計算プログラムが比較検討され、結果が発表されている。

表1. 計算モデルの入力仕様

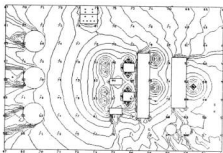
工場種別		北北東風向の場合(0.00)										85-03-20 88-04-31	
工場種別	種別	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	NO.8	NO.9	NO.10	NO.11	NO.12
1	Turbine	30.0	4.000	800	200	270	400	270	400	60			
2	Boiler	55.0	4.000	130	220	140	350	140	350	140	350	140	350
3	Boiler	55.0	4.000	130	220	140	350	140	350	140	350	140	350
4	Flue Gas	8.0	4.000	100	200	110	320	110	320	110	320	110	320
5	Flue Gas	8.0	4.000	100	200	110	320	110	320	110	320	110	320
6	Drum	17.0	4.000	120	240	130	360	130	360	130	360	130	360
7	Drum	17.0	4.000	120	240	130	360	130	360	130	360	130	360
8	CPM	3.0	4.000	300	300	370	250	370	250	370	250	370	250
9	Flue Gas	20.0	2.000	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200
10	Flue Gas	20.0	2.000	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200
11	Flue Gas	20.0	2.000	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200
12	Flue Gas	15.0	2.000	600	150								
13	Flue Gas	15.0	2.000	600	150								

本研究でも、既発表である火力発電所の計算モデルを例にとってシミュレーション計算を行い、本プログ

ラムの有効性を確認してみた。したがって、計算モデルに使用される工場敷地、建屋、音源のパワーレベル、音圧レベル、オクターブバンドの音圧レベル等はすべて文献(1)と同一のものである。表1に、計算モデルにおける本プログラムの入力仕様、図5に騒音予測結果を示す。



(a) 文献(1)の例



(b) 本システムの例

図5 計算モデルの騒音コンターの結果

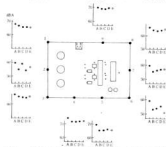


図6 境界地線上での騒音レベル予測値

図5(a)は、文献(1)から引用した騒音予測値及び騒音コンターであり、図5(b)は、今回、開発したプラ

グラムによる騒音予測値及び騒音コンターである。図より、両予測結果は、ほぼ同等であることがわかる。音源近傍についての等騒音線の差異は、メッシュの分割数あるいは、面音源の分割数の差異によるものと考えられる。

図6は、境界地線上の騒音予測値を示したものである。A～Dは、文献(1)の4社の予測値を示し、Eは本プログラムによる予測値を示したものであるが、ほぼ同等の値をとっていることがわかる。

以上の結果から、このプログラムの有効性を確認した。

5. 結 言

本システム開発の結果、工場新設あるいは増設に際しての騒音レベル予測が可能となった。騒音レベルは、等騒音レベル線図(騒音コンター)により直視でき、騒音防止に関する、事前設計段階での対策の修正・変更に対する防止効果の判定などに有効である。また、従来の対策手法と比較し、演算処理の効率化・迅速化が可能となり、各企業の工場新設・増設に対する経済的な、騒音防止技術指導に寄与できる。

なお本プログラムは、BASIC言語で記述され、他機種への移植が容易であり、実際、YHPのシステム45、NECのPC-9801等で使用可能となっている。

本研究で開発したシステムは、工場屋外騒音を対象とした騒音予測プログラムであるが、今後は、屋内騒音予測をも含めた総合的な工場騒音予測システムの開発を進める。また、既設工場団地についての実測値との比較検討を十分に行い、この結果を踏まえた上で、より現実に即した騒音予測システムを構築していく予定である。

終りに、本システムを開発するに当たり、御指導いただいた広島大学工学部太田教授、有馬労働衛生コンサルタントに深謝の意を表する。

文 献

- 1) 日本産業機械工業会編：産業機械の騒音影響評価(1979)
- 2) 日本産業機械工業会編：騒音影響評価における騒音予測手法(1980)
- 3) 通産省環境アセスメント騒音委員会編：個別工場立地における騒音予測法(1980)

コンピュータによる集中管理システムの開発(第1報)

ギヤードモータによる簡易位置決め装置の試作

永山博夫, 打田澄雄, 斉藤昭一*

Development of Simple Positioning System using Chain Drives and Inverter

NAGAYAMA Hiroo, UCHIDA Sumio and SAITOO Shiyoich

Comparing DC servo system, a lower-cost and tougher positioning system is described.

The system consists of an AC geared motor, a slide unit a rotary encoder and a positioning controller.

The slide unit is driven by a roller chain and the rotary encoder is provided for a position detector.

For adjusting speed the low-cost inverter used.

As the position controller, not only a personal computer but also programable controller can be adopted.

Positioning accuracy and maximum speed of the system are within $\pm 1\text{mm}$ and 200mm/sec respectively.

1. 結 言

製品の多品種・小量化が進行する中で、企業の製造現場において、FMS（フレキシブル・マニュファクチャリング・システム）の採用が増加し、工程の自動化・省力化が図られている。今後さらに、この傾向は、増大するものと予想され、製造業の装置産業化に一層、拍車がかかるものと考えられる。

FMSの一要素として、位置決め装置があり、従来DCサーボ機構により制御されるものが多かったが、価格、保守等の点で問題があった。

今回、汎用ギヤードモータを用いた、安価で堅牢な簡易位置決め装置を共同開発したものを報告する。

2. 試作した簡易位置決め装置の構成

試作した簡易位置決め装置の外観を写真1に、構成を図1に示す。本装置は、汎用ギヤードモータ（AC 200V, 100W, 減速比1/20）を動力源として用いローラチェーンを介して、スライドユニットを駆動する。位置検出は、スプロケット軸に取付けられたロータリエンコーダ（600P/REV）により行う。ギヤードモータの速度制御には、DCサーボに比べ安価な（三菱FR-K-400B）インバータを採用した。制御装置は、装置全体を統括し、位置決め制御の機能を有する。

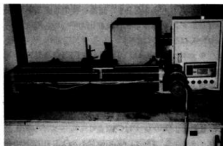


写真1 簡易位置決め装置の外観

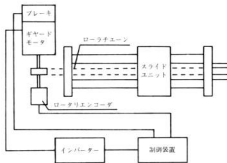


図1 簡易位置決め装置の構成

* 朝クレテツエンジニアリング

図2に位置決め制御方法を示す。制御装置は、ロータリエンコーダからの位置情報を、あらかじめ設定された停止位置と比較し、スライドユニットが精密に位置決めできるように、方向及び速度出力を、インバータへ送出する。起動ボタンを押すと、方向及び速度出力はともにONとなり、スライドユニットは、目標停止位置へ高速移動を開始する。次に、目標停止位置の手前の位置Aに達すると、減速した後低速に移行し、位置Bに来到ると、停止指令を受けてbだけ移動した後停止する。

a、bの値は、位置決め精度が、最小となるよう、実際の高速及び低速の速度値に応じて設定する。a、bの設定値は、負荷による影響は少なかった。又ロータリエンコーダの位置検出の分解能は約0.23mmであった。

3. 制御装置の構成

試作した制御装置の外観を写真2、構成を図3に示す。CPU及びその周辺回路には、市販のボードマイコン(アドテックGPY)回路を使用し、キーボードカウンタ、ホットカプラー及び出力バッファ等の部分については試作した。

キーボードからは、JOG・STEP・AUTO・EDIT・TEACHの各モードの設定並びに、目標停止位置(最大90)等の入力を行う。ロータリエンコーダからのパルスは、16bit加減算カウンタにより計数され、入力インターフェースを介し、CPUに取り込まれる。カウンタは、原点リミットスイッチ入力とロータリエンコーダのZ相信号とのAND信号により、ゼロクリアされる。これにより、外來ノイズによる計数ミスが減少し、カウンタの信頼性が向上する。モニターTVには、工程No.、目標停止位置、現在位置入出力状態等が表示される。

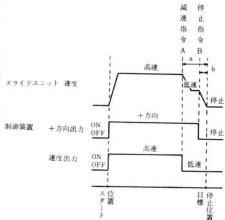


図2 位置決め制御方法

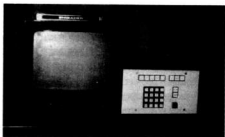


写真2 制御装置の外観

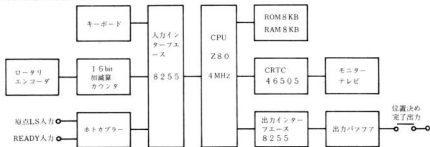


図3 制御装置の構成

4. 制御装置のソフトウェア

制御装置のプログラムのフローチャートを図4、5に示す。メイン処理では、最初にSP、8255等のシステムの初期設定を行う。次にキーボードからのキー入力待ちとなる。キー入力があるとそれに対応した処理を実行する。

JOG処理では、手動によるスライドユニットの左右両方向への高速、低速移動が可能となる。STEP

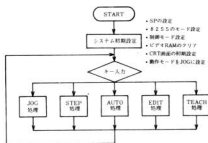


図4 メインプログラムのフローチャート

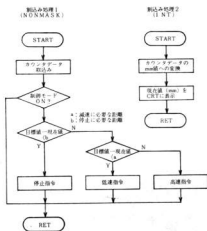


図5 割込み処理のフローチャート

処理では、スタートボタンを押すと、EDIT処理で入力された目標停止位置へスライドユニットが移動し、1工程を終了する。AUTO処理では、1工程終了時外部機器のREADY信号を調べ、ONならば、次工程へ進む。以降これを順次繰り返す。EDIT処理では、目標停止位置の入力・編集、減速距離 a ・制動距離 b 等の各種パラメータの設定を行う。TEACH処理により、ティーチング・プレイバックが可能となっている。

割込み処理は、処理1 (NONMASK)、処理2 (INT)の二つに分れている。割込み処理1は、ロータリエンコーダからのパルスの立ち上がりで起動し、位置決め制御を行う。最初に、カウンタから位置データを取り込み、目標値と比較し、その結果に応じて、停止・低速・高速の各指令をインバータへ出力している。割込み処理2は、カウンタデータにEDIT処理で入力された係数を掛けて mm 値に変換した値を現在位置として、モニタTV上に表示している。処理2は、モニタTVの垂直帰線期間に同期して作動している為、モニタTV画面のみだれがない。

メインプログラムはPASCALで作成し、割込み処理等、その他のプログラムはアセンブラにより記述した。プログラムの大きさは約8KBであった。

5. 結 言

本研究で試作した簡易位置決め装置の特長は、次のとおりである。

- 1) 汎用ギヤードモータ、インバータ及びローラチェーンを使用しているため、安価で堅牢である。
- 2) 繰返し精度は $\pm 1mm$ 以内、最高速度は $210mm/sec$ である。
- 3) PMS分野において、各種搬送装置への応用が可能である。

6. 文 献

- 1) 川合整：PASCAL入門 共立出版

プラスチック成形湯槽における温度制御システムの開発

尾田博幸, 岡田芳雄, 吉野信行, 西開地聡二*

A Development of Temperature Control System for Hot Water Bath of Plastic Processing

TAO Hiroyuki, OKADA Yoshio, YOSHINO Nobuyuki and NISHIGAICHI Kunji

In the Plastic processing, the part size of plastic is inclined to effect the various environmental conditions such as processing temperature, pressure, time and etc. To keep the size close to standard dimension is not easy. Especially, one of the most important conditions for control of quality is to keep temperature constant dimension. The control of the bath temperature was manually regulated by auxiliary immersion heaters.

From the above viewpoints, in this study, we have developed a temperature control system not only with high precision, but also flexibility for the hot bath of plastic processing.

1. 緒言

プラスチック成形加工は、成形加工工程における各種条件によって製品の寸法が変化し、製品の寸法を一定範囲内に維持する事は容易ではない。なかでも、成形湯槽の温度を一定に保つことは、品質安定化の最も重要な条件の一つである。現状では、ボイラーから熱湯を成形湯槽に入れ、投げ込み形シースヒータで補助加熱を手により調整していた。それゆえ、この作業には経験と勘を要していた。また外乱による影響を受けやすく、湯槽内の温度分布も不均一となり、高精度な温度制御は困難な状況にあった。

本研究では、この温度制御にマイコンを使用することにより、高精度でかつ、各種外乱に対する適応性を考慮したフレキシブルな温度制御システムを開発した。

2. システムの概要

システムは、温度センサ部、LEDによる表示部、PID定数および温度設定部、トライアック制御部から構成される。また制御にはワンボード・マイコンを用い、デジタルPID制御を行う。

温度センサには最も精度の高い白金抵抗体を使用し、温度測定範囲を50℃～100℃に設定、8ビットA/Dコンバータを介してマイコンに接続する。PID定数および温度の設定は、デジタルSWにより行う。3桁のLED表示部には、湯槽の現時点における温度(以下、現在温度と略す。)あるいは操作量がディジ

タル表示される。トライアック制御部では、タイマICを用い、PID制御出力信号に応じて、トライアック点弧時間の位相制御を行う。

このシステムでの温度制御範囲は51℃～99℃であり、ヒータ出力は2KWである。

システム全体のブロック図を図1に、また外観を写真1に示す。

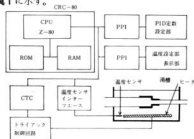


図1 温度制御システムブロック図

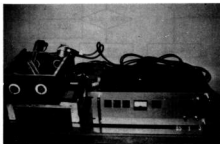


写真1 システムの外観

* テイヨー機

3. 温度制御のハードウェア

3.1 温度制御部

温度制御用ワンボード・マイコンとして、コンピュータ・リサーチ社のCRC-80を使用した。これは、CPUとしてZ80を用い、メモリはROM1KB, RAM1KBを標準実装している。入出力用ICとしては、Z80 PIOを有し、8×2本のプログラマブルなデータのやり取りが可能である。

3.2 温度センサ部

温度センサ部は、温度センサ、増幅回路、A/Dコンバータから構成されている。

温度センサには、白金測温抵抗体を使用した。この測温抵抗体に使用されている白金線は、純度が高く特性が安定しているため、高精度な温度計測ができる。測温抵抗体で温度を測定する場合、ブリッジ回路を構成して測温抵抗体に電流を流し、温度変化に対応する抵抗変化を電圧変化として測定する。このときの温度変化に対する電圧出力は、約1.9 mV/°Cである。

温度制御システムの精度は、温度センサだけでなく、インターフェイス部の性能にも大きく左右される。増幅回路は温度測定の精度を向上させるため、測温抵抗体の温度-抵抗特性を補正するリニアライズ回路をもち、温度センサからの微弱なアナログ信号電圧をA/D変換可能な電圧に増幅する。この回路の増幅率は約500倍で、周囲温度や電源電圧など使用条件の変動に対する動作の安定化を図るため、低ドリフト、低オフセットのオペアンプを使用した。また信号回路、電源回路の回路部品、回路構成にもノイズの発生、温度ドリフトの影響の十分小さいものを採用した。

A/Dコンバータ用ICとして、TTLコンパチブルなナショナル・セミコンダクタ社のADC 0808を使用し、マイコンのバスに直結した。これは、8チャンネル・アナログ・マルチプレクサ、8ビット分解能の逐次比較型A/Dコンバータ、ラッチおよびバッファが一つのチップに納められており、変換精度は±1/2LSBである。今回は、アナログマルチプレクサの8チャンネル中、1チャンネルを使用したのみであるが、このICで、あと7つの温度センサの増設に、対応が可能である。温度分解能は、50°C~100°Cを256分割するため、約0.2°Cである。

3.3 トライアック制御部

ヒータの交流電力の制御を行うために、制御要素としてはサイリスタ2本を逆並列接続した回路と同等で

あるトライアックを用いた。

このトライアックの点弧法としては、波形歪やノイズの発生が少ないなどで、ON/OFF制御方式をとられるのが一般的だが、今回はキメの細かい電力制御が要求されるため、位相制御方式を採用した。

これは、Z80 CPUとタイマICであるZ80 CTCとを組み合わせた方法により、全ての処理をデジタル的手法によってトライアックを点弧し、交流電力を制御するものである。それゆえアナログ的手法による点弧制御に比べて安価で回路も簡単であり、そのうえ、再現性、制御性、安定性なども良い。

この方式では、電源電圧波形が0Vを通過した時(ゼロクロス時)からトライアックを点弧させるまでの時間tを、タイマICによってカウントさせるようにしたものである。tの値は、負荷に最適電力が加わるようにプログラムで制御しながら設定し、それによって発生するタイマ出力パルスを利用してトライアックの点弧制御を行う。

図2に、位相制御方式の動作図を示した。

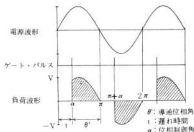


図2 位相制御方式図

以下、トライアックの電力制御において、点弧までの時間tと抵抗性負荷Rの場合の平均出力電力Pとの関係を求める。

図2より、平均出力電力Pは、次式のようになる。

$$P = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V^2 / R \sin^2 \theta d\theta$$

$$= V^2 (\pi - \alpha + \sin 2\alpha / 2) / 2\pi R \quad (1)$$

ただし、 α : 位相制御角(電源周波数×2πt)
平均出力電力Pが最大となるのは、 $\alpha = 0$ のときで、

$$P_{\max} = V^2 / 2R$$

となり、最大出力電力 P_{\max} に対する、位相制御角が α の時の平均出力電力Pとの比(操作量)をX係とすると、

$$X = 100 (\pi - \alpha + \sin 2\alpha / 2) / \pi \quad (2)$$

となる。

ゆえに、(2)式を用いて、操作量に対する遅れ時間 t を求めることができる。

4. 温度制御のソフトウェア

4.1 PID制御

温度制御の方法としては、ワンボード・マイコンを用いたデジタルPID制御方式を採用した。

PID制御は、比例動作、積分動作、微分動作を組み合わせたもので、最も高級な制御動作が可能である。以下、各動作について記す。

比例動作は、単なるゲイン要素として働き、制御偏差(目標値と制御量との差)に比例して操作量を連続的に変化させ、安定した滑らかな制御が行える。

積分動作は、制御偏差入力的时间積分に比例して操作量を変化させる制御動作で、制御偏差がゼロになるまで積分を行うため、比例動作で発生していたオフセットを打ち消す作用を持っている。

微分動作は、偏差入力的时间微分に比例して操作量を変化させる制御動作で、制御対象の位相遅れを補償し、位相を進めるので、応答のゆきすぎ量を減少させ、安定時間を小さくする作用を持っている。

4.2 温度制御プログラム

温度制御プログラムのフローチャートを図3に示す。

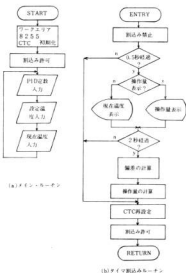


図3 温度制御プログラム・フローチャート

プログラムでは、まずワークエリア、8255、Z80 CTCのイニシャライズを行い、Z80 CTCからの1/120秒タイマ割込みを許可する。

次に、P値、I値、D値をそれぞれ2桁のデジタルSWから読みこみ格納する。設定温度は3桁のデジタルSWから0.1度単位で読みこまれ、格納される。現在温度は、A/Dコンバータより8ビットデータとして読みこまれ格納、また3桁の7セグメントLEDに表示させるために変換され、格納される。メインルーチンでは、以上のPID値、設定温度、現在温度の読みこみを繰り返す。

Z80 CTCを使って行う1/120秒タイマ割込みルーチンでは、まず他からの割込みを禁止する。次に前回より0.5秒経過していれば操作量表示SWの状態を調べ、押されていれば操作量を表示し、そうでなければ現在温度を0.1度単位で表示する。

また、前回の操作量計算から2秒経過していれば、設定温度と現在温度の偏差 e を求め、これを基にして(3)式のPID制御の計算式で、操作量の計算を行う。

ただし、PID制御はオーバーシュートを抑え、安定時間を短くするため、比例帯の範囲内でのみ行う。

$$M_v = K_p e_n + K_i \sum e_i + K_d [(e_n - e_{n-1}) + \alpha(e_{n-1} - e_{n-2})] \quad (3)$$

