

5546807

ISSN 0385-8669

呉工業試験場報告

No. 23

October 1980

目次

抄 録

一 報 文

- | | | |
|---|-----------------------------|----|
| 1. ヤスリ成型用連続加熱装置の開発 | 片岡 豊・山崎隆志・吉池啓信・平田敏明
脇 一雄 | 1 |
| 2. 電気油圧式加振器の試作について | 永山博夫・斯波信雄 | 4 |
| 3. 三次元座標補正回路の試作について | 斯波信雄 | 6 |
| 4. オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手部の
変形挙動 | 畑 徳宜・圓城敏男・黒田敏雄 | 8 |
| 5. オーステナイト系ステンレス薄鋼板の溶接ひずみ
防止 | 蒲田政信・西川浩成・芳野光利・畑 徳宜
横山宏樹 | 12 |
| 6. オーステナイト系ステンレス薄鋼板の引張特性 | 西川浩成・横山宏樹・蒲田政信 | 17 |
| 7. オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手部の
機械的性質 | 畑 徳宜・西川浩成 | 20 |
| 8. オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手の腐
食について | 芳野光利・蒲田政信 | 23 |
| 9. 炭酸ガスアーク溶接の溶接施工法について | 野地英治・南良良治・兼広二郎・鈴木 寛 | 25 |
| 10. 析出硬化型窒化鋼のイオン窒化について | 菊山信行・新田 明・土取 功・加城正義 | 28 |
| 11. 固相ボロナイジングにおけるほう化層の組織につ
いて | 土取 功・新田 明・加城正義 | 32 |
| 12. 鍛造条件と機械的性質の関係について | 鈴木 寛・南良良治・野地英治・兼広二郎 | 36 |
| 13. 新粘結済の鑄型への適用について | 世良時夫・原 信彦・京極秀樹・橋本幸則 | 40 |
| 14. 低合金球状黒鉛鑄鉄の機械的性質について | 中村和清・小林賢治・酒井隆司 | 43 |
| 15. めっきスラッジの固型化処理 | 梶岡 秀・田谷征雄・清水達磨・金本 正 | 46 |
| 16. フレームレス原子吸光法による亜鉛ダイカスト中の
微量カドミウムの定量 | 梶岡英雄・応和 尚 | 49 |
| 17. FRPにおける超音波伝播特性とその応用につ
いて | 好満芳邦・高崎宗利・関 守雄 | 52 |
| 18. FRPへの軟X線透過特性について | 関 守雄・好満芳邦・高崎宗利 | 57 |
| 19. FRP船舶の品質向上について | 高崎宗利・好満芳邦・関 守雄 | 59 |
| ノ ー ト | | |
| 1. 環境測定の一精度調査について | 丸下清志・蔵本龍雄・山根康男・永富 精 | 68 |
| 2. 低周波音実測調査について | 松垣和生・永山博夫・大下 敏 | 66 |

広島県呉工業試験場

BULLETIN
of the
KURE INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE
HIROSHIMA PREFECTURAL GOVERNMENT

Vol. 23

October 1980

Scientific Papers

Contents

Development of Continuous Supply and Heat Device for Forging of Files Yutaka KATAOKA, Takashi YAMASAKI, Hiroyuki YOSHIIKE, Toshiaki HIRATA and Kazuo WAKI	1
Development of a Electro-Hydraulic Shaker Hiroo NAGAYAMA and Nobuo SHIBA	4
Prototyped Touch Probe for Coordinate Compensation on 3-D Measuring Machine Nobuo SHIBA	6
Distortion Behavior of Austenitic Stainless Ssteel Thin Plate in Welded Joint Noriyoshi HATA, Toshio ENJO and Toshio KURODA	8
Prevent of Welding Distortion for Austenitic Stainless Steel Thin Plate Masanobu KAMADA, Mitsutoshi YOSHINO, Hironari NISHIKAWA, Noriyoshi HATA, Hiroki YOKOYAMA, Yasuhiko KANBARA and Tetuo IKEDA	12
Tensile Properties of Austenitic Stainless Steel Thin Plate Hironari NISHIKAWA, Hiroki YOKOYAMA and Masanobu KAMADA	17
Mechanical Properties of Austenitic Stainless Steel Thin Plate in Welded Joint Moriyoshi HATA and Hironari NISHIKAWA	20
Corrosion of Austenitic Stainless Steel Thin Plate in Welded Joint Mitsutoshi YOSHINO and Masanobu KAMADA	23
CO ₂ Semi-Automatic Welding Method for Vertical and Overhead Positions Hideharu NOJI, Ryoji NARA, Jiro KANEHIRO and Hiroshi SUZUKI	25
Ion-Nitriding of Precipitation Hardening Steel Nobuyuki KARIYAMA, Akira NITTA, Isao TSUCHITORI, Masayoshi KAJO and Hirozo TSUCHIDA	28
Structure of Boride Layers Produced by Solid Boronizing Isao TSUCHITORI, Akira NITTA and Masayoshi KAJO	32
The Relation Between Forging Conditions and Mechanical Properties of Steel Hiroshi SUZUKI, Ryoji NARA, Hideharu NOJI and Jiro KANEHIRO	36
Properties of Sand Molds with New-Type Binder Tokio SERA, Nobuhiko HARA, Hideki KYOGOKU and Yukitoshi HASHIMOTO	40
Mechanical Properties of Low Alloy Spheroidal Graphite Cast Iron Kazukiyo NAKAMURA, Kenji KOBAYASHI and Takashi SAKAI	43
Solidification of Sludge with Cement Hideshi KAJIOKA, Isao TADANI, Tatsuma SHIMIZU and Tadashi KANAMOTO	46
Determination of Trace Amount of Cadmium in Zinc Die Casting by Flameless Atomic Absorption Spectroscopy Hideo WATANABE and Takashi OUWA	49
Investigation into Behavior of Ultrasonic Wave Propagating Through FRP Yoshikuni YOSHIMITSU, Munetoshi TAKASAKI and Morio SEKI	52
Soft X-ray Test for FRP Morio SEKI, Yoshikuni YOSHIMITSU and Munetoshi TAKASAKI	57
On the Improvement of Quality in FRP-Ship Munetoshi TAKASAKI, Yoshikuni YOSHIMITSU and Morio SEKI	59
<i>Notes</i>	
A Survey on the Accuracy of Environmental Chemical Analysis and Physical TestKiyoshi MARUSHITA, Norio KURAMOTO, Yasuo YAMAGATA and Suguru NAGATOMI	63
A Field Survey on the Influence of Infrasonic Kazuo HIGAKI, Hiroo NAGAYAMA and Iwao OSHITA	66

Published by

KURE INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE HIROSHIMA PREFECTURAL GOVERNMENT

6-21, Nishi-Chuo 3-chome.

Kure 737 Japan

ヤスリ成形用連続加熱装置の開発

片岡 豊, 山崎隆志, 吉池啓佑, 平田敏明, 脇 一雄

表面はヤスリ業界の熱間鍛造工程で、ヤスリ素材が重量もあり重作業のため、省力化・自動化が強く要望されていた。そのための実用化を計り、この装置の運転結果、つぎのことを得た。(1) ヤスリ素材の取り出し、コンベアーによる搬送および加熱装置への送り込みは良好である。また、最終の取り出しはエアアシリンダーによって行い、作動も確実にタイマー時間の

設定により、可変できる。(2) 加熱装置におけるコラム内にはコラムの熱変形を避けるため、冷却水を通しており変形量は許容範囲内にあった。(3) この装置は目的に応じて少し改良することにより、ヤスリ業界の他の生産工程への応用も可能である。

P 1 ~ P 3 表 1, 図 3, 写真 0, 文献 0

電気油圧式加振機の試作について

永山博夫, 斯波信雄

電気油圧式加振機の発生波形改善のため加振部を両ロードタイプとし、さらにシリンダバイパス弁を設けた。静圧ジャーナル軸受を採用し軸受寿命、耐久性を向上させ、またマイコン応用の任意関数発生器を試作し、その周波数範囲は 10 ~ 100 Hz で発生サイン波の波形歪は 0.3 % であった。