ここで、 M_v : 操作量、 e_n : n 回目の偏差

K_p : 比例定数、 K_i : 積分定数、 K_d : 微分定数
算出した操作量は、遅れ時間 t に変換し格納する。最後にZ80 CTCの再設定(遅れ時間 t をZ80 CTCに対して出力する。)を行い、割込許可を与えて、メインルーチンに復帰する。

なお、プログラム・ステップ数は約700行であり、プログラム・サイズは約1KBであった。

5. 制御特性

制御装置の特性は、対象となる湯槽との整合性により変り、一概に評価はできない。そこで、実際に使われている湯槽を用いて以下のような諸特性の実験を行ってみたが、良好な結果を得ることができた。

5.1 ステップ特性

ステップ特性は、電源投入直後または設定温度変更を示す応答で、今回は、設定温度を92℃とし、電源投入直後の昇温特性を測定した。これを図4に示す。

このシステムでは、比例帯の範囲内でのみPID動作を行うため、オーバーシュートが約0.5℃と小さく、温度偏差を許容偏差内に抑えることができ、また安定

時間も短く、良好な特性であることがわかった。

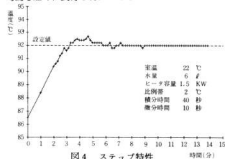


図4 ステップ特性

5.2 対外乱特性

対外乱特性の実験結果を示したのが図5である。設定温度を92°Cにして制御を安定させ、湯槽の蓋を開閉して外乱としてみた。

図5(a)は、蓋を閉じた状態で温度制御を安定させ、蓋を開けたときの温度変化を図示したものである。この場合の温度変化は、蓋を開けた直後に-1°Cと大きく変動するが、直ちに修正動作を行い、短時間で元の状態に復帰している。

図5(b)は、蓋を開いた状態で制御を安定させ、蓋を閉じたときの温度変化を図示したものである。この場合の温度変化は、±0.5°Cと小さい。

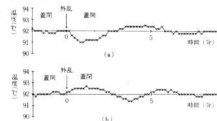


図5 対外乱特性

5.3 電源電圧の影響

電源電圧変動の影響について実験したものを、図6に示した。

図6(a)は、電圧を80Vにして制御を安定させ、電圧を110Vに上げたときの湯槽の温度変化を図示したものである。電源電圧の上昇により、ヒータ出力は安定状態から一時的に増加し、湯槽の温度を上昇させるが、制御機能が動作し、もとの値に復帰する。この場合、電源電圧の37.5%変動に対して温度の変動は、±0.5°Cと比較的小さかった。

図6(b)は、同様の実験を電源電圧が110V→80Vで行ったものであるが、この場合も温度変化が±0.4°Cと小さく良好であった。

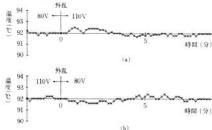


図6 電源電圧の影響

6. 結 言

今回の温度制御システムの開発により、次のような成果を得ることができた。

- (1) 従来、人手で行っていたプラスチック成形湯槽の温度制御を自動化することにより、省力化を図ることができた。
 - (2) マイコンを使用することにより、フレキシビリティに富んだ制御が可能となり、高精度でかつ安定した温度制御が安価に行えるようになった。
 - (3) 高精度で安定した温度制御ができるようになった結果、製品の高精度化に寄与し、歩留りの向上に役立った。
 - (4) 複数の温度センサからの情報をプログラムで処理し、その時点にふさわしいダイナミックな制御を行うことが可能となった。また製品寸法センサからの情報とを組み合わせることにより、最適温度制御（できあがった製品の寸法に応じて、設定温度を最適値に変更する。）が可能となった。
- またこのシステムは、他の分野の高精度を必要とする各種温度制御にも使用でき、センサ部および出力部を変更すれば、各種制御にも、用途に応じた技術移転が可能である。

文 献

- 1) 坂巻佳寿美：サイリスタの位相制御法、インターフェース 1981.05
- 2) 米島他：加熱炉温度制御の最適化、東京都立工業技術センター研究報告No.8 1979
- 3) 寒川史朗：パソコンによるPID制御、トランジスタ技術 1984.10

電子機器への外部擾乱防止に関する研究

強度磁界・静電気による電子機器の擾乱防止

松田和生, 馬場祥宏

Study on the Preventive Measure of Electro-Magnetic Interference(EMI) and Electrostatic damage which affects Electronic Equipments

HIGAKI Kazuo and BABA Yoshihiro

Electromagnetic interference (EMI) is any unwanted signal which affects many other electronic equipments. So we are now threatened by "Electromagnetic pollution".

And the other, most of housings for electronic equipment are made of plastic polymer because of the sufficient flexibility, the lightening and the low cost. But the plastic polymer has no electric conductivity. Therefore the study of electrostatic damage prevention or the developments of new conductive polymers is very actively being investigated.

So in this paper we describe an experimental study of the preventive measure of EMI, also describe the electric characteristic of conductive polymers by corona charging.

The results written in this paper are as follow,

- 1) In order that the electrostatic damage prevention be made useful, it is necessary that the specific resistance of conductive polymer is less than $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$.
- 2) Electromagnetic noise reduction are $18 \text{dBm}/\text{distance}$. But its results are affected remarkably by circumstances.
- 3) Each radiated interference of parallel line decrease $3 \text{dBm}/\text{distance}$.

1. 結 言

コンピュータはオフィスのみならず工場・家庭などあらゆる分野で使用されている。しかし、コンピュータ及び電子機器から発生する電磁波は放送・通信に対する公害として深刻な問題となっている。

また、静電気は物体の摩擦に伴い発生するもので、ICを扱う事業場、コンピュータルーム、危険物を貯蔵する場所等で使用される床材に漏洩抵抗の小さい材料への要求が強く、プラスチック材料の優れた特性を生かしつつ導電性を付加する試みが活発に行われている。^{1), 2)}

そこで、電子機器から発生する電磁波障害とその防止法及び導電性を付加した高分子材料について電気的性質を検討した結果を報告する。

2. 測定方法

測定に使用した機器及び測定ブロック図を図1に示

す。コンピュータ等電子機器から発生する電磁波障害はその伝播経路によって測定方法が異なる。電源線を通して伝播する伝導性障害波の測定は擬似電源回路網及びインピーダンス安定化回路網を使用する。また、電源線からの放射電磁波はフェライト吸収リングによるEMIクランプを使用する。空中伝播する放射性障害波はダイポールアンテナを使用して電界強度の測定を行う。

導電性を付加した高分子材料の電気的性質の測定はコロナ放電による帯電減衰測定装置及び熱ペンレコーダを、また固有抵抗の測定はエレクトロメータ及び標準電圧発生器を使用した。

3. 結果と考察

3.1 高分子材料の静電気帯電特性

高分子材料の電気的性質を知るには固有抵抗・帯電減衰特性・誘電率を測定する必要がある。

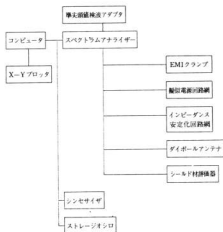


図1 電磁波障害 (EMI) 測定ブロック図

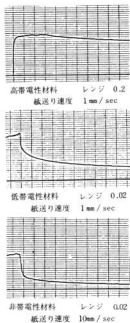


図2 帯電減衰波形

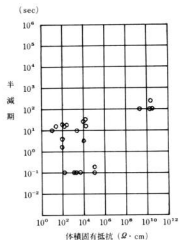


図3 体積固有抵抗と帯電減衰半減期の関係
(印加電圧 10kV 電圧印加時間 10sec)

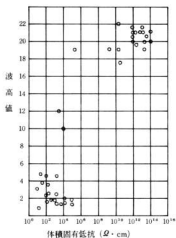


図4 体積固有抵抗と帯電電圧波高値の関係
(印加電圧 10kV 電圧印加時間 10sec)

高帯電性材料・低帯電性材料・非帯電性材料の帯電減衰波形を図2に示す。高帯電性材料は波高値が高く

時間的減衰も少ない。一方、非帯電性材料は波高値が低く時間的に急激に減衰する。

図3、図4に体積固有抵抗と帯電性の関係を示す。体積固有抵抗が $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の材料は波高値が低く半減期も短い。一方、 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の材料は波高値が高く半減期は100秒以上である。この結果から体積固有抵抗が $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の材料を使用することで静電気の帯電防止は可能となる。

3.2 電子機器から発生する伝導性障害波

スイッチングレギュレータを使用したシングルボードコンピュータから発生する伝導性障害波と、これにノイズフィルタを挿入した場合の効果を測定した例を図5に示す。ノイズフィルタはノイズの形態、即ち非対称性が対称性かによって効果が異なり、その効果を有効なものとするには使用するノイズフィルタについて十分検討しておく必要がある。

3.3 放射線障害波の傳播

微小ループエレメントの電磁界の距離依存性は、Maxwellの方程式にヘルツベクトルを導入し、得られる波動方程式を解くことによって得られる。³⁾

すなわち、ヘルツベクトルを Π として磁流源 m があったとき

$$\nabla^2 \Pi + K^2 \Pi = j \cdot m / \omega \mu \quad (1)$$

ここで $k = \omega / c = 2\pi / \lambda$ (波数ベクトル), ω (角周波数), μ (透磁率), c (光速), λ (波長)

として(1)より磁界強度 H の r , θ , φ 成分について

$$H_r = m / 2\pi \mu e^{-jk r} (1/r^3 + jk/r^2) \cos \theta$$

$$H_\theta = m / 4\pi \mu e^{-jk r} (1/r^3 + jk/r^2 - k^2/r) \sin \theta \quad (2)$$

$$H_\varphi = E_r = E_\theta = 0$$

$E_\varphi = -j\omega m / 4\pi \cdot e^{-jk r} (1/r^2 + jk/r) \sin \theta$ が得られる。ここで r は発振源からの距離である。

(2)より $kr \ll 1$ では $1/r^3$ のみ有効で

$$H_r = m / 2\pi \mu \cdot e^{-jk r} \cdot 1/r^3 \cos \theta$$

$$H_\theta = m / 4\pi \mu \cdot e^{-jk r} \cdot 1/r^3 \sin \theta \quad (3)$$

となる。これは発振源よりごく近傍を示し、近接界と呼ぶ。即ち、近接界では $1/r^3$ に比例して減衰する。

一方、 $kr \gg 1$ では $1/r$ 項以外は無視して

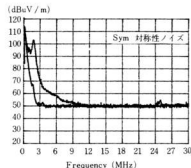
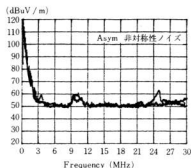


図5 スwitchングレギュレータ及びシングルボードコンピュータから発生する伝導性雑音とノイズフィルタの効果

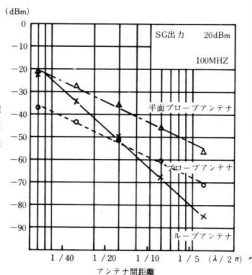


図6 放射線電磁波の距離依存性

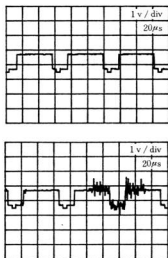


図7 CRTディスプレイのラインに発生するノイズ波形

$$E_{\theta} = \frac{m}{4\pi k} e^{-jk r} \cdot \frac{1}{r} \sin \theta$$

$$H_{\theta} = \frac{-m}{4\pi k^2} e^{-jk r} \cdot \frac{1}{r} \sin \theta \quad (4)$$

となる。これは発振源より遠方を示し、遠方界と呼ぶ。即ち、遠方界では $1/r$ に比例して減衰する。

なお、微小ダイポールについても同様の結果が得られる。図6に近接界における距離減衰効果を示す。

発振源が点とみなすことができ、かつ周囲に反射が無いとすれば(3)式より距離が倍になるに従い18dBm減衰することがわかる。これは図6のループアンテナの距離減衰とはほぼ一致する。一方プロローブアンテナは10dBm程度の減衰となっている。これは発振源が点とみなし得ないことによるもので、周波数の高い領域では定在波が発生する。

図7はパーソナルコンピュータのディスプレイ接続ケーブルにノイズ発生器を密着させたとき、ケーブルに表われるノイズ波形を記録したものである。この状態でディスプレイの画面にちらつきが発生する。

図8は2本の線を平行に並べ、線間距離を変えノイズが誘導される状況を測定したもので、2線間の特性インピーダンス②、使用する信号線の径(r)、距離(d)、透磁率(μ_0)、誘電率(ϵ_0)とすれば

$$Z = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} \cdot 1 / \pi \lg d / r \quad (5)$$

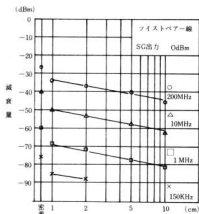


図8 信号ライン間の誘導ノイズ

となる。

この式より Z は $\lg d$ に比例する。図8より距離が倍になるに従い約3dBm減衰することがわかる。また周波数が高くなるに従い、誘導ノイズの影響を大きく受けるようになる。

4. 結 言

以上の結果をまとめると、次のようになる。

- (1) 静電気帯電防止の目的で使用する材料は体積固有抵抗が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることが必要である。
- (2) 放射性ノイズは理論上近接界では距離が倍になるに従い18dBm減衰するが周囲の反射あるいは発振源が点とみなし得ない場合、減衰量は小さくなる。
- (3) 信号線間のノイズの結合は距離が倍になるに従い3dBm減衰する。また、ツイストペア線を使用すれば減衰が大きく、影響を受けにくい。

文 献

- 1) 鎌田功: パソコン機器のEMI対策, 工業材料 Vol132 No.10 (1984), 49
- 2) 相田幸雄他: 雑音対策手法, 電子通信学会誌 Vol 67 No.2 (1984), 154
- 3) 関康雄: 環境電磁工学, 理研EMC編 1978, 21

食品濃縮における自動制御技術の実用化に関する研究

馬場祥宏, 蒲田政信, 大下 巖, 安部章蔵*, 井山満雄*

Food Concentration Technique by Automatic Control for Practical Use

BABA Yoshihiro, KAMADA Masanobu, OHSHTA Iwao, ABE Syouzou and IYAMA Mitsuo

Since 1983, we have studied on Food Concentration Technique by Automatic Control.

Our target is an automatic manufacturing of Japanese Azuki bean jam (what is called Azuki An) by replacing workers' skill with micro computer software.

In 1983, we developed Automatic Concentration Speed Controller and small size Concentration Pot, also got basic data for manufacturing good quality Azuki An.

In 1984, Concentration Pot is enlarged, also Automatic Concentration Speed Controller reliability is improved by changing a level sensor and adding an automatic recovering function for electric power failure.

1. 結 言

昭和58年度から、広島県立西部工業技術センターと広島県立食品工業技術センターの共同研究により、自動制御方式による食品濃縮技術に関する研究を行ってきた。

本研究は、マイクロコンピュータを中心とする自動制御技術により、熟練技術者の技能をソフトウェアの形に表現し、高級つぶあんの無人製造を可能とする技術を開発するものである。

58年度研究においては、小型試験機を用いてつぶあんの製造のキープロセスである濃縮工程における最適な濃縮条件と濃縮方法の試験研究を行い、その成果を特願昭58-238242号として特許出願している。

この成果をふまえ、59年度研究では食品濃縮加熱釜の大型化および濃縮工程制御装置の信頼性向上をはかり、自動制御による高級つぶあんの製造装置の実用化を行った結果を報告する。

2. システム構成

システムの基本構成を図1に示す。

食品濃縮加熱釜は、材質 SUS304 製、内容積 82 ℓ であり、この内部に、高さ 10 cm の網かごに入れたゆで小豆(原料小豆重量 6 kg)と砂糖溶液(初期濃度 30%、体積 60 ℓ)が入る。

濃縮開始時から終了時(約 16 時間)までの各時間における糖溶液の温度および濃度の最適値は、あらか

じめコントローラ内のマイクロコンピュータ(以下、マイコンと呼ぶ)に表として入力してある。マイコン内部には専用の時計用回路があり、制御開始時からの時間を知ることが可能な構成になっている。

糖溶液温度は温度計から検出し、各時間における最適温度値に追従するようにヒータに供給する電力を制御する。

一方、糖溶液を加熱しながらファンを運転すると、外気温と液温の差およびファンの風力に応じて溶液中の水分が蒸発し、糖溶液濃度が上昇する。液面計からは初期状態からの蒸発水分量を検出することができ、蒸発水分量から計算により現時点での濃度を求め、同じく各時間における最適濃度値に追従するように、ファンの風力を制御する。

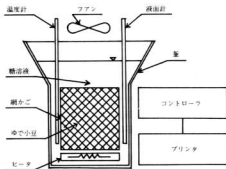


図1 基本構成

* 広島県立食品工業技術センター

以上で述べた制御のフローチャートを図2に、またシステムの全体写真を写真1に示す。



図2 制御フローチャート

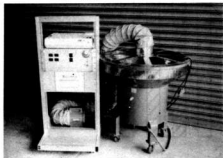


写真1 全体写真

3. 濃縮加熱釜の形状

今回開発した濃縮加熱釜は、図3に示す様に円筒形の上部に円錐状の開口部を接続した形状である。

この形状の設計は以下の理由による。濃縮工程においては、糖溶液濃度を時間にはほぼ比例した形で上昇させるが、このためには濃縮初期において、より多くの水分を蒸発させねばならない。

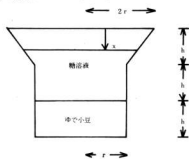


図3 濃縮加熱釜の形状

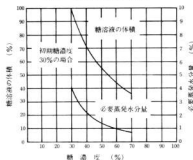


図4 体積減少と糖濃度の関係

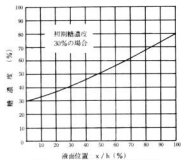


図5 液面位置と糖濃度の関係

初期糖溶液の濃度を D_0 、比重 ρ_0 、体積を V_0 とすると、

$$\text{砂糖重量 } S = \rho_0 D_0 V_0 \quad (1)$$

$$\text{初期水重量 } W_0 = \rho_0 (1 - D_0) V_0 \quad (2)$$

である。水分蒸発後の糖濃度を D 、水重量を W 、糖溶液体積を V とすると、これらは次式の関係にある。

$$D = S / (S + W) \quad (3)$$

$$V = V_0 - (W_0 - W) \quad (4)$$

式(1)~(4)から、糖濃度 D と糖溶液体積比 V/V_0 の関係は、次式で与えられる。

$$V/V_0 = 1 - \rho_0 (1 - D_0 / D) \quad (5)$$

糖濃度 D を直線的に変化させるための必要蒸発水分量は式(5)を D で微分した次式。

$$-d(V/V_0) / dD = \rho_0 D_0 / D^2 \quad (6)$$

初期濃度 30% の場合について、この関係を図 4 に示す。

この図からわかるように、糖濃度を直線的に変化させるためには、濃縮初期における単位時間あたり必要蒸発水分量は、濃縮後期におけるその約 5 倍に達する。

温度、湿度、風力が同一条件の場合、単位時間あたりの蒸発水分量は開口面積にはほぼ比例するので、必要以上の熱源を付加することなく、上記のような蒸発を実現するために、濃縮初期における開口表面積が広くとれるよう、図 3 の形状を採用した。

図 3 の形状において、液面が釜上端より x の位置にある時の糖溶液の体積 $V(x)$ は、次式。

$$V(x) = \pi \{ (2r - xr/h)^2 (2h - x) + 2r^2 h \} / 3 \quad (7)$$

糖溶液の初期体積 $V(0)$ を V_0 とおくと

$$V(x) = V_0 \{ 4(1 - x/2h)^3 + 1 \} / 5 \quad (8)$$

である。これと式(5)から液面位置 x/h と糖濃度 $D(x)$ の関係は、次式で与えられる。

$$D(x) = \rho_0 D_0 / [\rho_0 + 4 \{ (1 - x/2h)^3 - 1 \} / 5] \quad (9)$$

初期濃度 30% の場合について、これを図示したのが図 5 である。

液面位置に対して糖濃度がほぼ直線的に変化するので、濃縮工程の全期間にわたって効率的かつ応答性の良い濃度制御が可能となる。

4. 静電容量式液面センサ

58 年度研究の小型試験機では、液面センサとしてフロートと差動トランスを組み合わせたものを用いた。

このセンサには機械的可動部分があり、糖溶液が付着することによる誤動作の可能性があるので、常に厳密な保守が必要であった。この点を考慮して、今回の実用機では静電容量式の液面センサを採用した。図 6 に静電容量式液面センサの概形を示す。

この液面センサでは、テフロン被膜と外部導体の間の空間に浸入している溶液を外部導体に接続した電極の一部として使用する。内部導体と溶液の間のテフロン被膜を誘電体としたコンデンサの静電容量が、内部導体と外部導体の間にあらわれ、この値は溶液と接しているテフロン被膜の表面積に比例するので、液面センサとしての機能を示す。静電容量値の変化は、外部発振回路の発振周波数値の変化として検出する。

テフロンの誘電率は、水のそれと比較して十分小さく、かつ温度に対して非常に安定しているので、このセンサは温度の影響をほとんど受けない。また、テフロンにはゴミや不純物が付着しにくい性質があるのも有利である。

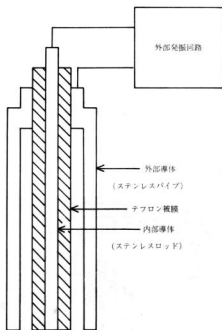


図 6 静電容量式液面センサの概形

残る問題は溶液の導電率の影響である。溶液を電極の一部として使用するので、溶液部の抵抗値が外部発振回路の抵抗値に比べて十分小さいことが必要である。糖溶液の抵抗値は真水の抵抗値より大きいので、この点では不利であるが、外部発振回路の抵抗値を十分大きくすることでカバーできる範囲内にある。さらに糖溶液の中に隠し味として入れる少量の食塩は、溶液の抵抗値を急激に低下させるので、かえって都合が良くなる。

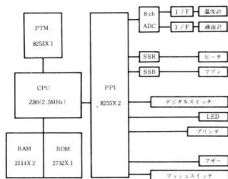


図7 コントローラ部の構成

5. コントローラ部の構成

図7にコントローラ部の構成を示す。

メインコントローラは、シングルボードコンピュータASC-80Zである。このボードは、Z80CPUを中心にRAM、ROM、PPI、PTM、停電検出回路をコ

ンパクトにまとめてある低価格の市販品である。(今回は使用しなかったが、PIC、SIOも実装可能であり、またA44バスによるファミリーボードも多数ある。)

温度計と液面計は各インターフェースを通してAD変換器に接続されており、ヒータとファンはSSRを通してドライブされる。デジタルスイッチは濃縮時間と最終濃度の設定に使用する。LEDには時間、温度、濃度データが表示され、10分毎の各データはプリンタに記録される。プザーとプッシュスイッチは警報出力とその解除に使用するものである。

制御ソフトウェアはアセンブラで記述しており、約1200行、2KBである。旧小型試験機との大きな相違は、濃縮工程制御装置が無人運転中に30分程度の停電が生じた場合でも、停電復旧後、支障なく自動的に運転を再開する機能をソフトウェアに付与してある点である。

6. 結 言

今回開発した高級つぶあん製造装置の最大処理能力は製品あん量にして約21 ℓ である。58年度小型試験機と比較すると、濃縮加熱釜容積の1.3倍、熱源容量2倍の規模拡大で、約3倍の処理能力拡大を実現している。また、濃縮加熱釜形状の改良による制御能力の向上、液面センサの変更、停電時対策機能の付与等により、信頼性が格段に向上しており、実用機に必要なとされる性能を十分に満たしている。

文 献

- 1) 馬場他, "自動制御方式による食品濃縮技術" 広西工技報告 No.27, P.19-P.21(1984)

電子部品の高精度加工技術に関する研究(第1報)

セラミックスのレーザ加工

南良良治, 蒲田政信, 酒井隆司, 池田哲宏, 土取 功

Laser Beam Machining of Ceramics

NARA Ryoji, KAMADA Masanobu, SAKAI Takashi, IKEDA Tetsuhiro and THUTITORI Isao

A CO₂ laser was applied for cutting Al₂O₃ or ZrO₂ ceramic plates. At the first step of this study, in order to come in useful widely and to cut at a high speed of ceramics, the effects of laser power, cutting speed, duty ratio and assist gas etc. On the cutting width, surface roughness and the hole diameter were discussed in this paper.

The results obtained are summarized as follows:

- 1) In laser cutting of ceramics, the increase of output power led to the increase of the area of cutting speed.
- 2) The increase of duty ratio and cutting speed led to the decrease of the cutting width and produced fine surface.
- 3) The cutting hole diameter of zirconia was larger than that of alumina, and it's diameter is inversely increased with increase of the duty ratio.

1. 緒 言

セラミックスは電気的・熱的・化学的に優れた機能を持っており、航空、エレクトロニクス、生体材料、機械材料など幅広い分野に用途が拡大されつつある。

しかし、硬脆特性が大きいため加工性が悪く、新しい分野でより複雑な形状の構造材料や機能材料として使用する場合は、信頼性の高い高精度の加工技術が必要となる。

本県でもレーザ加工機の導入が進みつつあり、薄鋼板の切断に大きな成果を挙げているが、セラミックスのレーザ加工についてはHICのスクライビング加工に一部応用されている。今後レーザ加工はエネルギー密度が高く、制御性が良好なことからセラミックスに有効な加工法として、ますます加工への応用が拡大していくものと思われる。

そこで本研究では、加工実例のほとんどないジルコニアと一般に使用されているアルミナのCO₂レーザによる切断及び穴あけ加工を行い、加工条件と品質特性の相関性を求め、被加工物に適応した加工条件を得たので報告する。

2. 実験方法

表1 レーザ加工条件

項目	条 件
レーザ加工機	CO ₂ レーザ加工機(東芝製LAC-553P シングルモード 連続出力50w~1000w パルス出力50w~800w デューティー比20%~80% 集光レンズ5φ
加工速度	0.02~10m/min
補助ガス	種類: O ₂ , N ₂ 吹付流量: 20ℓ~100ℓ/min ノズル径 1.5mm
被加工材料	セラミックス: アルミナ ジルコニア 板厚: 0.6mm~3.3mm

板状のセラミックス供試材をCO₂ レーザ加工機により、表1の加工条件で等間隔で長さ30mmにわたってNC制御装置により切断加工した後、切断面加工幅、表面あらさ、熱影響部、切断面形状、割れの状態及びドロスの付着状態等切断面形状の検討を行った。

穴あけ加工についてはレーザビーム中心位置でXYテーブルを0.1R~0.3Rの円弧になるようにNC装置で制御した。したがって加工穴径はレーザビーム径分だけ拡大される。穴あけ条件は表1に示す条件として、レーザビームの焦点位置を供試材表面に合せ、送り速度のみ0.5m/min一定で穴あけ加工後、加工穴径、熱影響層、加工穴形状などの測定を行い、レーザ加工条件と品質特性の関係を求めた。

3. 結果と考察

3.1 セラミックスの切断加工

CO₂ レーザ加工機によるアルミナ材料のレーザ出力と切断可能な最大加工限界速度の関係を図1に示す。

レーザ出力を高くすれば切断可能な加工速度域は広がる。板厚が1.15mmの場合、パルス出力はCWに比較してピーク出力が高いため、照射エネルギー密度が大きくなり切断可能速度が一段と高くなっている。

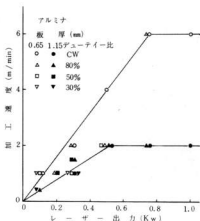


図1 切断加工範囲

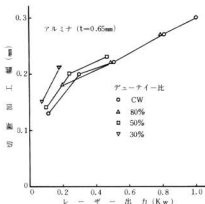


図2 レーザ出力が加工幅におよぼす影響

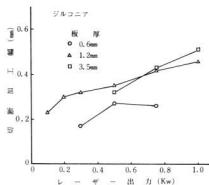


図3 レーザ出力が加工幅におよぼす影響

図2、図3にアルミナおよびジルコニアのレーザ出力と切断加工幅の関係を示し、図2はデューティ比、図3は板厚の影響を示す。いずれも切断加工幅はレーザ出力にはほぼ比例して増減する傾向がある。

デューティ比の影響については、デューティ比を低くすると切断加工幅は広がる傾向にある。

板厚については0.6mmでは他の板厚のものより切断幅が小さいが、1.2mmと3.5mmでは大きな差が認められなかった。アルミナとジルコニアの切断加工幅は、アルミナの方が小さい。

レーザ加工条件を不変にし、焦点距離の短い集光レンズを用いて加工すると

$$d = f \cdot \theta = 1.22 f \lambda / D \dots \dots (1) \text{式} \quad (1)$$

(d :ビームのスポット径, f :レンズの焦点距離, λ :レーザビームの波長, θ :ビームの広がり角)
 (1)式に示すように焦点距離を短くすればスポット径は小さくなり、切断加工幅の小さい良好な切断面を得ることができる。セラミックスの切断ではほとんどの場合ドロスが付着し、板厚が薄い場合は付着量は減少し、板厚が増すと付着量も比例して増大する。材料別と比較するとジルコニアはアルミナより付着量は多い。また、アシストガスは O_2 , N_2 相方とも切断は可能で40~60 ℓ/min の吹付流量が必要である。

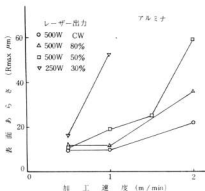


図4 加工速度と表面あらし

図4にレーザ切断面の中央部を切断進行方向に割った表面あらしと加工速度の関係を見たものである。

表面あらしは写真1に示すようにレーザビーム、加工速度、アシストガスにより形成される切断条こんの凹凸に支配される。そのため、表面あらしや切断面のうねりの小さい加工面を得る方法は加工速度を低速側で加工するか、デューティ比を高くして、レーザビームのピーク出力を下げ照射エネルギーを低く抑えれば良い。またアシストガスの吹付流量、吹付圧力が過大になると切断条こんが深くなり、表面あらしは粗大化する。

次に、レーザによるセラミックの切断加工で問題となるのが、熱応力による加工割れである。

レーザビームの加熱速度分布は難波²⁾らの研究によ

れば、ビーム移動速度が遅いほど到達温度が高くなるということが報告されている。セラミックスは融点が高いため板厚が厚くなるとともに加工速度を下げた切断するか、あるいはパルス発振により、ピーク出力を高く、デューティ比を下げ、加熱時間を短くし、熱応力を少なくした加工を行えば、加工割れが少なくなる。一般に板厚が厚い場合は割れの発生率は高い。

写真1にアルミナのレーザ加工切断面の電子顕微鏡写真を示す。ドラグラインに沿って切断面下層に溶融体凝固物が形成されドロスとして付着している。

写真の上下方向にはレーザビーム、アシストガスによる凹凸の切断条こんがあり、加工品質特性では“表面あらし”で表示され、ドロスは切断面の“かえり”として評価できる。セラミックスの加工で最も問題になる割れは、写真全面にわたって発生している亀甲型の顕微鏡で観察できるヘアークラックとドロスの間に発生している目視で判別できる割れと二通りの形態に分類できる。宮崎³⁾らによれば、これらのヘアークラックの発生原因は凝固物の急速冷却による熱応力に起因するといわれている。

目視で判別できる割れについては、板厚が厚い場合レーザ出力が高いCW側での切断時、逆に低出力で加工面がガウジングの状態の場合などに多く発生することが観察された。

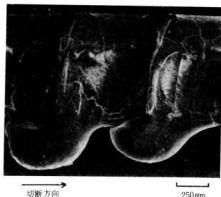


写真1 レーザ加工切断面の電子顕微鏡写真

3.2 セラミックスの穴あけ加工

レーザ出力と加工穴径の関係を図5、図6に示す。レーザビームの中心が0.3Rになるように、XYテ-

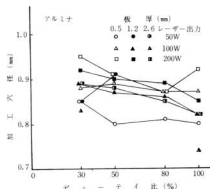


図5 加工穴径とレーザ出力の関係

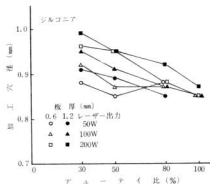


図6 加工穴径とレーザ出力の関係

ブルを円運動させ、供試材表面の各レーザ出力での最大穴径をプロットした。

この場合の理論的な加工穴径は $0.6 \text{ mm} + (1) \text{式のス$
 $\text{ポット径 } d) \text{ mm}$ となる。

実際の加工穴径はレーザ加工時の材料の溶融飛散に

よる材料除去現象⁴⁾によって、加工表面はテーパ状になる。そのため加工穴裏面と比較した場合、加工表面の穴径は大きくなる。なお、割れの発生は切断加工と同様に板厚が厚いほど発生率が高かった。

図5、図6からデューティ比が低く、レーザ出力が高いほど、すなわち、ピーク出力に比例して加工穴径も増大する。ジルコニアはアルミナに比較して穴の拡大しろは大きく、パルス出力による穴の拡大しろの変化は、デューティ比が大きいほど拡大しろが小さくなる。また、穴あけ加工はレーザスポット径に影響されるが、薄板の微細な穴あけ加工はパルス発振による穴加工法により可能である。

4. 結 言

アルミナ、ジルコニアのセラミックス材料をCO₂レーザにより、切断および穴あけ加工技術について、次の結果を得た。

- 1) レーザによる切断加工で表面あざ、切断加工幅などの加工品質とレーザ出力、加工速度の関連性について、実用化可能な知見を得ることができた。
- 2) 穴あけ加工では加工穴径はレーザのスポット径に影響されるが、薄板の微細穴の加工もパルス出力により可能であり、ピーク出力に比例して加工穴径も増大する。
- 3) セラミックスのレーザによる加工割れについては今後の研究課題である。

終りにあたり、試料の提供等御協力をいただいた御興英製作所に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 柳東芝：レーザ概論 P 11
- 2) 難波義治他：レーザ硬化処理に関する研究 日本機械学会論文集 58年3月 P 1103, P 1104
- 3) 宮崎俊行他：セラミックスのビーム加熱加工 昭和57年度精機学会秋季大会学術講演会論文集 P 863
- 4) 加藤純一他：レーザ加工における材料除去機構の解析 昭和58年度精機学会秋季大会学術講演会論文集 P 105, P 106

パーソナルコンピュータによるシルエット検査及び 検診データの管理システムの開発

永山博夫, 打田澄雄, 染川義行*, 新谷 翼**

Measurement of Silhouetter's Pictures and Management System of Patient's Data with Personal Computer

NAGAYAMA Hiroo, UCHIDA Sumio, SOMEKAWA Yoshiyuki and SHINTANI Tsubasa

Aki chiku medical association, Hiroshima has been put into practice covering three steps in order to detect and treat the abnormal spinal columns of pupils and students in early stages. However many kinds of problems occurred in each examination.

Especially in the second step by "Silhouetter's method", Following troubles occurred:

- 1) As Aki Medical Center is the only place where the Silhouetter's method is put into practice, students and their parents are burdened with it.
- 2) There are individual differences and errors by the eye as analyzing Silhouetter's pictures. In addition, it requires a great deal of labor to process a lot of patient's data from the first examination through the third.

Therefore we developed the system that makes the measurement easy and correct, and manages data of patient's charts effectively and rapidly with a personal computer.

1. 結 言

背柱側弯症に代表される姿勢異常は、背椎が曲がる病気で、小学校の高学年から中学生に多く発生している。このため、安芸地区医師会では姿勢研究班を設け姿勢異常の早期発見・早期治療を目的として、一次から三次にわたる集団検診を実施している。しかし検診の各段階において、諸々の問題が起こってきた。その中で特に、シルエット法による二次検診は次の点が問題となった。

(1) 器具は検査センターに固定してあり運搬できないため、被検者は遠方からセンターにまで来なければならない。そのため生徒や引率者等の負担は大きく、受診率の低下にもつながる。

(2) シルエット写真からのハンプ測定は人手で行っているため、個人差が生じる。

さらに問題となるのが、検診データの管理及び処理についてである。二次から三次までに出るデータは小学校・中学校合せて3000件近くあり、しかも一件当りの記入項目数は100以上ある。従って、この中から必要なデータを抽出したり、集計する作業は時間も手間もかかっている。

そこで今回、二次検診における測定の簡便化、高精

度化を図るとともに検診データを効率的かつ迅速に処理するシステムを開発したので報告する。

なお、本システムは安芸地区医師会姿勢研究班からの相談に基づき、中国エンジニアリングと共同で開発したもので、現在安芸地区医師会にて稼働している。

2. 姿 勢 検 診

検診の流れを図1に示す。一次検診は、学校医により行われ、両肩の高さの左右差、両肩甲骨の高さの左右差、ウエストラインの左右差、前屈したときの背中、腰の高さの左右差、円背の有無などについてチェックする。一次検診で側弯症の疑いのある生徒については、検査センターにおいて二次検診を実施する。こ

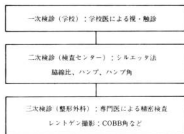


図1 検診流れ図

* 中国エンジニアリング㈱

** 安芸地区医師会

ここでは、シムエッタ（自動体型測定器）により体型の写真（シムエッタ写真）を撮影し、この写真から脇線及び背部の要形隆起の左右差（ハンプ、ハンプ角）を測定して、異常の有無を判定する。ここで異常と診断されると、三次検診として整形外科等で、レントゲン写真による最終診断（COBB角など）を行う。このように、検査を三段階に実施することにより、生徒への放射線の被曝を少なくしている。

3. ハードウェア構成

図2にシステムの構成図を示す。パーソナルコンピュータを中心として、各種指示や処理結果を表示する。CRT ディスプレイ、プログラムや検診データを保存するフロッピーディスク、処理結果を書類として保存するためのプリンタ、そしてシルエット解析を行う投影機及びデジタイザから構成されている。写真1にシステムの外観を示す。左から投影機、デジタイザ、パーソナルコンピュータ、CRT ディスプレイ、フロッピーディスク、プリンタである。

4. ソフトウェア構成

本システムのソフトウェアは図3に示すようにシルエット解析、検診データ管理、検診データ集計の3本のプログラムから構成されている。

4.1 シムエッタ解析

シムエッタ写真は専用の装置（自動体型測定器）により特殊な印面紙に撮影されたもので、実物の1/10に縮小されている。この装置は完全固定式で移動は出来ないため、諸々の問題があった。そこで、本システムでは普通の35ミリカメラのフィルムでも同様の測定が出来るようにした。その計測方法としては、35ミリフィルムをスライド写真に変換して、スライド投影機により影像を拡大し、デジタイザで人体シルエットを入力する。

図4にシルエット写真の模式図を示す。一枚の写真には、直立した姿勢(A)と前屈した姿勢(B)が写るようになっている。この写真から、脇線比、ハンプ及びハンプ角について測定する。脊柱側弯症の患者はハンプ及びハンプ角が大きく、また脇線比も1から著しく外れている。ここで脇線比とは体の中心線から左右の脇までの距離の比（ $a : b$ ）である。ハンプ(H)は前屈した時の背中の隆起の高い点(Y1)と体の中心線に対して丁度反対の位置(Y2)との高さの差(Y1-Y2)である。ハンプ角(θ)はY1を通る水平線とY1-Y2