加振機の性能は加振力 120 kgf, 周波数範囲 10 ~

150 Hz テーブル寸法 400 × 400 mm, 加速度波形歪率 25 % 以下 (出力 1 G) であり電子部品、電気機器の振動試験が可能となった。

P 4 ~ P 5 表 0, 図 5, 写真 1, 文献 0

三次元座標補正回路の試作について

斯波信雄

三次元座標測定機で使用されている測定子のうちの円柱プローブを試作し、プローブ中心座標の軌跡と、ワークとプローブの接触した座標との差を補正する方法としてプローブに歪ゲージを貼り、その出力を用いて補正値を算出する方法を検討した。歪ゲージの貼付誤差 1°, A/D 変換器分解能 8 ビット, プローブ直径 10 mm, 測定力 500 gf で実験し、補正値を算出した

結果荷重方向 45° 付近で 10 mm のプローブを用いた場合補正値誤差 0.06 mm であった。A/D 変換器の分解能、歪ゲージの貼付精度の向上等をすれば 0.01 mm 以上の補正精度も可能と思われる。

P 6 ~ P 7 表 0, 図 6, 写真 0, 文献 0

オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手部の変形挙動

畑 徳宜, 園城敏男, 黒田敏雄

オーステナイト系ステンレス薄鋼板 (SUS 304, 板厚 0.8 mm) 溶接継手部の変形挙動について検討した結果、次のことが明らかとなった。

- (1) シャー切断面の形状に似た開先形状が、変形の発生に影響し、Y 開先, I 開先, 逆 Y 開先の順に変形量は多くなる。
- (2) ビード幅の変化と変形の発生の間には、よい相関

が認められ、変形が発生することにより、ビード幅は急激に増加する傾向にあり、銅当金の冷却力がビード幅の変化に与える影響が大きい。

(3) 銅裏当金の、溝の有無、拘束治具の締付け力なども、変形の発生に大きく影響する。

P 8 ~ P 11 表 1, 図 6, 写真 2, 文献 0

オーステナイト系ステンレス薄鋼板の溶接ひずみ防止

蒲田政信, 芳野光利, 西川浩成, 畑 徳宣
横山宏樹, 蒲原康彦, 池田哲郎

オーステナイト系ステンレス薄鋼板の溶接ひずみ(変形)防止に関して, 突合せ継手を中心にその要因効果の基礎実験とモデルによる実験を行ない, その成果を生かして多種多量生産に効果がある溶接ユニットを開発した。

基礎実験で明らかになったことは, (1) 継手部を拘束すること, (2) 溶接部を斜当で急冷すること,

(3) 継手部の剛性を高めること, (4) 安定した裏波ができるまでの低入熱で溶接することであった。

モデルにより実体の溶接ひずみ防止の実験を行なった結果, 上記のほかに組立精度を高め, 溶着金属量を少なくすることが重要であることがわかった。

P 12 ~ P 16 表 4, 図 9, 写真 1, 文献 0

オーステナイト系ステンレス薄鋼板の引張特性

西川浩成, 横山宏樹, 蒲田政信

SUS 304 薄鋼板 (板厚 1.2 mm) について引張速度 (1, 10, 100 mm/min) および試験片形状 (13 B 号, 5 号) を変えて実験をおこなった結果, 次のことがわかった。

(1) 引張速度が速くなると, 引張強さおよび伸びは減少する。(2) 0.2 変形率, 幅収縮ひずみには, 引張速度依存性があまり認められなかった。(3) 板厚 1

mm では試験片形状のちがいによる特性値の変化はあまり認められなかった。(4) 板厚 2 mm で引張速度が低速の範囲では 5 号試験片の方が 13 B 号試験片より伸びが大きい値を, 幅収縮ひずみが小さい値を示した。

P 17 ~ P 19 表 1, 図 4, 写真 0, 文献 4

オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手の機械的性質

畑 徳宣, 西川浩成

SUS 304 薄鋼板 (t; 1 mm, 2 mm) 溶接継手の機械的性質 (主として疲れ試験) について検討した結果次のことが明らかとなった。

(1) 母材の硬さは, H_V で 200 程度であるが, 溶接部では最高 300 程度になっており, 板厚 2 mm では, 熱影響部が少し硬くなっているのが認められた。(2) 加工誘起マルテンサイト (α') は, 疲れ限度で素