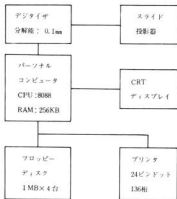


図2 ハードウェア構成図



写真1 システム外観

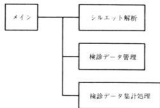


図3 ソフトウェア構成図

とのなす角度で表す。このハンプ及びハンプ角の測定は肋骨の上部・下部と腰部について求める。検診結果はCRT ディスプレイとプリンタに出力されるとともにフロッピーにも記録される。図5にデジタイザによる出力例を示す。

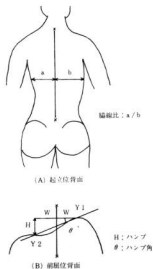


図4 シルエット写真モード図

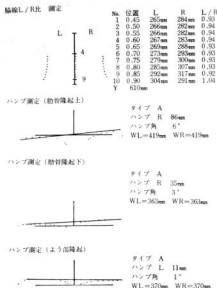


図5 シルエット解析出力例

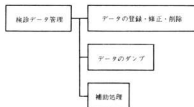


図6 検診データ管理プログラム



図7 個人別検診データ出力例

4.2 検診データの管理

検診データ管理プログラムは図6のように3つのサブプログラムから構成されている。

(1) 検診データの登録・修正・削除

検診データは、生徒毎に固有のコードを割付けて管理している。新規にデータを登録する際には、入力されたコードが正しいのかチェックがされている。また入力するデータについても不当な値が設定されないようにチェックされている。

データの記入は希望する項目の先頭にカーソルを移動して行う。

(2) 検診データの出力

入力されたコードの生徒の検診データがプリンタに整理されて出力される。図7に出力例を示す。

(3) 補助処理

本システムがデータを保存できるようにするための処理とか万一のためのデータのバックアップ処理などを行う。

4.3 検診データの集計処理

(1) 各学校単位に姿勢異常者のCOBB角度別集計結果をプリンタに出力する。

(2) 学校毎に生徒の検診データをプリンタに出力する。

5. 結 言

本システムにより次のことが可能となった。

(1) シルエット解析における測定データの信頼性が

向上した。

(2) 35ミリスライドフィルムから縮刷、ハンブ及びハンブ角が測定できる。

(3) 10分以上かかっていたデータの検索が数秒に短縮された。

(4) 一週間以上かかっていた集計作業が10分余りに短縮された。

(5) 従来、労力的に不可能であった重回帰分析等の統計処理が可能となった。

文 献

- 1) 背柱側弯症検診のための自動体型撮影器
：中国労災病院 泉 恭博
FM11-CP/M86 マニュアル

自動設計加工を助長するコンピュータによるシステム開発

プレス金型の自動設計用ソフトウェアの開発

小池 明, 斯波信雄, 京極秀樹, 畑 徳宜, 福田宗行*, 岸本三和*

Development of Software for Automated-Design of Metallic Molds

KOIKE Akira, SHIBA Nobuo, KYOGOKU Hideki, HATA Noriyoshi, FUKUDA Muneyuki
and KISHIMOTO Mitsukazu

We have developed these two years a CAD software oriented to designing metallic molds. It helps us make drawings and data for manufacturing molds by NC.

As a result of a research in the former year, we are able to make or modify drawings composed of lines and circles so long as we input simple words.

In the latter year some functions as follows were added to our software:

- 1) Function of creating spline curves, which compose contours of a metallic mold.
- 2) Function of offsetting contours of a metallic mold by a radius of a NC cutter.

The new-made curves shall be exactly the tracks of the NC cutter.

In designing and manufacturing molds our software is sure not only to save us time and cost but also to make high precision.

1. 結 言

ファクトリー・オートメーション (FA) の重要なキーポイントといわれる CAD/CAM が今、急速な勢いで大企業から中堅・中小企業へと普及し始めた。特に生産部門の前段階である設計や生産準備といった作業は多くの人員と時間を要し、製品によっては製造工程よりも多い場合もある。また社会環境が高齢化、人件費の高騰、価値観の多様化といった方向へ進むなかで、ユーザの求める製品はライフサイクルが短くなり、多品種、高精度化する一方である。

これらの社会ニーズに対応する手段として、生産部門の CAD/CAM 化が進行しているわけで、この導入なくしては今後の企業競争に脱落するとさえいわれている。

しかしながら、市販の CAD/CAM システムでは、導入企業の要求に完全に対応できるものは皆無であり、市販のソフトに手を加えるか、独自のソフトを開発しなければならないのが現状である。

そこで、筆者らは、プレス金型の CAD/CAM システムを独自に開発している御日本プレスとの間で、前年に引き続き共同研究を行い、設計のみにとどまらず NC 加工をも考慮したソフトウェアを開発したので報告する。

2. ソフトウェアの内容

2.1 前年度までに開発した内容

簡易言語の入力により、作図および図形データ作成が行えるソフトウェアを開発した。図形データは階層化されており、部品配置等が容易に行える。また、図形の回転移動・平行移動・対称移動といった図形編集機能を持っている。

しかし、図形要素は点・直線・円・円弧のみであり、グラフィックディスプレイがないため図面出力は XY プロットに限られていた。

2.2 自由曲線の付加

自由曲線とは、スロープや曲率が連続であるためらかな曲線のことであり、自動車のボディ等によく用いられているため、プレス金型の図形要素として不可欠

* 御日本プレス

である。自由曲線のなかでもスプライン曲線が最も一般的なのでこれを図形要素に付加した。

スプライン曲線は、あらかじめ与えられた点列を通る曲線である。隣接する2点間を補間するスプライン曲線の一区間をスプラインセグメントといい、これは Ferguson 曲線と一致する。Ferguson 曲線は、図1のとおり、両端点の座標 Q_1 、 Q_2 および両端点のスローベクトル \dot{Q}_1 、 \dot{Q}_2 によって定義され、パラメータ t により次の式で表わされる。

$$P(t) = \begin{bmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dot{Q}_1 \\ \dot{Q}_2 \end{bmatrix}$$

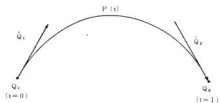


図1 Ferguson 曲線の作図例

スプライン曲線を定義するのは各点の座標のみであり、スローベクトルは与えられていない。そこで、本ソフトウェアの内部では、隣接するセグメントの間でスローおよび曲率が連続になるという条件により、各セグメントの両端点のスローベクトルおよび各点の座標は、Ferguson 曲線を定義する要素として図形データファイルに格納される。図2に示すスプライン曲線は5点で定義され、4つの Ferguson 曲線から成る。



図2 スプライン曲線の作図例

スプライン曲線は t の3次式となりデータ構造が簡単なので、本ソフトウェアでは図形要素としての曲線はすべてこれを用いている。

2.3 オフセット機能の付加

図3に示すとおり、金型をある形状にNC加工する場合、NCカッタの中心軌跡はその形状から一定量 (NCカッタ半径) だけオフセットしたものでなければならない。そこで、設計の段階でこのオフセット曲線を求めておく必要がある。

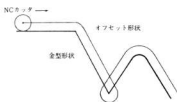
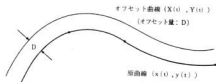


図3 オフセット形状の作図例

図3のように、もとの形状の図形要素が直線・円・円弧のみであれば、オフセットしてもやはり直線・円・円弧のみで構成される図形となるので比較的簡単に処理できる。しかし、図4のように、もとの形状にスプライン曲線が含まれている場合は、かなり複雑な処理を必要とする。



$$X(t) = x(t) + \frac{yD}{\sqrt{x'^2(t) + y'^2(t)}}$$

$$Y(t) = y(t) - \frac{x'D}{\sqrt{x'^2(t) + y'^2(t)}}$$

図4 スプライン曲線のオフセット

一般に、スプライン曲線をオフセットした曲線はスプライン曲線にはならない。スプライン曲線はパラメータ t の整式 (3 次式) であるが、そのオフセット曲線は t の無理式になってしまい、その図形データの処理がきわめて煩雑になる。

そこで、このオフセット曲線をスプライン曲線で近似することにした。Ferguson 曲線とそのオフセット曲線の例を図 5 に示す。



図5 Ferguson 曲線とそのオフセット曲線

ここで、 Q_1, Q_2 は両端点の座標、 \dot{Q}_1, \dot{Q}_2 は両端点におけるスローベクトルであり、 $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, \ddot{Q}_1, \ddot{Q}_2$ はオフセット曲線を Ferguson 曲線に近似した場合の両端点の座標およびスローベクトルである。

$Q_1, Q_2, \tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2$ の 2 階微分をそれぞれ $\dot{Q}_1, \dot{Q}_2, \ddot{Q}_1, \ddot{Q}_2$ とおくと、

$$\dot{Q}_1 = -6Q_1 + 6Q_2 - 4\dot{Q}_1 - 2\dot{Q}_2$$

$$\dot{Q}_2 = 6Q_1 - 6Q_2 + 2\dot{Q}_1 + 4\dot{Q}_2$$

$$\ddot{Q}_1 = -6Q_1 + 6Q_2 - 4\dot{Q}_1 - 2\dot{Q}_2$$

$$\ddot{Q}_2 = 6Q_1 - 6Q_2 + 2\dot{Q}_1 + 4\dot{Q}_2$$

となる。また、 $Q_1, Q_2, \tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2$ における曲率半径をそれぞれ $R_1, R_2, \tilde{R}_1, \tilde{R}_2$ とおくと、

$$R_1 = \det \begin{vmatrix} \dot{Q}_1 & \dot{Q}_2 \\ \ddot{Q}_1 & \ddot{Q}_2 \end{vmatrix} / \|\dot{Q}_1\|^3$$

$$R_2 = \det \begin{vmatrix} \dot{Q}_2 & \dot{Q}_1 \\ \ddot{Q}_2 & \ddot{Q}_1 \end{vmatrix} / \|\dot{Q}_2\|^3$$

$$\tilde{R}_1 = \det \begin{vmatrix} \dot{\tilde{Q}}_1 & \dot{\tilde{Q}}_2 \\ \ddot{\tilde{Q}}_1 & \ddot{\tilde{Q}}_2 \end{vmatrix} / \|\dot{\tilde{Q}}_1\|^3$$

$$\tilde{R}_2 = \det \begin{vmatrix} \dot{\tilde{Q}}_2 & \dot{\tilde{Q}}_1 \\ \ddot{\tilde{Q}}_2 & \ddot{\tilde{Q}}_1 \end{vmatrix} / \|\dot{\tilde{Q}}_2\|^3$$

となる。オフセット量を D とすると、 $R_1, R_2, \tilde{R}_1, \tilde{R}_2$ の間には、

$$R_1 = \tilde{R}_1 + D, \quad R_2 = \tilde{R}_2 + D$$

という関係式が成り立ち、 \dot{Q}_1 と $\dot{\tilde{Q}}_1, \dot{Q}_2$ と $\dot{\tilde{Q}}_2$ はそれぞれ平行であることから、

$$\dot{\tilde{Q}}_1 = C_1 \dot{Q}_1, \quad \dot{\tilde{Q}}_2 = C_2 \dot{Q}_2$$

という関係式が成り立つ。ここで C_1, C_2 はある値のスカラー量である。

以上の式を解いて $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, \dot{\tilde{Q}}_1, \dot{\tilde{Q}}_2$ を求める。こうして求めた近似曲線は、端点の近傍では正確であるが、中央部分で誤差が大きくなる場合がある。誤差が一定の値より大きい場合には、原曲線を分割して 2 つのセグメントとし、それぞれについてオフセット曲線を求めなおす。誤差が一定の値におさまるまでこれを繰り返す。

また、単純にオフセット曲線を求めるだけでは図 6 のようにオフセット曲線が交わってしまう場合がある。この曲線をそのままカット経路にすると、カット干渉を起こし、削り過ぎになる。

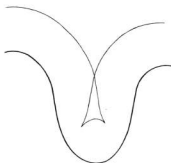


図6 オフセットによるカット干渉の例

そこで、図 7 のように干渉部分を除去すれば削り過ぎは防げるが、今度は削り足りない部分が出てくるので、図 8 のように半径の小さいカッタの経路を求め、切削しなおす。



図7 干渉部分を除去したもの

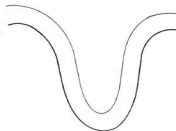


図8 半径の小さいカッタの経路

このように工具を交換しなければならない場合があるが、これを完全に自動化するのはまだ多くの問題点があり今後の研究の課題となっている。

2.4 グラフィックディスプレイによる対話処理

汎用コンピュータ富士通M130 Fおよびグラフィックディスプレイ、タブレットが導入されたのに伴い、グラフィック処理サブルーチンを本ソフトウェアに組み込んだ。これにより、キーボードまたはタブレットからの図形入力、グラフィックディスプレイまたはXYプロッタへの出力が行えるようになった。グラフィ

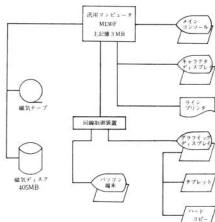


図9 システムの概要

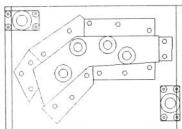


図10 グラフィックディスプレイへの表示例

ックディスプレイの表示を見ながら図面を作成したり修正するといった対話処理が可能となり、操作性は大幅に向上した。図9にシステムの概要を、図10にグラフィックディスプレイへの表示例を示す。

3. 結 言

図形要素にスプライン曲線を付加したことで、ほとんどの金型形状に対応できるようになった。また、オフセット機能を付加したことでNC工具経路が得られるようになった。従来の従加工方式では不具合が多発しており精度も悪かったが、NC加工方式に切り替えば不具合は半減し、精度は大幅に向上する。このようにNC加工には大きな意義がある。さらに、対話処理が可能となったことから、設計に要する時間も短縮された。

以上のように、本研究はコストダウン・高精度化納期短縮に結びつくものであり大きな効果が期待できるものである。

文 献

- 1) 山口富士夫：形状処理工学 I
- 2) 山口富士夫：形状処理工学 II
- 3) 山口富士夫：コンピュータグラフィックス
- 4) Butterworth & Co(Publishers) Ltd : Computer aided Design, Volume 15 Number 5 (1983)

CADシステムによる機械部品の標準化と最適設計

斯波信雄, 兼広二郎, 中塩武之, 小林賢治

Standardization and Optimal Design of machine parts by CAD system

SHIBA Nobuo, KANEHIRO Jiro, NAKASHIO Takeuki and KOBAYASHI Kenji

The finite element method which was one of the analytical method in the optimum structural design was programmed and combined with our CAD (Computer aided design) system. In this analysis, co-ordinates of node points and other data were read automatically from the structure data in the CAD system. The developed programs in this study are as followings:

- 1) a re-editing program of structure data
- 2) a program of automatic meshing
- 3) a program of the finite element method

These programs were combined with our CAD system, so that we were able to simulate stress distributions of structures on our CAD system. And these analytical results were good agreement approximately with experimental results.

1. 緒 言

商品の個別化, 多様化に伴って生産現場においても多品種少量生産の傾向がますます強まり, しかも納期の短縮が迫られている。設計においても例外ではなく, 設計時間の短縮が課題となっており, 中小企業においても設計効率を向上させる手段としてCADが検討され導入されつつある。しかし通常CADは作図機能はある程度充実されてきているものの設計, 例えば強度評価手段としてはあまり利用されていないようである。設計作業の中には機能を満足する形状を求め, その形状に対して強度評価を行い必要なら形状を修正して再度強度評価をする等の作業が必要である。

最適設計の手法の中に有限要素法があるが, この手法は形状が単純でない場合によく用いられる。有限要素法を用いる場合, ヤング率等材料データ, 固定・荷重条件の他に多量の座標データ等が必要となり, 手作業で応力解析シミュレーションを行うのは困難である。このためCADを用いて作図, 修正等を行い, その図形データを用いてCADにリンクした有限要素解析用ソフトにより解析するといった方法がとられている。しかしリンクできるのは大型のCADシステムに限られており, 有限要素解析用ソフトも高価なもので中小企業が簡単に使える状態にないのが現実である。そこで容易にCADシステム内に組み込んで利用できることを目標において二次元有限要素解析用ソフトの開発

を行った。

2. 機能の概要

当所のCADシステム(富士通製ICADシステム)に組み込んで使用できることを前提にしているので, CADシステムの中での位置づけとしては図1のようになる。



作図: ICADの機能を利用
FEM解析: ソフト開発
修正: ICADの機能を利用

図1 CADシステム内での位置づけ

図1からわかるように,

- (1) CADシステムが持っている機能を利用して作図する。
- (2) 有限要素解析はそれまでに作成されている図形に対して行う。有限要素解析の結果としては応力状態・変形状態を表示し, 必要に応じて指示した場所の応力・変形に関する数値データを表示する。

(3) 解析結果により必要があれば形状を修正し、再度有限要素解析を行う。

以上のように、CADシステム内に有限要素解析機能を組み込むことにより応力評価シミュレーションが可能になる。

今回開発したソフトは、つぎの2つの部分に大別できる。

(1) CADで作られた図形データを取り込み、加工して自動分割する。

(2) (1)で作られた座標データ、要素に関するデータと、材料データ、固定・荷重条件により有限要素解析を行う。

2.1 要素分割について

CADで作られた図形データは、形状を表わすには十分な情報を持っているが、図形を指示して要素分割させる等の処理を行おうとする場合には別の情報、制約等が必要になってくる。

図形を要素分割する場合、いくつかのブロックに分割してそのブロック毎に分割数を指示できればより柔軟な要素分割を行うことができる。また有限要素法では材料データが部分的に異なる場合にも解析が行えることからブロック毎に材料データを変えることができるようにしておけば要素分割も材料データの指定も効率よく行うことが可能となる。従って図形をいくつかのブロックに分割し、ブロック毎に要素分割を行い全体を再構築するといった方法をとった。その流れを図2に示す。

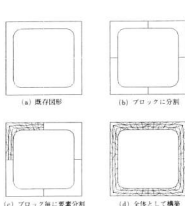


図2 要素分割までの流れ

既存図形をブロックに分割する際、次の様な条件を付けている。

(1) 線分は直線、円弧、スプライン曲線(何本かの直線で表わされている場合のみ可)で構成されていること。

(2) 線分は全て端点でつながっていること。

(3) ブロック毎に閉ループを作っており、ブロックの中に他の閉ループを作るような図形が存在しないこと。

(1)は開発したソフトの中で条件づけているものであり、ほとんどの形状はこれらの線分で画くことができる。スプライン曲線はデータとして入力した座標点間を何等分かって直線として作図すればスプライン曲線も扱えるという意味である。

(2)はブロックを構成する線分をできるだけ少ない指示により取り込むために必要な条件である。場合によっては既存図形を一部書き替えることが必要になる場合も生じてくるが、最初からこれらの条件を満たす形で作図するように心掛ければ特に問題はない。

(3)は、例えばブロックを構成する一本の線分が指示されれば、そのブロックを構成している線分を、端点を共有しているという条件から全て芋づる式に探し出せるという意味である。また、探し出された最後の線分の終点は最初に指示された線分の始点と一致しなければならない。

以上の条件を付けて作図された図形に対して要素分割を行う。図3にブロックの指示方法を示す。

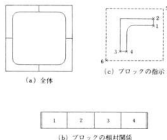


図3 ブロックの指示方法

図3(a)のような図形があり、全体を4つのブロックに分けた場合、この図形は(b)のように横一列に並べて1のブロックと4のブロックが連結しているという条件を付ければ(a)は(b)により表わすことができる。すなわち各ブロック毎に作成した三角形要素等のデータと、