材とはほぼ同じであり, それ以上の応力では比例的に増加する。

(3) 母材の疲れ限度は, ほぼ耐力と同じくらいであり 1 mm の継手は母材と同程度の疲れ限度であるが, 2 mm の継手は熱影響部の脆化, 炭化物の析出などにより母材よりも低くなっている。

P 20 ~ P 22 表 2, 図 5, 写真 1, 文献 0

オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手の腐食について

芳野光利, 蒲田政信

溶接部の冷却度合が孔食, 粒界腐食におよぼす影響について塩水浸漬試験と硝酸一ふっ化水素酸試験を行なった結果次のことがわかった。

(1) 溶接部の孔食にはビード表面の酸化スケールが大きく影響するので, 表面を研磨してスケールを除去することが大切である。(2) 本実験の溶接条件では粒界腐食はみとめられない。

P 23 ~ P 24 表 4, 図 1, 写真 1, 文献 0

炭酸ガスアーク溶接の溶接施工法に関する研究

炭酸ガスアーク半自動溶接による、立向(SA-2V)、上向(SA-2O)姿勢の溶接施工法を求めるため、X線検査、超音波探傷試験、曲げ試験、マクロ試験を通じて、溶接条件と欠陥との関連を求めた。その結果、次の結論が得られた。

(1) 母材と裏当金とに隙間があると、ルート部から欠陥が発生しやすい。

野地英治, 南良良治, 兼広二郎, 鈴木 寛
 (2) アークのねらい位置は重要であり、溶融プールの先端を、やや早めの溶接速度で運轉すること。
 (3) 立向溶接および上向溶接における、溶接電流、保持角度、ルート間隔、ウィーピング方法、ねらい位置等溶接条件と欠陥との相関が求まり、それぞれの適正溶接施工法を確立した。

P 25 ~ P 27 表 2, 図 2, 写真 0, 文献 2

析出硬化型窒化鋼のイオン窒化について

析出硬化型窒化鋼(NT 200)に種々の条件でイオン窒化処理を行い、得られた結果は次のとおりである。

(1) 溶体化処理材を時効させた場合、安定した硬さは550℃で得られる。
 (2) 化合物層厚さ及び窒化層深さは処理温度、処理時間とともに増加する。最高窒化硬さは550℃で得られる。

菊山信行, 新田 明, 土取 功, 加城正義, 土田博造
 (3) イオン窒化試料の耐摩耗性はタフトライド試料よりすぐれている。イオン窒化試料の耐摩耗性は表面あらさに比例して悪くなる。
 (4) イオン窒化試料の疲労限は、時効試料(71kgf/cm², 696N/cm²)より約8%向上する。

P 28 ~ P 31 表 0, 図 7, 写真 6, 文献 5

固体ボロナイジングにおける硬化層組織について

低炭素鋼から高炭素・高合金鋼までの種々の鋼に固形剤によるボロナイジングを行い、その硬化層組織について次のような結果が得られた。

(1) 鋼中合金元素のうち、C, Si, Niは化合物層(Fe-B, Fe₂B)によって内部へ押し込められる傾向にあり、Cの一部とCrは化合物層中に残存している。
 (2) 化合物層硬さは鋼中のCr濃度との間に相関が認められる。

土取 功, 新田 明, 加城正義
 (3) 亜共析鋼を処理した際に認められる再分布層は、化合物層がCを内部へ押し込めるとともに、Fe-C系の共析点が高温低炭素側へ移行して生じるものと考えられる。

P 32 ~ P 35 表 0, 図 3, 写真 7, 文献 8

鍛造条件と機械的性質の関係について

鍛造条件と機械的性質の関係についていくつかのデータをまとめればつぎのとおりである。

(1) S S 41, S 25 Cの場合、S S 41は鍛造条件の影響は小さいが、S 25 Cは鍛造比が高くなると衝撃値は増し靱性が増加している。
 (2) S 45 C, S C M 435とも鍛造条件による機械的性質の違いは大きくないが、焼入方法や焼ならしによ

鈴木 寛, 南良良治, 野地英治, 兼広二郎
 て機械的性質が影響される。
 (3) ステンレス鋼は鍛造による加工硬化がいちじるしく降伏点・引張性とも高くなるが靱性は逆に低下し鍛造後溶体化処理を行えば強度は低下し靱性が向上する。

P 36 ~ P 39 表 6, 図 2, 写真 0, 文献 0

新粘結剤の鑄型への適用について

有機と無機の材料を使用する新粘結剤の各種鑄型性質、鑄型内から発生するガス分析、鑄込み試験を行ない検討した結果、次のことがわかった。

- (1) 新砂、再生砂配合とも粘結剤の添加必要量は予想より多く、例えば再生砂配合で粘結剤3部に水分0.5~1部程度添加する必要がある。
- (2) 残留水分は放置時間とともに減少し、24時間以上

- 世良時夫, 原 信彦, 京極秀樹, 橋本幸則
経過すると1~1.5%とはほとんど問題とならない。
- (3) 崩壊性は有機系と同程度に良好である。
 - (4) 鑄型内から発生するガスは有機と無機の中間的なガス発生を示し、有害ガスの発生は少ない。
 - (5) 鑄込み試験の結果は欠陥もなく、きれいであった。

P 40~P 42 表3, 図3, 写真0, 文献4

低合金球状黒鉛鑄鉄の機械的性質について

球状黒鉛鑄鉄の機械的性質向上を目的として、C, E₂値が異なる2種類の溶湯にMn, Ni, Ni+Moを添加して、その機械的性質を検討した。

引張強さは合金元素の添加量が増すほど高い値を示し、伸びは逆に元素添加量が増加するほど低下した。亜共晶成分と共晶成分では引張強さの差は少ないが伸びは大きな差が認められた。

中村和清, 小林賢治, 酒井隆司
衝撃値は共晶成分の低Mn部で最高の値となりNi, Ni+Moの順に低下した。

亜共晶成分と共晶成分では、いずれの元素を添加したのも共晶成分の方が高い衝撃値を示した。温度の影響は、いずれも低温になるほど衝撃値は低下する傾向にあるが、明瞭な差は認められなかった。

P 43~P 45 表2, 図5, 写真0, 文献2

めっきスラッジのコンクリート固型化に関する研究

コンクリート固型化は、有害産業廃棄物の不溶安定化処理として多く採用されているが、固型化コスト、安定した処理という面で問題も多い。一軸圧縮強度10 kgf/cm²以上の発現とシアンの不溶安定化を目的とした安価な固型化材を求め、市販品等であめっきスラッジを固型化し、圧縮及び溶出試験で比較検討した結果、10kgf/cm²以上の強度だけが要求される場合、普通ポ

梶岡 秀, 田谷征雄, 清水達磨, 金本 正
ルトランドセメント-アルミスラッジ-石膏系がよく、シアンの不溶化には、これに少量の超速硬セメントを添加した固型化材で良好な結果が得られた。

P 46~P 48 表4, 図0, 写真0, 文献3

フレイムレス原子吸光法による亜鉛ダイカスト中の微量カドミウムの定量

フレイムレス原子吸光法により、亜鉛ダイカスト中のカドミウムの定量法を検討し、次のような結果が得られた。

亜鉛、亜鉛の塩化物の共存は、著しい負の干渉を示すが、アスコルビン酸を添加することにより、抑制できる。また5ppbのカドミウム溶液を10回くり返し測定した結果、標準偏差パーセントが4.5%であり、再

渡部英雄, 広和 尚
現性は良好であった。
なお実試料について、JIS法と本法で測定した結果十分利用できることを知見した。

P 49~P 51 表2, 図6, 写真0, 文献6

FRPにおける超音波伝播特性とその応用

好満芳邦, 高崎宗利, 関 守雄

FRPの発展には非破壊試験技術の確立が必要である。筆者らは超音波の応用に関する基本的特性を明らかにし、製品への応用における問題点ならびに可能範囲を見出す目的で、二探触子による垂直透過法を用いて伝播速度および減衰の両特性を中心に検討した。

貫層方向における伝播速度は温度による変動が大きいため、厚き測定等の誤差要因となる。減衰率は比較

的安定しており、ロービングクロス層数に敏感に感応することから基材構成の判定が可能である。欠陥等はその大きさには $\sqrt{\quad}$ 比例して減衰が起こるため、微小なものを除いて検出可能である。積層方向の伝播速度はガラスのそれに近似しており、減衰率は波動経路に依存している。などの貴重な知見を得た。