ブロックと全体との関係から三角形要素等を全体として組み立てることができる。

次にブロック毎の図形データを取り込む方法について説明する。(a) のブロック1を指示する場合、(c) のように点1-2の間と、点3-4の間をM等分、点2-3、点4-1の間をN等分するという事を取り決めておき、ブロック1の図形を囲むような点5と点6を指示することによりブロック1の線分だけを探し出すことができる。

このようにして全ブロックの指示が終了すると、要素分割されたブロック毎のデータは全体として組み直されて次のステップである有限要素解析につかえる形になる。

2.2 有限要素解析について

有限要素解析は三角形一次要素を用いて二次元平面応力を仮定して行った。解析に必要な各ブロック毎の材料データ(板厚等は各ブロック毎に変えて与えることができる)、固定・荷重に関するデータはそのつどメッセージに従ってキーボードから入力したりタブレットで図形を指示することにより入力する。固定条件としてはX、Y方向に対して固定、自由の別を入力しタブレットで要素分割した節点(有限要素法の場合固定、荷重は節点に対して行う)を指示することにより行う。荷重条件もX、Y方向に対する力の大きさをキーボードより入力し、タブレットで力を加える節点を指示する。以上のデータを基に有限要素解析を行う。

結果としては変形状態と、各要素での応力の大きさを線の長さ(引張、圧縮の別は色を変えて表示している)で表示するようにしている。

3. 結果と考察

簡単な形状のモデルについて、有限要素解析と実験を行なった。モデルとしては図4のような形状とし、内側のコーナー部の半径値Rを5、10、15mmと変

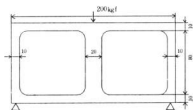
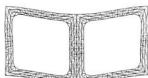


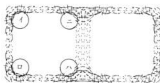
図4 モデル

えた。

固定条件としては図4の△印で示す位置を、X方向自由、Y方向固定とした。荷重は形状の中央にY方向に500 kgfの集中荷重を加えて解析を行った。R値10mmの解析結果を図5に示す。



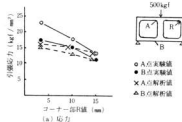
(a) 変形状態 (×50)



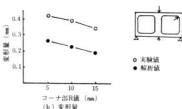
(b) 応力状態

図5 解析結果

図5(a)には変形量を50倍に拡大した場合の解析結果を、図5(b)には応力状態図を示す。(b) 図中の(I)、(II)では引張応力が、(III)、(IV)では圧縮応力が大きいことを示している(ディスプレイ上では色により引張、圧縮の区別がつけられる)。(I)、(II)の部分に大きな引張応力が発生しているので、ここに歪ゲージを貼って



(a) 応力



(b) 変形量

図6 実験結果と解析結果

実験を行った。図6に実験結果と解析結果を示す。ヤング率、ポアソン比にはそれぞれ $E = 21000$ kgf/mm^2 、 $\mu = 0.3$ を用いた。

コーナー部の R 値が大きい場合は解析結果と実験結果が良く合っているが、コーナー部が小さくなるに従って差が大きくなっている。これはコーナー部でのメッシュの数が少ないのが一つの原因と考えられ、コーナー部でのメッシュの数をもっと増やすことにより実験結果に近づくものと考えられる。変形量の測定には電気マイクロメータを用いた。実験結果は解析結果のはば2倍弱となっている。解析では単純な二次元平面応力状態を仮定しているが、実際には曲げモーメントが生じている。この曲げモーメント等の影響を無視して解析を行っていることが解析結果と実験結果とが大きく異なった原因の一つと考えられる。

現在、CAD システムに組込んでいるソフトは処理を速くさせたいためにオンメモリで行っており、節点数は約500節点までしか処理できない。またブロックの対辺の分割数は同じにしているためにコーナー部のメッシュ数を増やそうとしても限度がある。この対策として既に自動分割している一部の領域に対して細分割することができるようにしている。

次に機械工具の一つであるスパナについて応力解析と実験を行った。解析結果を図7に示す。固定条件としては図中の△印の位置でY方向のみ固定し、↓印の位置に20kgfの荷重を加えたものとしている。

図7のイ、ロの部分に大きな引張応力が生じており、ハの部分に大きな圧縮応力が生じている。実験では図7のイの部分で特に大きな引張応力が生じている部分に歪ゲージを貼った。実験結果は27 kgf/mm^2 、解析結果は23 kgf/mm^2 であった。

4. 結 言

CAD を作図だけでなく応力解析にも利用できるように、当支所の I CAD システムに二次元有限要素解析用ソフトを開発し組込んだ。このことにより CAD で作図した機械部品等の図形に対して有限要素解析が行えるようになり、強度評価を行いながら設計を行う、いわば最適設計が可能となった。

現在当支所に組込んだ二次元有限要素解析用ソフトは平面応力状態についてのみであり、また要素を自動的に作る時ブロックの対辺は同じ分割数でなければならない等機能性、操作性とも不十分であるが、これらの点については今後の課題として改良を加えていく予定である。

文 献

- 1) O・C ツイエイキ・グイッツ著、吉謙雅夫、山田嘉昭(監訳)：基礎工学におけるマトリクス有限要素法 培風館
- 2) 戸川隼人著：マイコンによる有限要素解析 培風館

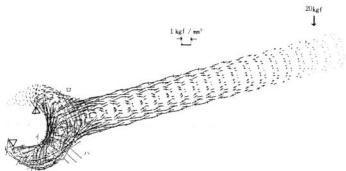


図7 スパナの解析結果

精密鑄造による金型の製作

原 信彦, 世良時夫, 横山宏樹, 新田 明, 筒本隆博

Manufacturing forging die and metallic mold by precision casting

HARA Nobuhiko, SERA Tokio, YOKOYAMA Hiroki, NITTA Akira and TSUTSUMOTO Takahiro

Shaw process was tried to manufacture metallic mold and forging die in order to save trouble in forming process. In the Shaw process, ethyle silicate solution of 30% Si_2 was used and the time for drawing spike and first heating mold were decided by measuring hardness of mold.

The metallic mold for casting model was thin and a complex shape, so a rubber model was required for molding and casting was carried out under low pressure condition.

Manufactured die was made of SKD61 and it was for forging a bevel gear, which need much time to make.

Strength of this material was poor as cast but subsequent reasonable heat treatment improved it.

Surface roughness of the die was 20~30S as cast, and it was allowable to use directly or after some polishing.

1. 緒 言

2. 実験方法

金型の製作費は製品の価格を左右するため、金型を安価に早く製作することがますます重要になってきた。

一般に金型は、ダイブロックを切削あるいは放電加工など機械加工で作られるが、この方法は製作に長時間を要し製作費も高価になる。

精密鑄造による金型の製作は鑄造によって金型を作るため複雑な形状の型でも比較的少ない工数で製作できるので、製作時間が短縮され、金型コストの低下が図れる。そこで金型の製作に通じているショウ・プロセス法によって金型の製作を試み、安価で短納期への対応を図ろうと考えた。

ショウ・プロセスに関する文献は、ほとんどなく、ショウ・プロセス法による金型製作の条件についての研究を行うと同時に、実用金型の試作を行い、品質の検討も行ったので報告する。

2.1 供試材

ショウ・プロセスのバインダーにはエチルシリケート40の加水分解液を使用し、骨材にはジルコン・フラワーとジルコン・サンドを用い、ゲル化剤には10%炭酸アンモニウム水溶液を使用した。

金型の製作には、コンボジット・ショウ・プロセスを採用しパッキング鑄型はガス型とし、その骨材にはアルミナ・サンドを用いた。骨材の粒度分布を表1、表2に示す。

2.2 実験方法

エチルシリケート40は加水分解反応によって、けい酸ゾルになるがエチルシリケートと水とは混合しないので両者に共通の溶媒として変性エチルアルコールを用い、反応を促進させる触媒として塩酸を使用した。¹⁾ 本実験では3種類のシリカ濃度の加水分解液を使用し、

表1 ジルコンフラワーの粒度分布

ミクロン	50	40	30	20	10	5	Pass
重量%	2	5	11	18	26	18	20

表2 骨材の粒度分布(重量%)

試料	メッシュ								
	28	35	48	65	100	150	200	270	pass
ジルコンサンド	—	—	1.1	58.5	37.1	2.8	0.1	0.1	0.2
アルミナサンド	18.8	49.6	23.0	4.8	2.2	0.8	0.4	0.2	0.1

その配合を表3に示す。

表3 加水分解液の配合

シリカ濃度	エチルシリケート40	エチルアルコール	純水	塩酸
3.0	75.7	17.6	6.7	0.05
2.6	65.0	28.0	7.0	0.05
2.2	55.0	33.0	11.0	0.05

加水分解液の作製順序は、変性エチルアルコール、純水、塩酸を攪拌機で攪拌しながらエチルシリケート40を加え、液温が最高上昇温度の1/2に低下するまで攪拌した。

加水分解液のゲル化時間（硬化時間）の測定は30ccの加水分解液に炭酸アンモニウム液を2%～20%まで2%おきに添加し、15秒間攪拌したのち骨材を加水分解液の5倍（重量比）に加え、さらに30秒攪拌したのち流動性を失うまでの時間で測定した。また、骨材にはジルコンプラワーにジルコンサンドを35%加えたものを使用した。

加水分解液のゲル化時間は温度によっても変化する。ため加水分解液の温度を5℃～30℃まで5℃おきに変化させ、炭酸アンモニウムを4%と8%添加して上記と同様の方法でゲル化時間と温度との関係を求めた。

抜型及び一次焼成のタイミングを知るためゲル化後の硬度の変化を鉤物砂生型硬度計を使用して30秒おきに測定した。また型抜きは45mm×50mmφの模型を用いて行った。

骨材の配合割合が一次焼成の際に発生する微細クラックに及ぼす影響を知るために、ジルコンプラワーにジルコンサンドを20%～60%まで10%おきに配合して20mm×50mmφのテストピースを作り、ゲル化後プロパンバーナーで強熱して一次焼成を行うクラックの発生状態を10倍に拡大して観察した。

また、その試料の通気度を鉤物砂通気度試験器を用いて測定した。

3. 実験結果

ゲル化時間は、鉤物の種類や大きさによって変える必要がある。ゲル化剤の添加量によって調節することができる。ゲル化剤に10%炭酸アンモニウム水溶液を使用した場合の炭酸アンモニウム添加量とゲル化時間の関係を図1に示す。

ゲル化時間は炭酸アンモニウムの添加量2%ではシ

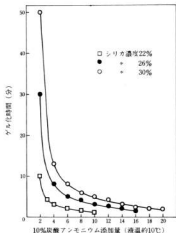


図1 炭酸アンモニウム添加量とゲル化時間の関係

リカ濃度26%と30%のものは長時間かかり、表面に薄いシリカの層ができて使用できないが4%では10分前後となり、添加量が増加するに従って早くなった。

また、炭酸アンモニウムの添加量が増加するに従ってゲル化時間の変化は小さくなった。

シリカ濃度22%のものも前者と同様の傾向を示すが炭酸アンモニウム添加量2%でゲル化時間は10分と早く、シリカ濃度の低いものほどゲル化時間は早くなった。ゲル化時間は作業性から5～10分が望ましく加水分解液の温度が約10℃の場合炭酸アンモニウムの添加量はシリカ濃度22%は2～3%、26%は4～6%、30%は6～10%でシリカ濃度が高くなるほど、炭酸アンモニウムの添加量の幅が広がった。

加水分解液の温度がゲル化時間に及ぼす影響を図2に示す。ゲル化時間は温度によって大きく影響され低温になるほど長くなるためゲル化時間を一定にするためには炭酸アンモニウムの添加量を液温によって変える必要がある。

ゲル化時間及び放置時間と硬度の関係を図3に示す。硬度はゲル化時間の早いものほど急速に上昇し、抜型のタイミングは硬度40～60が最適で、早過ぎるとシミキが発生し、遅い場合は型抜きが困難になる。

また一次焼成は硬度70以下で行うと写真1に示す様な型の破壊が発生したが70以上では発生しない。

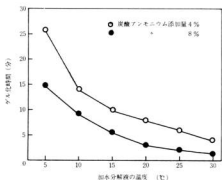


図2 加水分解液の温度がゲル化時間に及ぼす影響

これは、ゲル化が完全に行われていないままバーナーで加熱すると鋳型の破壊が生じるという報告もあり³⁾ これとも一致する。

このことからゲル化時間を8分に調整した場合技型はゲル化後1分30秒前後で行い、一次焼成は3分後に行うと良い結果が得られることになる。但し技型後そのままで放置するとアルコールが蒸発して鋳型の寸法変化の原因となるため、四塩化炭素にワックスを溶解したものを塗布した。

ジルコンサンドの混入量が微細クラック及び鋳型粗さに及ぼす影響を写真2に示す。

ジルコンサンドの混入量が増すとともにクラックは小さくなりその量は増加する。また鋳型の表面粗さはジルコンサンドの配合量20%と30%のものは15~20μであったが、40%は10μ前後になりクラックが細くなるとともに平滑になることがわかった。

また、通気度はジルコンサンドの混入量20%では

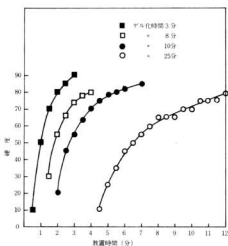


図3 ゲル化時間及び放置時間と硬度の関係



写真1 一次焼成で発生した鋳型の破壊

4であったが60%になると12前後になり、ジルコンサンドの多いものは通気度はよくなる。

4. 金型の製作

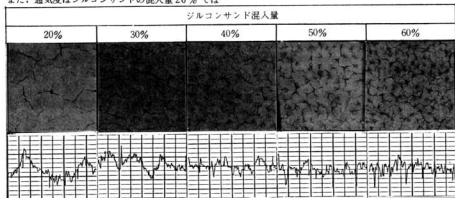


写真2 ジルコンサンド混入量がクラック及び鋳型粗さに及ぼす影響

4.1 鑄造模型用金型の試作

試作した鑄造模型用金型は、機械加工では製作が困難であり、また、一般の模型では型抜きができない複雑な形状をしている消火用スプリンクラー部品を選定し、型抜きが可能なゴム製の模型を採用した。肉厚が1mmと薄く尖った部分があり、重力鑄造では廻り不良が発生したため減圧鑄造装置を作製し、水銀柱200～300mmに減圧して鑄造した。試作した減圧鑄造装置を図4に示す。

造型はコンボジット、ショウ・プロセスで行い、バックリング用鋳型は表2に示したアルミナ・サンドを骨材とし、ガス型で作製した。

ショウ・スラリーは表3に示したシリカ濃度30%の加水分解液にジルコンプラワーにジルコンスンドを40%配合したものを、加水分解液の5倍(重量)加えゲル化時間は5～6分に調節し、型抜きは模型がラバーであるため、硬度60と少し高めで行い、一次焼成は硬度80以上で行った。

また、2次焼成は900℃で一時間行い冷却後FC20相当の溶湯を鑄込んだ。製作した金型を14コ埋込んだマッチ・プレートを写真3に示す。この型は現在鑄造ラインで使用しているものである。

4.2 鍛造用金型

鍛造用金型は、切削加工では比較的多くの工数を必要とするカサ歯車作製用金型を試作した。

造型は、前記金型と同様の方法で行い、SKD61相当の溶湯を鑄込んだ。

溶解は、SKD61のスクラップを使用し、高周波溶解炉を用いて行い、その成分の変化はC, Si, Mnはやや減少し、成分調整をする必要があったが、その他の成分(Cr, Mo, V, P, S)についてはほとんど変化しなかった。鑄造のままでは硬度がHRC50前後で、衝撃値は0.5kgf・m/cm²前後と脆く、当然熱処理を必要とし、ソルトバスを使用して焼入1030℃、焼



写真3 鑄造模型用マッチプレート

もどし660℃で行い、その結果硬度はHRC40で衝撃値は16kgf・m/cm²と大きく改善された。

また表面あらさは、30μ前後でそのままか、少し手を加えることで使用できる値である。

5. 結 言

金型を作製する目的でショウ・プロセスについての研究を行い、金型を作製した結果は、次のような成果を得た。

- (1) エチルシリケート40の加水分解液のシリカ濃度は26%、30%のものが作業性が良好である。
- (2) ゲル化開始後の硬度を鋳物砂生型硬度計で測定することにより抜型及び一次焼成のタイミングを管理することができる。
- (3) 鋳型の寸法精度を左右する微細クラックの発生はジルコンスンドの配合量が大きく影響する。
- (4) 鑄造模型用金型はゴム模型を使用し減圧鑄造することにより複雑な形状のものでも製作することができた。また、鍛造用金型はSKD61相当の溶湯を鑄込み適正な熱処理を行うことにより衝撃値は大きく改善することができ、実用金型として使用できる。また表面あらさは30μ前後で、そのまま鍛造型として使用できることがわかった。

文 献

- 1) 日本鋳物協会精密鋳造部会編：精密鋳造法，日刊工業新聞社 P 119
- 2) 島政雄他：富山県工業試験場報告，1978 P 18

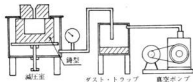


図4 減圧鑄造装置

Sn-Ni 合金めっきに関する研究

梶岡 秀, 清水達磨, 新田 明

Study on Sn-Ni alloy plating

KAJIOKA Hideshi, SHIMIZU Tatsuma and NITTA Akira

Sn-Ni alloy plating under gold plating for tabs of printed circuit boards is good against corrosion. Sn-Ni alloy plating baths presently known are fluoride bath, pyrophosphate bath and chloride bath. The results of our study using these three kinds of baths are as follows. Brightness of deposits was achieved under these conditions: Dk 0.5~3A/dm² in fluoride bath, Dk 0.1~1.5A/dm² in pyrophosphate bath and Dk 2~8A/dm² in chloride bath. The chemical composition of deposits in the three baths were about the same, that is, Sn content was about 70 wt.%. Hardness ranged between Hv 400~500 and ductility was almost same.

1. 緒 言

プリント配線板の接点, 端子部はニッケルめっき後, 金めっきされることが多い。金は耐食性の点では最もすぐれた金属であるが, 非常に高価なため, めっき厚を薄くすることが望まれている。しかし, 金めっきでもめっき厚を薄くするとピンホールが増加し, その孔を通して下地の金属が腐食し腐食生成物が表面に現われて, 接触抵抗を異常に高めるようになる。金の下地めっきとしてSn-Ni合金めっきを用いると, 様々な腐食環境下ですぐれた耐食性を示すことをM. Antlerらが明らかにした^{1), 2)}。今までにSn-Ni合金めっき浴としてフッ化浴, ピロリン酸浴, 塩化浴が知られているが, 三者をまとめて比較したものが見られないので, 使用に際しての指標を得るために, 各浴における電析物の外観, 組成比に及ぼす電流密度の影響, 電流効率, 物性としての硬さ, 延性などの基礎的な特性を求め比較検討したので報告する。

2. 実験方法

ハルセル試験片は市販のハルセル用銅板を用い, 他の試料は表1に示したようにハルセル銅板を切断し, 被めっき面以外はフロンマスクでコートした。すべて試料は電解脱後10%塩酸に浸漬してめっきした。

めっき浴組成とめっき条件は表2に示した。フッ化浴はR. D. Srivastavaら³⁾, ピロリン酸浴は櫻本ら⁴⁾

塩化浴は田村ら⁵⁾のめっき浴組成を参考にした。めっき量はハルセル試験以外は1ℓとし, 金属塩の補給はしないで, 金属濃度の減少率2.5%内において無攪拌で, 表1で示すめっき厚にした。

硬さはマイクロピッカース硬さ計を用い荷重25gで測定した。折曲げは心棒径6mmを用い, 手で180°に約1秒かけて出来るだけ同一条件となるように注意して曲げた。電析物の表面と折曲げによるクラック発生の観察には走査電子顕微鏡を用いた。電析物の組成分析は塩酸と過酸化水素で完全に溶解後, SnとNiを原子吸光分析した。ハルセル板のめっき厚分布は, 蛍光X線微小膜厚計を用いSn測定条件下で測定した。ハルセル試験の電流密度(Dk)範囲内では電析物の組成変化は小さく, かつ最大めっき厚でも測定値に及ぼすめっき厚効果は10%内と小さいので, Sn測定値はハルセル板上の電析物の厚さとほぼ比例しているともみなせる。

3. 結果と考察

表1 評価用試料の寸法とめっき厚

試料	試料のサイズ (mm)	めっき面の大きさ (mm)	めっき厚 (μm)
外観・分析用	30×30	30×30	約5
硬さ測定用	10×30	10×10(センター部)	約15
折曲げ試験用	10×67	10×30(センター部)	約10

表2 めっき浴組成とめっき条件

組成	浴種		
	フッ化浴	ピロリン酸浴	塩化浴
$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (g/L)	50	28.2	30
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (g)	250	29.7	300
NH_4F (g)	50	—	—
ピロリン酸カリ (g)	—	165	—
グリシン (g)	—	18.8	—
塩酸 (m/L)	PH調整	PH調整	300
1,5-ナフタリンスルホニル酸ナトリウム (g/L)	—	—	5.0
チオ尿素 (g/L)	—	—	0.075
PH	2.5	8.0	—
浴温 (°C)	65	50	65

3.1 めっき外観

ハルセルめっき外観を図1(A)に示した。各浴とも通電量一定とした。なお、ピロリン酸浴の電流はフッ化浴と同じ条件とした。ピロリン酸浴はフッ化浴と比し高電流密度でくもりを生じやすく、さらに高電流密度では粉状めっきとなった。しかし低電流密度では良い光沢を示した。塩化浴はフッ化浴よりも高電流密度での光沢範囲は広いが、低電流密度では一部で黒変色を示し、さらに低電流密度では無めっきとなった。表1に示した試料に定電流で等電流量をめっき(膜厚約5 μm)した外観もハルセル外観の傾向と同様な結果が得られた。Dk 3A/ dm^2 でフッ化浴はわずかにくもりを生じたが、ピロリン酸浴ではかなりくもり、光沢は著しく低下した。逆にDk 0.2A/ dm^2 ではフッ化浴はくもったが、ピロリン酸浴は光沢を保った。一方、塩



上段: フッ化浴
中段: ピロリン酸浴
下段: 塩化浴

写真1 電析物の表面形態に及ぼす電流密度の影響

化浴はDk 1~8A/ dm^2 で光沢を示した。ただしDk 1.5A/ dm^2 以下では電析物の厚さが0.5 μm と非常に薄く、Dk 8A/ dm^2 ではピットが見られた。

写真1の電析物の走査電子顕微鏡写真も上記の結果を良く裏づけている。フッ化浴はDk 1A/ dm^2 以下ではDkの減少とともに析出粒子径が大きくなったが、ピロリン酸浴ではほとんど変化はみられなかった。Dk 3A/ dm^2 ではピロリン酸浴では凹凸が著しいが、フッ化浴はほとんど変化がない。塩化浴からの析出粒子径

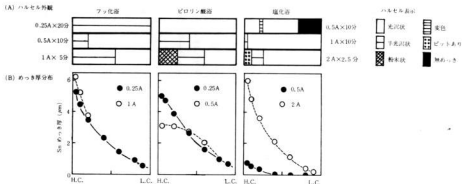


図1 ハルセルめっき外観とハルセルめっき厚分布

は、フッ化浴、ピロリン酸浴の光沢面と同様に小さかった。又、電流密度の影響はほとんどなかった。

3.2 ハルセル板のめっき厚分布と電流効率

フッ化浴では0.25A、0.5A、1Aでのめっき厚分布は、図1(B)に示すようにほぼ同一な分布であった。このことは広いDk範囲で電流効率が一定であることを示している。ピロリン酸浴では、0.25Aでフッ化浴と似ためっき厚分布を示すが、0.5A通電すると、Dk 1A/㎠相当(H.C.端から4cm)以上ではめっき厚の増加が小さくなった。この電流密度で限界電流に近づいたと考えられる。めっき外観もこの位置付近で光沢から半光沢へ移った。ピロリン酸浴では限界電流が小さく、この値を超えるためにめっき光沢が低下すると考えられる。フッ化浴では限界電流に到達しなくても半光沢となった。ピロリン酸浴とは外観に対して、電流密度の影響が異なると考えられる。一方、塩化浴は、1A及び2Aでめっきしてもフッ化浴と同様なめっき厚分布を示した。Dk 12A/㎠相当の高電流密度でも限界電流に到達しないと考えられる。しかし、0.5Aではめっき電量は等しいにもかかわらず、全範囲でめっき厚が急激に薄くなった。

電流効率を図2に示した。ピロリン酸浴はDk 1A/㎠までは電流効率95%以上と高いが、さらに高電流

密度になると減少し、Dk 3A/㎠では70%台に低下した。フッ化浴はDk 3A/㎠でも95%以上であった。塩化浴はDk 1.5A/㎠以下では10%以下と非常に低く、Dk 2A/㎠で60%台に急増した。田村らはこの電流効率が急増する電流密度をDk 1A/㎠との結果を示している⁵⁾。電流効率に及ぼす電流密度の影響の結果とハルセル板のめっき厚分布とは同様な傾向を示した。

3.3 電析物組成

原子吸光分析で求めたSn含有率は図3に示すように各浴とも約70wt.%であった。ピロリン酸浴は電流密度の増加とともにSn含有率がわずかに減少し、塩化浴はほぼ一定値を示した。この結果は榎本ら⁴⁾田村ら⁵⁾の値とよく一致し、原子吸光分析も有効であることがわかった。一方フッ化浴は低電流密度域で電流密度の増加によってSn含有率がわずかに高くなった。

3.4 電析物の物性

各浴からの電析物の硬さは図4に示したようにHv 400~Hv 500であった。フッ化浴ではDkの増加とともに減少し、Dk 3A/㎠で約Hv 360に低下した。ピロリン酸浴では逆に増加する傾向にある。Sn含有率が増加すると硬さは減少するので⁶⁾、硬さに及ぼす

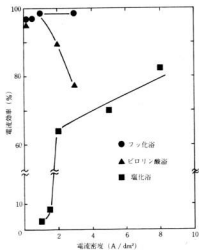


図2 電流効率に及ぼす電流密度

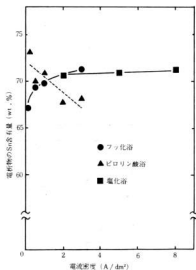


図3 電析物組成に及ぼす電流密度の影響

電流密度の影響は、3.3で述べた電析物組成変化と対応していると考えられる。

これらの電析物はX線回折によって一相のNiSn金属間化合物であることが知られている^{7), 8)}。

一般的に金属間化合物はもろい性質をもっているの

で、各浴からの電析物を折曲げ延性を比較してみた。結果は写真2に示したが、三者ともクラックの発生状況はほぼ同程度であった。又、三者とも硬さ測定時にマイクロピッカース圧痕にクラックが生じやすかった。

以上のことから電析物のSn含有率が約70wt.%と一定であれば、硬さ及び延性は浴の種類には大きな影響をうけないことがわかった。

4. 結 言

Su-Ni合金めっき浴のフッ化浴、ピロリン酸浴、塩化浴を比較、検討した結果を要約すると、次のようになる。

(1) 光沢めっきを得るためには電流密度の管理が重要で、フッ化浴はDk 0.5~3 A/㎡、ピロリン酸浴はDk 0.1~1.5 A/㎡、塩化浴はDk 2~8 A/㎡で光沢は良好であった。

(2) 光沢が得られる範囲での電流効率は、フッ化浴とピロリン酸浴では95%以上と高く、塩化浴では65~80%であった。

(3) 光沢の良い電析物は三者とも、Sn含有率が約70%で、Sn含有率に及ぼす電流密度の影響は小さい。

(4) 電析物の硬さに対して、めっき浴の種類による影響は小さく、ほぼHv 400~500であった。なお、フッ化浴では電流密度の増加によって硬さは減少し、ピロリン酸浴はわずかに増加した。

(5) 光沢の良い電析物の延性は、三者とも同様であり、めっき浴の種類による差違は認められなかった。

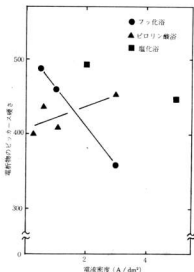


図4 電析物の硬さに及ぼす電流密度の影響

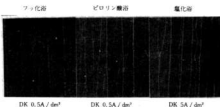


写真2 折曲げ試験によるクラックの発生状況

文 献

- 1) M. Antlerら: *Plating and Surface Finish.*, 63, P30 (1976)
- 2) M. Antlerら: *J. Electrochem. Soc.* 124, 7 P1069 (1977)
- 3) R. D. Srivastavaら: *Denki Kagaku*, 45, 1 P11 (1977)
- 4) 榎本ら: *金属表面技術*, 27, 11, P569(1976)
- 5) 田村ら: *ibid*, 28, 11, P564(1977)
- 6) 榎本ら: *ibid*, 33, 7, P332(1982)
- 7) 田村ら: *ibid*, 34, 9, P473(1983)
- 8) 榎本ら: *ibid*, 33, 8, P369(1982)

原子吸光法によるロジウムの定量における干渉現象*

渡部英雄, 田谷征雄, 日色和夫**

Interference in the Determination of Rhodium by Atomic Absorption Spectrometry

WATANABE Hideo, TADANI Isao and HIRO Kazuo

Depressing interference by nitric, sulfuric, and phosphoric acids and enhancing interference by hydrochloric acid were observed in the determination of rhodium by flame atomic absorption spectrometry using air-acetylene flame. In order to find the optimum analytical conditions eliminating the interference, effects of kind and concentration of the acids or alkali salts, burner-beam distance and acetylene flow rate were investigated.

Enhancing interference by various alkali salts was observed in the case of the fuel lean flame. Serious enhancing interference in the determination of rhodium was observed when nitrous oxide-acetylene flame was used at any burner-beam distance in the presence of 0.005M alkali salts.

The extent of the enhancing interference was decreased according to the order of $\text{CsNO}_3 > \text{RbNO}_3 > \text{KNO}_3 > \text{NaNO}_3 > \text{LiNO}_3$. Enhancing interference by Ba, Sr, Ca salts having lower ionization potential than that of rhodium, and no interference by Ni, Cu salts having higher ionization potential than that of rhodium were observed.

Therefore, this interference was considered to be attributed to the depressing effect of ionization of rhodium in the flame by these salts.

1. 緒 言

微量ロジウムの定量法には、吸光度法^{1), 2)}や原子吸光法^{3), 4)}が用いられている。白金族元素は超塩基性又は塩基性火成岩中に微量含まれており、これらの岩石試料の中には酸分解だけでは溶解しない試料があり、この場合はアルカリ溶融法が用いられる。筆者らは、インジウムの原子吸光定量における干渉⁵⁾について報告したが、今回ロジウム定量において、試料分解後直接原子吸光定量する場合、分解に使用した酸やアルカリ塩類がロジウムの原子吸光測定の際にどのような影響を及ぼすかを検討した。その結果、試料の分解に使用する酸及びアルカリ塩類によるロジウムの原子吸光測定に対する干渉の特徴が明らかにされ、またバーナ先端と光束中間距離及びアセチレン流量を変えることにより、比較的干渉の少ない測定条件が得られたので報告する。

2. 実 験

2.1 装 置

原子吸光分析装置は日本ジャーレル・ファッシュ社製 AA-8500型を、バーナは水冷式魚尾型バーナ(スリットの長さ10cm, 5cm)を用い、空気-アセチレンフレイム、空気-都市ガスフレイム及び亜酸化窒素-アセチレンフレイムで測定を行った。

2.2 試 薬

ロジウム標準溶液: 試薬特級塩化ロジウムを水に溶解し、水及び塩酸を加えロジウム濃度1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、遊離の塩酸濃度は0.001Mとした。使用に際しては、この原液を水で適当に希釈して測定溶液とした。なお、干渉現象を測定するため使用した試薬は、すべて特級試薬を用いた。

2.3 実験方法

容量100mlのメスフラスコにロジウムの標準溶液及び酸又は塩類溶液を入れ、水で標線まで希釈する。空気-アセチレンフレイム、空気-都市ガスフレイムの場合の空気流量はそれぞれ13.0 ℓ/min 、7.0 ℓ/min とし、亜酸化窒素-アセチレンフレイムの場合の亜酸化窒素流量は13.0 ℓ/min と一定とし、アセチレン流量や都市ガス流量及びバーナ先端と光束中間距離を

* 分析化学会第33年会にて発表

** 工業技術院 大阪工業技術試験所

種々変化させて吸光度を測定した。またホローカソードランプの電流値は10 mA, 測定波長は343.48 nmとした。なお添加した各種酸及び塩類の分子吸収は、すべて補正した。

3. 実験結果と考察

3.1 無機酸の影響

ロジウム原子の吸光に対し、最も一般的な無機酸である塩酸、硝酸、硫酸、リン酸の酸濃度の影響について、空気-アセチレンフレームを用いて検討した結果を図1に示す。図1では、酸を加えないロジウム溶液

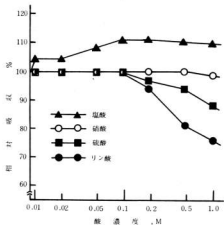


図1 空気-アセチレンフレームにおける酸濃度の影響 Rh: 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$

の吸光度を100とした相対的な吸光度の値をプロットした。図1から分かるように、硝酸については0.5 M以下では全く影響はないが、1.0 Mでわずかに負の干渉を示す。硫酸については0.1 M以下では影響はないが、0.2 M以上になると負の干渉を示す。リン酸については硫酸と同様0.1 M以下では影響はないが、0.2 M以上になると著しい負の干渉を示す。一方塩酸については0.01 M共存すると正の干渉を示し、0.1 M以上ではほとんど同じ吸光値を示す。硝酸、硫酸、リン酸が負の干渉を示すのは、フレーム中でロジウム原子の一部がRhO, RhS, RhPのような化学種となり、これらが完全に解離しないために負の干渉が起ると考えられる。またリン酸による干渉の程度が最も大きいのは、これらの化学種の解離がRhO < RhS < RhPの順に困難になるためであろう。塩酸が正の干渉を示すのは、フレ

ーム中で一部生成したRhClが揮発性のため、フレーム中に導入されるロジウムの量が多くなるため増感効果を示すものと考えられる。図1はバーナ先端と光束中心間距離15 mm, アセチレン流量2.0 ℓ/min の場合を示しているが、アセチレン流量1.5 ℓ/min , 2.5 ℓ/min , 3.0 ℓ/min , 3.5 ℓ/min の場合も同様の傾向を示し、アセチレン流量の増大(フレームの温度の低下)と共に干渉も大きくなる。

またバーナ先端と光束中心間距離10 mmの場合も同様の傾向を示し、距離の短い位置の方が干渉が大きいという現象も認められた。

フレームの温度が低い程干渉が大きくなる傾向があることが明らかとなったので、空気-アセチレンフレームより更に低温の空気-都市ガスフレームを用いて無機酸の影響を検討し、その結果を図2に示す。図2

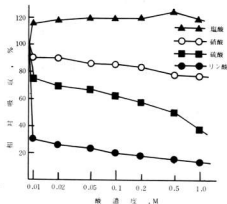


図2 空気-都市ガスフレームにおける酸濃度の影響 Rh: 20 $\mu\text{g}/\text{ml}$

から分かるように、硝酸は0.01 M共存すると負の干渉を示し、酸濃度の上昇と共に負の干渉が大きくなる。硫酸についても同様に負の干渉を示す。リン酸については0.01 M共存すると相対吸光値が30%となり、著しい負の干渉を示す。これは先に考察したように、フレーム中で一部生成したRhO, RhS, RhPが完全に解離しないためであろう。すなわち、フレーム中での解離はRhOが比較的容易であり、次にRhS, RhPの順となるためリン酸が最も干渉が大きくなると考えられる。また塩酸が共存すると空気-アセチレンフレームと同様正の干渉を示す。これはフレーム中で生成したRhClが揮発性のためと考えられる。図2はバーナ

先端と光束中心間距離 10 mm, 都市ガス流量 4.0 ℓ/min の場合であるが, 都市ガス流量 3.5 ℓ/min の場合も同様の傾向を示し, 空気-アセチレンフレームと同様距離の短い位置の方が干渉が大きい。このように, 空気-都市ガスフレームの場合の干渉は, 空気-アセチレンフレームと類似であり, かつ干渉の程度が大きいことから, フレーム中での RhO, RhS, RhP の解離が, フレームの温度が低いためより困難になっているためと考えられる。

次に高温フレームである亜酸化窒素-アセチレンフレームにおける酸濃度の影響について検討した結果を図 3 に示す。図 3 はアセチレン流量 9.0 ℓ/min, パー

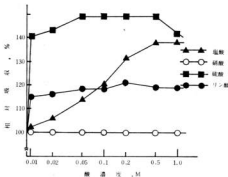


図 3 亜酸化窒素-アセチレンフレームにおける酸濃度の影響 Rh: 50 μg/ml

ナ先端と光束中心間距離が 10 mm で測定したものであるが, 硝酸は 1.0 M まで影響がないが, 塩酸, 硫酸, リン酸は正の干渉を示し, 干渉の程度はリン酸 < 塩酸 < 硫酸となる。これらの現象については, まず硝酸の場合はフレーム中で一部 RhO が生成してもこれは直ちに解離するため, 硝酸は全く影響しないが, リン酸, 塩酸, 硫酸共存時は, 生成した RhCl, RhS, RhP がフレームが高温であるため比較的多量揮発するため正の干渉を示すと考えられるが, 詳細な原因については明確でなく, 今後の検討が必要である。

3.2 アルカリ塩類及びその他の塩類の影響

空気-アセチレンフレームを用いて, アルカリ塩類の代表的な硝酸ナトリウムの影響を検討した。アセチレン流量 2.0 ℓ/min, 2.5 ℓ/min の少燃料フレーム

では, パーナ先端と光束中心間距離がどの位置でも, 硝酸ナトリウムが共存すると正の干渉を示した。そこで少燃料フレームを用いて, 塩類の共存量を 0.005 M (この濃度以下ではあまり干渉を示さず, これ以上の濃度では同様の傾向を示す) として各種アルカリ塩類の影響について検討した結果を図 4 に示す。図 4 はア

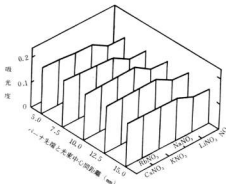


図 4 空気-アセチレンフレームにおける各種アルカリ塩類の影響 Rh: 10 μg/ml, 塩類濃度: 0.005 M

セチレン流量 2.0 ℓ/min の場合であるが, 各種塩類が共存するとパーナ先端と光束中心間距離がどの位置でも正の干渉を示し, 硝酸リチウムは比較的干渉は小さく, その他の塩類間での干渉の差は, ほとんど認められない。次に高温フレームである亜酸化窒素-アセチレンフレームを用いて, アルカリ塩類の影響について検討した結果を図 5 に示す。図 5 ではパーナ先端と光束中心間距離の配置を逆に示しているが, 塩類が共存すると距離がどの位置でも著しい正の干渉を示し, 干渉の程度も, 硝酸セシウム > 硝酸ルビジウム > 硝酸カリウム > 硝酸ナトリウム > 硝酸リチウムとなり, イオン化電位の低いもの程正の干渉が大きくなり, ストロニウム³⁾と同様の傾向を示し, イオン化干渉と考えられる干渉現象が認められた。図 5 はアセチレン流量 9.0 ℓ/min の場合であるが, アセチレン流量 8.5 ℓ/min, 9.5 ℓ/min も同様の傾向を示した。この干渉現象を更に明確にするため, 亜酸化窒素-アセチレンフレームを用いて, アルカリ塩類だけでなく, その他の塩類について干渉の有無を検討し, それらの金属のイオン化電位との関係を図 6 に示す。ロジウム⁴⁾のイオン化電位は 7.46 eV³⁾ であるが, 図 6 からロジウムの

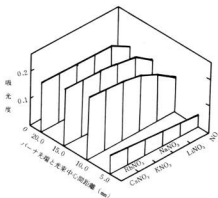


図5 亜酸化窒素-アセチレンフレームにおける各種アルカリ塩類の影響
Rh: 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 塩類濃度: 0.005M

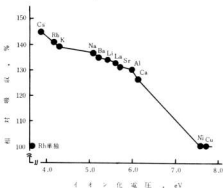


図6 亜酸化窒素-アセチレンフレームにおけるロジウムの吸収と各種金属のイオン化電圧との関係
Rh: 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 塩類濃度: 0.005M

イオン化電圧より低いカルシウム (6.111 eV) やアルミニウム (5.984 eV) などは正の干渉を示し、共存する塩類のイオン化電圧の減少とともに正の干渉は増大していく傾向が認められた。またロジウムのイオン化電圧より高いニッケル (7.633 eV) や銅 (7.724 eV) の共存は、全く影響なかった。図6はアセチレン流量

9.0 ℓ/min 、バーナ先端と光束中心間距離15 mmで測定したものであるが、距離10 mmの場合も同様の傾向を示し、距離の短い位置のほうが干渉が少なくなる傾向が認められた。さらに各種塩類の共存量を10倍にして検討したところ、塩類の共存量が増えると正の干渉は増すが、セシウム塩、ルビジウム塩、カリウム塩、ナトリウム塩やバリウム塩などのイオン化電圧の小さい金属間での干渉の差は、ほとんどなくなった。これはイオン化干渉がある一定の程度に到達し、干渉が極限に達したものと思われる。

4. 結 言

以上ロジウムの原子吸光定量における酸及びアルカリ塩類の干渉現象について検討した。

酸の干渉は、ロジウムと酸構成原子との化合物の揮発性や解離度に左右されることが多く、またアルカリ塩類の干渉は一応イオン化干渉と推定したが、この干渉の程度は塩類の種類と共存量、アセチレン流量及びバーナ先端と光束中心間距離により大きく増減することが判明した。したがってロジウムの原子吸光定量においては、アセチレン流量1.5 ℓ/min 、空気流量13.0 ℓ/min 、バーナ先端と光束中心間距離10 mmで測定するのが、最も干渉が少ないと考えられる。

文 献

- 1) J. O. Karttunenほか: Anal. Chem., 32 P917-920 (1960)
- 2) J. R. Stokelyほか: Anal. Chem., 35 P149-152 (1963)
- 3) W. Heiremann: Fresenius' Z. Anal. Chem., 281 P291-294
- 4) M. N. Potter: Anal. Chem., 50 P769-772 (1978)
- 5) 渡部英雄ほか: 分化, 32 P282-284 (1983)
- 6) 渡部英雄ほか: 日本化学会中国四国・九州支部合同大会講演予稿集 P7 (1980)
- 7) 日本化学会編: "化学便覧基礎編Ⅰ" P1124 (1966) (丸善)

地域技術活性化事業中核技術研究開発事業

炭素繊維強化プラスチックによる機能材料の
開発とその耐久性

好眞芳邦, 土取 功, 大橋俊彦, 筒本隆博, 山根康男, 酒井隆司, 高崎宗利, 関 守雄
世良時夫, 原 信彦, 藤本宗之, 野地英治, 新田 明, 渡部英雄, 梶岡 秀, 蒲田政信

Study of High Performance Composites By Carbon Fiber Reinforced
Plastics and Their Durability

YOSHIMITSU Yoshikuni, TSUCHITORI Issao, OHASHI Toshihiko, TSUTSUMOTO Takahiro,
YAMAGATA Yasuo, SAKAI Takashi, TAKASAKI Munetoshi, SEKI Morio, SERA Tokio,
HARA Nobuhiko, FUJIMOTO Muneyuki, NOJI Hideharu, NITTA Akira, WATANABE Hideo,
KAJIOKA Hideshi and KAMADA Masanobu

In this paper, we report four sections and consider some problems on application of carbon fiber to industrial products.

1. Improvement of weatherability of resins by mixing other compounds.

Methyl methacrylate and non rigid unsaturated polyester were added to commercial resins at various mixing ratio. Cast resin plates and GF/CF hybrid laminates used these polymers were supplied weathering test and inter-laminar shear test. Consequently, in ortho-phthalic unsaturated resin weatherability was greatly improved and in vinyl ester resin inter-laminar shear strength was increased.

2. Application of carbon fiber to hat girder

Unidirectional carbon fiber was laid on the top of urethane core GFRP hat girder to rise flexural rigidity and it considerably effected both on flexural rigidity and flexural strength.

3. Study on fatigue resistant properties of hybrid CFRP

S-N curve at tension-tension fatigue test of hybrid CFRP was linear and fatigue limit strength depended on orientation of carbon fiber.

4. Trial production of carbon fiber reinforced metal (Al)

Two types of carbon fiber were used in trial production of CFRM with Aluminium matrix.

As the result of tensile test, composite used high modulus carbon fiber showed high performance, but composite of high strength carbon fiber which was finished by electric gilding showed embrittlement.

1. 結 言

現在、炭素繊維は大量消費化時代の幕開けを告げるかのように PAN 系及びビッチ系が入り乱れて需要量を大幅に越える生産計画が発表されている。日本における需要構造は航空・宇宙 50%、スポーツ・レジャー 30%、その他 20% に大別される。今後、工業製品への導入が盛んになってくると考えられる。広島県はこの点に早期から着目し、「炭素繊維応用製品開発」のテーマで、昭和 58 年度を開始年度とする 3 ケ年計

画の産・官・学による地域技術活性化事業を推進中である。筆者らはこれまで、市販炭素繊維基材を用いた複合材料の評価、県立福山繊維工業試験場が試作した織物基材の評価、樹脂に関する技術的検討、ハット型構造体の試作による機能性の追求、促進耐熱性試験、及び疲労試験等の強化プラスチックに関する検討に加えて炭素繊維強化金属 (CFRM) の試作等を行ってきた。本報では、中間報告として、これらの研究の中から 4 項目について以下に報告する。

2. ポリマーブレンドによる

耐候性の改善

大橋俊彦, 好満秀邦, 酒井隆司, 筒本隆博, 山泉康男
渡部英雄, 世良時夫, 関 守雄, 高崎宗利

2.1 実験方法

実験に使用した材料を表1に示す。PS595-MMA及びPS6801-MMAはPS595及び6801に含まれるスチレンモノマーの半量をMMAに置換した試作樹脂である。日立化成工業㈱に協力いたゞき調製したものである。MMAは樹脂の耐候性を向上させることを目的として添加した。¹⁾ 又、PS15は伸びの大きい軟質樹脂でハイブリッドCFRPの層間接着性及び衝撃特性を高め、同時に材料破断時における樹脂の伸び率増加を期待してブレンドした。促進剤及び硬化剤の配合は次のとおりである。PS595系(オルソ系)ブレンドポリマー: 6%ナフテン酸コバルト溶液(Co); 0.5 phr, 5%メチルエチルケトンパーオキシド溶液(MEKPO); 1.0 phr, PS6801系(ビニルエステル系)ブレンドポリマー: Co; 0.5 phr, 10%ジメチルアニン溶液(DMA); 0.1 phr, MEKPO; 1.0 phr

表1 実験に用いた材料一覧表

材料名(略号)	商品名及びメーカー	
織 維 基	ガラスチョップドスト ランドマット (M)	FEM-450-04 (富士ファイバーグラス㈱)
	高強度炭素繊維ロー ビングクロス (C)	パイロフィルムクロス3110 (三菱レーヨン㈱)
	高強度炭素繊維一方 向織物 (UDCF)	スグレ織物 (三菱レーヨン㈱)
樹 脂	不飽和ポリエステル 樹脂 (UP)	PS-595, PS-595-MMA, PS-15(日立化成工業㈱)
	ビニルエステル樹脂 (VE)	PS-6801, PS-6801-MMA (日立化成工業㈱)

注型板は樹脂中に気泡を生じさせない方法について検討した結果、図1に示す注型治具を考案した。表2に示すブレンドポリマーをポリエステル(PBT)フィルム製③に注ぎスペーサー(②)付型板①で両側から狭みつけてクランプする。気泡は全て上部に浮上するため、目視では気泡を全く認めなかった。

積層板の積層構成は表1に示した略号を用いて表わすと、M+C+M+C+Mの5層からなるハイブリッド板をハンドレイアップ法により作成した。注型板及び積層板は室温で硬化させたのち、完全硬化に近づけるために、オルソ系では80℃×4h、ビニルエステル系では120℃×4hのアフターキュアを施して実験に供した。

表2 ブレンドポリマーの組成比 (%)

オルソ系			ビニルエステル系		
PS-595	MMA	PS-15	PS-6801	MMA	PS-15
100	0	0	100	0	0
90	0	10	90	0	10
85	0	15	85	0	15
92.5	7.5	0	95	5	0
82.5	7.5	10	85	5	10
77.5	7.5	15	80	5	15
85	15	0	90	10	0
75	15	10	80	10	10
70	15	15	75	10	15

①型板(2mmスチール)

②スペーサー(2mm)

③PBTフィルム

④ブレンドポリマー

⑤クランプ

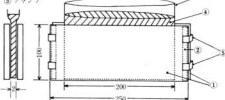


図1 ブレンドポリマー注型板作製用治具

促進耐候性試験はスガ試験機製サンシャインウェザーメーター-WEL-SUN-DCにより、最大1,000hまでの暴露試験を行った。試験条件として、室温63℃、スプレー(水)サイクル18分/120分を採用した。暴露後の試験片は、日本電色製分光色差計Σ80により分光反射率、色差、及び光沢の変化を計測し、次にオリンパス光学製ノマルスキー式微分干渉顕微鏡により表面観察像を写真撮影した。積層板についてはこれらに加えて曲げ試験及び三点曲げショートビーム法による層間剪断試験を実施した。

2.2 実験結果と考察

ブレンド前の樹脂の暴露期間による分光反射率の変化を図2に示した。オルソ系は経時変化の度合いが大きい。100時間まで赤味成分が増加し、100時間以降は分光パターンがほぼ同一で反射率が低下している。100時間の暴露は天然暴露に換算すると大略3ヶ月である。後述する顕微鏡観察の結果からも表面の劣化を認めないことから、硬化反応の進行もしくは他の未反応物(例えば促進剤等)の反応による変色と考えるのが妥当である。250~500時間における反射率の低下は表面のクラッキング及びそれに伴う樹脂表面の

荒れ等の乱反射を増大させる要因によるものと考えられる。ビニルエステル系では分光パターン及び反射率の両者とも変化を認めなかった。ブレンドポリマーに

ともに色差を大きくしている。MMA はオルソ系で効果を発揮するが、ビニルエステル系では効果がないと同時に PS-15 との併用では色差が拡大し負の相乗効果を示す。分光反射率及び色差の変化と樹脂の表面劣

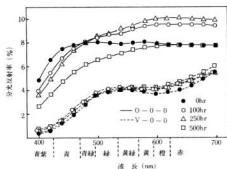


図2 促進耐候暴露におけるベースポリマーの分光反射率

ついても同様の試験を行ったが、いずれも、図2に示したブレンド前のポリマーと同一の傾向を示した。

500時間暴露後の注型板の未暴露物に対する色差を図3に示した。ここで縦軸 ΔE_H は分光反射率からハンターの色差式(1)によって算出される色空間における色度の差を表わしている。

$$\Delta E_H = \left[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

(ΔL , Δa , Δb : 色空間における座標の差)

PS-15 の添加はオルソ系及びビニルエステル系

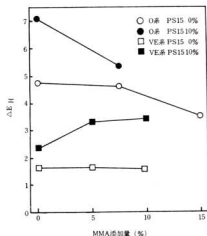
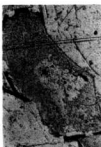
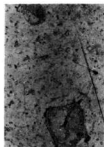


図3 注型板の500時間促進耐候暴露後の色差



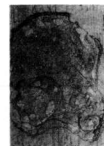
(a) PS-595



(b) PS-595(MMA 15%)



(c) PS-6801



(d) PS-6801(MMA 10%)

写真1 促進耐候暴露500h後の樹脂表面(60倍)

化の関連は顕微鏡観察により検討した。写真1に500時間暴露後のポリマー表面を観察したもので、樹脂表面の劣化過程をよく表わしている。第1段階はリング状の亀裂が発生し、輪の周縁から内側に向かって樹脂層が脱落してゆく。第2段階は樹脂層の脱落した部分に再びリング状の亀裂が発生し、樹脂層の脱落が始まる。写真に共通して見られる微小な黒い点は成形に用いたPBT フィルムの表面をそのまま転写したものである。(a)~(b)はオルソ系におけるMMAの効果を顕著に表わしている。(c)~(d)は前の色差変化とは逆にMMAの効果を若干ながら認められる。(b)及び(d)の表面写真像はビニルエステル系ブレンドポリマーの表面の荒れが激しいことを示している。PS-15のブレンドによる耐候性への影響については表面劣化によるはく離面積が大きくなるのが観察された。耐候試験による樹脂

の劣化機構は樹脂の化学構造だけでなく硬化状態及び分散等の多くの要因が複雑にからむ複雑な問題であり、もっと幅広い研究が必要である。

図4に積層板における促進耐熱暴露表面の光沢率(全反射率)を示した。光沢性を向上させるMMAの

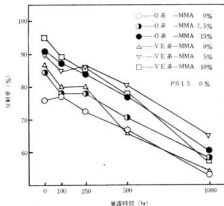


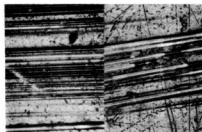
図4 促進耐熱暴露におけるハイブリッド複合材料の反射率

ブレンド樹脂についてその効果を示している。光沢はいずれの場合も暴露時間とともに低下し、大きいもので35%の低下がある。初期の光沢はMMAのブレンドにより比例的に向上することを認めた。写真2は促進耐熱暴露後の積層板表面の顕微鏡写真である。顕微鏡写真像からは、樹脂表面割下のガラス繊維がいずれも露出しており、ビニルエステル系がオルソ系にくらべて露出度が高い。表面観察による劣化の状態は分光反射率、色差、及び光沢度等の光学的な経時変化と必ずしも高い相関があるとはいえない。

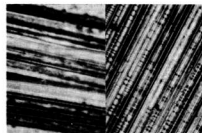
暴露前後の機械的特性の変化を検討するために曲げ試験を行ったが明確な差を認めなかった。劣化が表面で起こっており、繊維露出がごく表層だけであるために機械的特性の劣化にまで発展しなかったと考えられる。PS-15の効果は図5に示すように層間強度の向上に寄与することを認めた。

2.3 結 言

促進耐熱性試験を積層板に適用する場合その他の要因からくる結果のばらつきを最小限に抑える必要がある。又、耐熱性試験の条件についても試験規格等を準拠するだけでなく、本質的な劣化が生じる条件下での耐熱性の良否比較が必要であることを本研究の過程で



(a) PS-595 (b) PS-595 (MMA 15%)



(c) PS-6801 (d) PS-6801 (MMA 5%)

写真2 1,000時間暴露後の積層板表面(100倍)

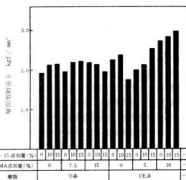


図5 組成別樹脂積層板の層間剪断強度

わかった。以上の2項目はさらに検討すべき課題である。本研究から得られた結果は、次のとおりである。

(1) 耐熱性改良の目的で加えたMMAはオルソ系において効果を発揮したが、ビニルエステル系では効果を認めなかった。

(2) 接着性を改善する目的で加えたPS-15は傾向

として効果を発揮したが、耐候性を低下させる。

(3) 色差及び反射率等の樹脂表面の光学的性質の変化は必ずしも樹脂表面の顕微鏡観察とは一致しない。

以上のことから環境劣化としての耐候性の評価は微視的には大変難しいと言える。従って、実用的には例えば機械的性質の大きな低下というようなマクロな評価をすべきであり、今後、早急に検討したい。

文 献

- 1) 栗原福次「プラスチックの劣化」240～243 '70
- 2) 日本電色工業㈱「色彩管理と色差計の活用」

3. ハット型構造体への炭素繊維の応用

筒本隆博, 藤本宗之, 野地英治, 原 信彦, 新田 明大, 橋俊彦, 梶岡 秀, 好満芳邦

3.1 実験方法

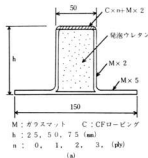
実験で試作したハット型構造体は図6に示した。発泡ウレタンをコアとし天板及び周辺を(富士ファイバーガラス製FEM-450-04)ガラスチョップドストランドマット3層及び2層配置し、(日立化成製PS-595)一般用不飽和ポリエステル樹脂により含浸積層した。ハットの頂部に(三菱レーヨン製パイロフィルETIS 3LSKA)高強度炭素繊維ロービングを1m長さ当り10φ, 20φ, 30φの3種類に分けて引揃えて追加積層した。ハットの高さは、25, 50, 75mmの3種類とした。炭素繊維補強量が未補強を含めて4水準であるので、計12種類のハット型構造体を試作した。これらを図6(b)に示す3点曲げ試験に供した。試験は島津製オートグラフDSS-10Tに長スパン(1m)曲げ試験用具(当所製作)をセットして行い、ひずみ計測は(共和電業製)自動走査型ひずみ計UCAM-8BLを用い、変位計測にはダイヤルゲージを用いた。

追加実験として、中央部側面をガラスクロスで補強したもの、及び炭素繊維による部分補強という形で中央部(長さ20cm)だけ補強した成形体を作成し試料として追加した。これらは前記構造体の実験中に生じた問題の対応策として実施した。

3.2 実験結果と考察

構造体の曲げに対する剛性、いわゆる曲げ剛性Dは曲げモーメントMを受ける断面の厚さh、上面のひずみ ε_u 、下面のひずみ ε_g が決まれば式(2)により計算できる。(付記)を参照)

$$D = h \cdot M / (\varepsilon_g - \varepsilon_u) \quad (2)$$



M: ガラスマット C: CFロービング
h: 25, 50, 75 (mm)
n: 0, 1, 2, 3, (φ)

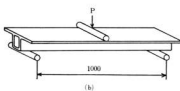


図6 ハット型構造体の断面と曲げ試験の様子

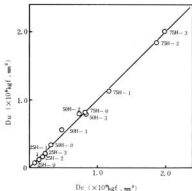


図7 実測による曲げ剛性 D_M と、パラメーターの最適化により計算から求めた曲げ剛性 D_c の比較

実測したひずみデータから曲げ剛性 D_M が求まる。左右対称の断面を有する構造体では、断面要素の形状寸法及び弾性率から式(3)により曲げ剛性Dを求めることができる。

$$D = \sum_i \frac{1}{3} \cdot E_i b_i \{ (y_i - y_n)^3 - (y_{i-1} - y_n)^3 \} \quad (3)$$

ここで、 E_i , b_i , y_i : 任意の断面要素の弾性率, 幅, 上端面の y 座標 (ただし, 断面要素の番号は断面の下端から上端に向けて付けるものとする。)

y_n : 曲げ試験における中立軸の位置 (式(4))

$$y_n = \frac{\sum E_i b_i (y_i^2 - y_{i-1}^2)}{\sum E_i b_i (y_i - y_{i-1})} \quad (4)$$

上記の計算式から求まる曲げ剛性を De とする。 De を求めるためには各断面要素の弾性率が既知数でなければならない。いま、それをパラメータと考えて D_M と De のずれが最小になるようにパラメータ値を決定した場合、 D_M 及び De は図7に示すようになりよく一致した。このように実データと計算による理論値の最適化により得られたパラメータである弾性率と、その積層条件から複合則によって計算した弾性率を比較すると、前者が後者より若干高くなった。その理由として、芯材(コア)に用いた発泡ウレタンの弾性率を無視して計算したため、他の要素の弾性率を高める働きをしたことが考えられる。

全面補強の場合、図8に示すように破壊はすべて中央部に集中する。破壊の形態は図中の中央に示した2つのタイプに分かれた。図9は破壊時の補強面中央部のひずみ ϵ_f が、炭素繊維ロービングの積層数 (10 μ 層を1層とする。) ne によって変化の様子を表わしたものである。 ne が増加するにつれて ϵ_f は低下する。ハイブリッド効果は $ne=1$ の時最も高いことが認められる。又、圧縮側で破断した試験体の場合の

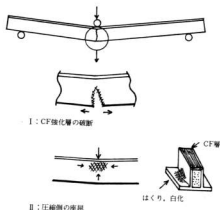


図8 ハット型構造体の3点曲げによる破壊の形態

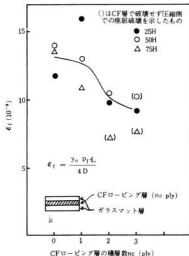


図9 CFロービング積層数による破断時の補強面のひずみ(破断荷重から推定)

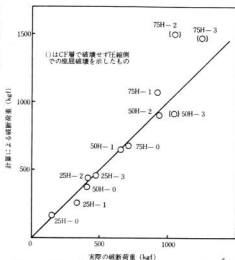


図10 破断ひずみ ϵ_f を仮定し計算によって求めた破断荷重と実際の破断荷重の比較

ϵ_f がかなり低い値を示し、引張側(補強面)が破断していないことを示している。中央部の破断ひずみを図9に実線で示した値をとり、補強部側で破断すると

仮定して破壊荷重を計算し、実験で求めた破壊荷重と比較したものを図10に示した。非補強部(圧縮側)で破壊した試験体は実際の破壊荷重が低くなっていることから、炭素繊維で補強した効果が十分発揮されていない。補強部で破壊するように構造体全体の設計を行う必要がある。その場合には前述した曲げ剛性理論を用いて計算できる。

炭素繊維を含む部分では、伸びの小さい高強度炭素繊維層を分散配置することによる破断ひずみの増加が指摘されており、⁴⁾ 積層方法を工夫することによって

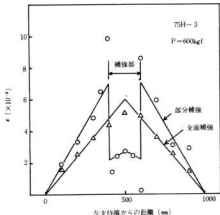


図11 全面補強と部分補強を行った場合の補強面側のひずみ分布

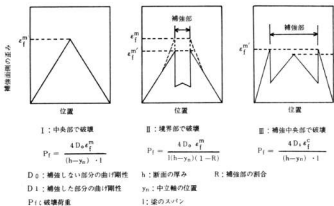
より一層のハイブリッド効果を生む可能性がある。

次に、中央部を部分的に補強した場合の補強面側のひずみ分布を全補強のものに対比させて図11に示した。部分補強の場合、補強部/非補強部界面で激しい応力集中が生じ、この部分から破壊が起こった。しかも全面非補強品と比較して顕著な破断荷重の増大を認めなかった。

図12は中央部から左右対称に補強を施し、曲げスパンに対する補強部の長さの割合Rの値を変えた場合、破壊の生ずる場所と破壊荷重の変化を模式的に表わしたものである。図13は破壊荷重 P_f が部分補強の割合Rによる変化を示したグラフである。図12において、部分補強をしない場合(I)、つまり $R=0$ の場合、破壊はひずみの最も高い中央部で生じる。Rが小さい場合(II)、補強面側のひずみは、補強部/非補強部境界の非補強側で最大となり、この部分で破壊が生じる。又、この部分では応力集中が生じるため、場合によっては、補強しない方が高い破壊荷重を示すことも予想される。(図13領域IIa)補強割合が大きくなり、ある値を越えると(III)、中央の補強した部分が早く破壊荷重に達し、破壊は再び中心部で生じることになる。(図13領域III)この領域では、Rの値に関係なく破壊荷重 P_f は一定となる。

部分補強を行った場合、破壊荷重の上昇ということだけではなく、全体としての曲げ剛性の変化が問題となる。

補強部の曲げ剛性を D_1 、非補強部のそれを D_0 と



とする。従来の曲げ理論に基づいて、中央部のたわみ δ を補強しなかった場合のたわみ δ_0 で無次元化した値をRに対する式として導びくと、図14のグラフ中に示した式が得られる。 $D_1/D_0=2$ 、 $D_1/D_0=4$ に対応する線図を示したが、これから、剛性についてはRの小さい領域で最も大きな効果が認められる。図13及び14から、 $R \sim 0.8$ で、強度及び剛性の両面において部分補強の効果が十分発揮されると考えられる。

図12 部分補強を行った場合の補強率Rによる破壊の起こる場所の変化

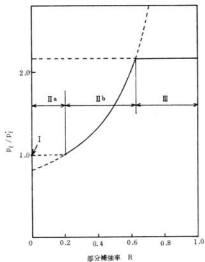


図13 破壊荷重に及ぼす部分補強率Rの影響

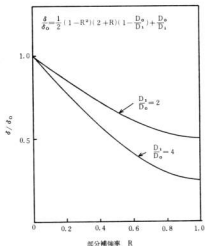


図14 部分補強を行った場合の補強率Rの中央部のたわみに及ぼす影響

3.3 結 言

一方向に引きそろえた炭素繊維ローピングをハット型構造体の補強材として用い、3点曲げ試験を行った結果、次のことがわかった。

(1) 炭素繊維による補強で、曲げ剛性への補強の効果は、従来の曲げ理論を複合体へ拡張することにより、

うまく予測でき、またその効果はかなり大きい。

(2) 全面補強を行った場合、破壊は曲げモーメントの最大となる中央部で起こり、その形態は、(a)圧縮側の座屈、(b)引張り側の破断の2つに分類される。

(3) 炭素繊維で補強した部分の破断ひずみは、炭素繊維の積層数の増加に伴い減少してゆき、炭素繊維層の少ない所では、ハイブリッド効果が期待できる。

(4) 中心に部分的に補強を行った場合、補強/非補強境界で応力集中が生じる。また補強部分の全体に対する割合が小さい場合、補強の効果はあまり期待できない。

＜ 付 記 ＞

曲げ剛性 $D (= E \cdot I)$ の部材曲げモーメント M を加えると、 D 、 M の間には次式が成り立つ³⁾

$$1/r = M/D \quad (A-1)$$

ここで r は曲げにより変形した部分の曲率半径である。ここで $1/r$ は厚み方向のひずみ勾配なので

$$1/r = (\varepsilon_g - \varepsilon_u)/h \quad (A-2)$$

ここで ε_g 、 ε_u はそれぞれ上面、下面に生じるひずみ、 h は断面の厚さである。上式を (A-1) 式へ代入し変形すると、曲げ剛性 D は次式のように表現できる。

$$D = hM/(\varepsilon_g - \varepsilon_u) \quad (A-3)$$

一般に曲げ剛性 D は弾性率と断面二次モーメントの積で表わせるが、複合体のように各部で弾性率が変わる場合は、次式のようなになる。

$$D = \int E(y) \cdot y^2 b(y) dy \quad (A-4)$$

この積分は中立軸を中心に行わねばならない。中立軸を求めるには、断面の力の総和が0となる条件

$$\int E(y) y b(y) dy = 0 \quad (A-5)$$

より決定できる。この二式を、断面を矩形要素に分割した場合に適用すると

$$D = \frac{1}{3} \sum E_i b_i \{ (y_i - y_n)^3 - (y_{i-1} - y_n)^3 \} \quad (A-6)$$

$$y_n = \frac{\sum E_i b_i (y_i^2 - y_{i-1}^2)}{\sum E_i b_i (y_i - y_{i-1})} \quad (A-7)$$

の二式が得られる。

文 献

- 3) チモシェンコ：“材料力学” 鶴戸口英善ら訳
- 4) 金原 薫ら：“第14回FRPシンポジウム” 前刷り P55(1985)

4. ハイブリッドCFRPの疲労特性

土取 功, 蒲田政信, 筒本隆博, 大橋俊彦, 好嶋芳邦

4.1 実験方法

4.1.1 ハイブリッドCFRP

ハイブリッドCFRPは表3に示すように強化材としてEガラスマット(450g/m², Mと略)層の間に炭素繊維織物(Cと略)をサンドイッチにした構成を採用した。中間の炭素繊維織物の種類は一方織物(通称スダレ, 50デニール*)と3520はトウ(3000フィラメント/本)がインチ当たり縦に12本, 横に10本の縦織物(180g/m²), 又3110はトウが縦横12.5本/インチでの平織物(200g/m²)と比較材としてマットとの計4種類とした。

一方, マトリクスはビニルエステル系樹脂 PS6801 100部に対し, 6%ナフテン酸コバルト0.5部, 55%メチルエチルケトンパーオキシサイド1.0部, ジメチルアニリン0.01部添加し, 4種類の強化材と±20℃の部屋でハンドレイアップで成形し, その温度で硬化させた。硬化後, アフタキュアを120℃, 4hr行った。

表3 試験片の積層(CF織物の種類)

試料記号	積層	CF織物の種類
GRP	MMM	—
Hy-A	MCM	一方織(スダレ)
Hy-B	MCM	3520
Hy-C	MCM	3110



図15 疲労試験片の形状

4.1.2 引張りおよび疲労試験

これらの厚さ約2mmの積層板から引張り試験片(JIS号)と図15のような疲労試験片を切り出した。なお疲労試験片のR部は600番エメリーで研磨した。疲労試験は島津製UF-500機械振動式疲労試験機を使用し, 片振り引張りでの応力比R=平均応力/応力振幅=1.05として行った。試験温度は一定となるよう温度調節機を作製して23±3℃となるようにし, 繰返し周波数を1000r.p.mで破断まで試験を行った。

* デニール: 太さを表す繊維単位で長さ450mの糸が0.05gである時1デニールという。

4.2 実験結果と考察

疲労試験の結果を図16に示す。強度の高い方からHy-A すなわちスダレの一方織物, そしてHy-B, Hy-C, GRPの順で, Hy-Aの疲労限はGRPに比べて約3倍近い値を示している。CF織物の影響については本実験の片振り引張りという条件下では引張り軸方向に炭素繊維の本数が多い織物ほど高い疲労強度を示している。⁹⁾

図17は静的な強さと疲労強度の関係で, 疲労限は静的強さに比例して疲労限度も強くなっている。すなわち, 織物の炭素繊維が引張り軸方向に多いほど静的強さも強く, また疲労限度も高くなっている。その関係はほぼ直線関係にあり, 傾きは約1/4である。

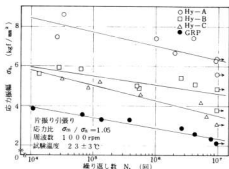


図16 ハイブリッドCFRPの片振り引張りでのS-N曲線

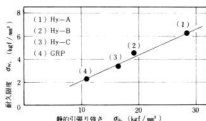


図17 ハイブリッドCFRPの静的強度と疲労限度

写真3は疲労試験後の試験片のダメージの様子を示している。4種類とも早期に破断したものは比較的単純に破断しているのに対し, 長期の疲労後に破断したものは表面の樹脂にクラックが入っており高い応力ほど多くのクラックがみられる。そしてHy-BとHy-Cの破断面にはわずかの層間剥離がみられたが, Hy-Aではそれらに比べて著しい層間剥離⁹⁾を起してお

り、写真3の灰色の部分が層間ハクリである。従ってこの層間剥離を防ぐような対策がとれば疲労強度はより向上する可能性がある。

4.3 結 言

三種類のハイブリッドCFRPについて、片振り引張りで疲労試験を行った。その結果を要約すると次のようになる。

(1) 疲労強度はHy-A、Hy-B、Hy-C、GRPの順となり、Hy-Aの強さはGRPの約3倍であった。

(2) これらの疲労強度は静的強さの強いものほど高く、炭素繊維織物の種類との関連では、引張り軸方向に炭素繊維の多いものほど静的強度も疲労強度も強くなっている。

(3) 破断の様子から、ハイブリッドCFRPは層間剥離を起こして破断していた。

層間剥離を防止できればより高い疲労強度が期待できるため、今後の課題として層間剥離を起こしにくいようなマトリクス樹脂の検討を行う予定である。

5. CFRMの試作と静的強度

土取 功, 新田 明, 原 信彦, 世良時夫

5.1 実験方法

5.1.1 CFRMの試作

A β マトリクスCFRMの強化繊維として高弾性炭素繊維プリフォームシート(東邦ベスロン製HM5052)を用いた。間にアルミ箔(A1100, 10 μ m^t)をはさみながら一方方向に積層し、真空ホットプレスで固相域(580℃×30min. ×150kg/cm²)で成形した。繊維体積率V_fは間にはさむアルミ箔の枚数を変えて3水準得られるように調整した。なお常温引張り試験用の一部に(東レ製, T300)高強度炭素繊維(0.2~0.4 μ m)の銅メッキしたものをアルミ箔と液相域(680℃)で成形したものも加えた。

5.1.2 引張り試験

成形されたA β マトリクスCFRMから図18のような引張り試験片を作成した。引張り試験はインストロン型引張り試験機でクロスヘッドスピード1mm/分

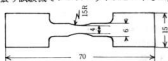


図18 引張り試験片の形状

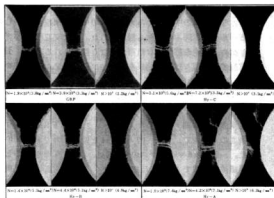


写真3 疲労試験片の試験後の破断部外観

文 献

- 藤井太一, 田中健三: 材料, 21, (1972)906
- 宮入裕夫他2名: 材料, 21, (1979)1187

行った。高温引張り試験は大気中加熱により、熱電対を試験片に接触させて所定の温度に到達してから5分後に試験した。

5.2 実験結果と考察

写真4に得られたA β マトリクスCFRMの断面顕微鏡写真を示す。V_fは上より21.0, 30.5, 44.5%の複合材が得られたが、これらのV_fは顕微鏡写真から画像解析によって求められた各5点の値の平均値で

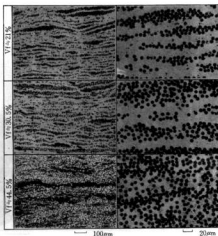


写真4 CFRM(C/A1)の断面顕微鏡写真

ある。なお写真の中で黒く見える部分の中には未複合なところや繊維同志の接触も観察された。また交互積層のため、繊維の部分的な粗密がかなり観察される。

常温での引張り試験の結果を図19に示す。 V_f が45.5%で最も強い61 kgf/cm²が得られている。図中、実測値の破線に対し、実線は理論複合則の線で両者の強度比が約0.6であった。一方、右下の一点鎖線は高強度炭素繊維に銅メッキしたA β マトリクスCFRMの強さのレベルで、15~17 kgf/cm²と低いものであった。一般にA β マトリクスのCFRMの場合、高弾性炭素繊維は高温でA β との反応が少なく、比較的高強度のFRMが得られるが、高強度炭素繊維はA β と結晶化度の相違から反応しやすく、FRMも脆弱になることが知られている。⁷⁾そこで、銅メッキした繊維を試みたが、銅がA β と硬くて脆い金属間化合物層を生

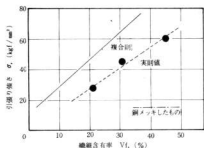


図19 複合材の引張り強さと繊維含有率

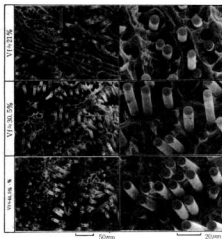


写真5 CFRM(C/A β)の引張り試験後の破断面

成したか、あるいは繊維が劣化して、弱くなったことが考えられる。

引張り試験後の破断面を写真5に示すように、マトリクスが塑性変形を起こして繊維のプルアウトがみられる。理想的にはこのようにマトリクスが塑性変形して、繊維破断がもう少し根元部から起きるのがよいと考えられている。⁹⁾写真5でわかるように繊維のプルアウトを生じるのはマトリクスと繊維の界面の接着が弱い⁹⁾ためで、これが複合則より強さが低い原因の一つと考えられる。

炭素繊維に銅メッキしたA β マトリクスCFRMの引張り試験後の破断面を写真6に示すようにマトリクスと繊維の破断面がフラットでマトリクスが塑性変形を示していない。これはA β -Cu間で硬くて脆い化合

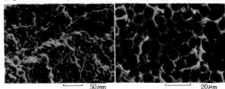


写真6 Cuメッキ炭素繊維を用いたCFRM(C/A β)の引張り試験後の破断面

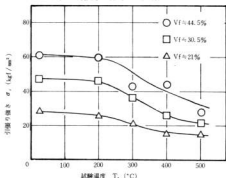


図20 複合材の高温での引張り強さ

物を生成したか、繊維の劣化(A β ₄C₃の生成)のいづれかと考えられるが、ここでは明かでない。

高温での引張り試験結果を図20に示すように、200℃までは常温強度を維持しており、300℃で低下し始めている。 $V_f = 44.5\%$ のもは500℃でも約30 kgf/cm²の強さを保っており、FRMはFRPに比べ高温強度が高いのが特徴の一つである。

5.3 結 言

A β マトリクスCFRMを試作し、常温および高温

で引張り試験した結果を要約すると、次のようになる。

- (1) 高弾性炭素繊維と $A\theta$ の FRM は V_f が 45.5 % の時、 $61 \text{ kgf}/\text{mm}^2$ の常温強さが得られた。
- (2) 高温強さは 200°C までは常温強さを維持し、 V_f が 45.5 % のものは 500°C で約 $30 \text{ kgf}/\text{mm}^2$ の強さを示した。
- (3) 銅メッキした高強度炭素繊維と $A\theta$ の FRM は $15 \sim 17 \text{ kgf}/\text{mm}^2$ の引張り強さで脆弱なものであった。本実験では複合則の約 60 % の強さの FRM が得られたが、今後、理論値に近づけるべく改善を計るとともに、他の特性についても調査する予定である。

文 献

- 7) 北村：工業材料，31，13(1983) 32
- 8) 川村他 3名：三菱重工技報 13，3(1976)142
- 9) 落合，長村：日本金属学会会報，22，10(1983) 878
- 10) 見村他 2名：日本金属学会誌，38，8(1974) 757
- その他，第 2 回次世代産業基盤技術シンポジウム 予備集

6. 総 括

幅広い研究の一端を披露しましたが、これらは中間時点における成果であります。本研究の目的は炭素繊維等の工業製品への応用でありますから、一連の研究成果に対して、企業者がそれぞれの創意工夫の中で利用し易い形に整理加工する仕事が残されている。又、現在進行中の研究についても、多方面からの助言を糧として鋭意努力し、役立つ成果としてまとめることが重要であります。今後とも多くの助言及び問題提起を切望致します。

終りに、本研究の遂行に際し、終始、有益なご助言を頂いた、広島大学工学部、嶋瀬則彦教授を部長といたします中核技術研究開発部会委員及び広島県地域技術活性化推進会議委員の諸先生方に心より謝意を表します。

昭和60年9月25日印刷

昭和60年10月1日発行

編集兼
発行 広島県立西部工業技術センター

〒737 呉市西中央3丁目6-21
TEL呉局(0823)⑥643840

支所 〒720 福山市山手町砂畑
TEL福山局(0849)⑥2732

印刷所 松広印刷株式会社

呉市東中央3丁目4-4
TEL②2175・③0989