P 42 ~ P 56 表 4, 図 9, 写真 0, 文献 8

FRPへの軟X線透過特性について

関 守雄, 好満芳邦, 高崎宗利

FRPのX線写真は、そのガラス繊維分散状態、積層方向、ガラス含有量、ボイド等を知るための重要な非破壊試験法である。FRPは、その素材であるガラスと不飽和ポリエステル樹脂とでは、X線透過性が大きく異なるため、FRPのX線撮影条件は一様でなく、写真濃度は、FRP厚さ・ガラス含量およびX線使用管電圧・露出時間に大きく影響される。従って、各種ガラス構

成・ガラス含量既知のFRP階調計を用い、FRP製品と全く同一条件でX線撮影し、その写真濃度を対比すれば、ガラス構成、ガラス含量を推定することができる。FRP中のボイドは、ロービング構成FRPにおいては、その繊維束隣部と重なった場合微小なものは確認が困難である。

P 57 ~ P 58 表 5, 図 2, 写真 0, 文献 1

FRP船舶の品質の向上について

高崎宗利, 好満芳邦, 関 守雄

FRP船の製造方法は、船殻を主体にして人的要素に依存するハンドレイアップ法であるため、設計、品質及び経済面を考慮した一般水準の成形技術、一連の管理体系が必要とされている。

成形工場において建造中のFRP船を研究の対象にして、超音波厚き測定器を使用してFRP船殻の積層厚さを計測するとともに、FRP材料の層外摩滅にお

ける物性の変化について検討を行い次の結果を得た。

研究の対象船は、FRP船の特殊基準を満足しているが、船殻積層位置での枚量差が認められた。また、小型船の船殻積層は品質面から連続積層が望ましい。

FRPにおけるゲルコート効果は顕著であり、ゲルコートの再認識と被覆技術の確保が必要である。

P 59 ~ P 62 表 1, 図 4, 写真 0, 文献 8

生産工程の簡易自動化に関する研究(第3報)

ヤスリ成形用連続加熱装置の開発

片岡 豊, 山崎 隆志
吉池 啓祐, 平田 敏明
脇 一雄

1. はじめに

機械工業がいかに発展しても、ヤスリの利用価値は決して無くなることはなく、むしろ高級ヤスリと言われる切削性、耐久性および使用性のよいものが強く要望されるようになろう。換言すれば高精度の加工技術が開発されても、人間の手による仕上げ加工がなくなることは機械工業において考えられないからである。

このような背景から、より高品質のヤスリをいかに低コストで製造するかがヤスリ業界の今後の課題といえる。

ヤスリの製造工程中、鍛造成形における加熱温度はヤスリの品質に大きな影響をあたえるので、適正温度に加熱ができ、かつ加熱速度も作業速度に合わせて制御できるような連続加熱装置の開発が要請されたので、当試験場における基礎実験、設計のもとに、東光化学工業㈱が試作、柳ヤマダチが実用試験を担当した共同研究の結果について、その概要を述べる。

2. 装置の構想について

この装置はホッパー内に装入されたヤスリ素材を連続的に取り出し、コンベア、投入ガイド部分を経て加熱部分に送り込み、エアースリンドラーによって取り出すような構造、機能を持つもので、その主な仕様を表1に、製作した連続加熱装置の全体図を図1に示す。

3. 装置の設計に当たって検討した事項

3.1 ホッパー内に入れるヤスリ素材の数量と取り出し方法

ホッパー内のヤスリ素材の数量は鍛造作業が円滑に行えるだけの数量が必要であり、当然のことながら作業速度が大切な要因となるが、この装置では10時鉄工平ヤスリを基準としたので50~100本とした。

ヤスリ素材の取り出し装置は図2に示すような構造になっており、ヤスリ素材を積み重ねて置き、後方へ

表1 ヤスリ成形用連続加熱装置の主な仕様

名 称	仕 様
やすり素材の形状	10時鉄工平ヤスリ
の大きさ	260×25×6mm
ホッパー内に入れておく数量	50~100本
やすりの供給速度	横方向に対して 1本/5秒, コンベア用チェーンピッチ38.1mm を使用しており7.62mm/sec
使用電動機	ギヤモーター ×1/20 1800rpm, 0.75kw
加熱したヤスリ素材のつき出し用シリンドラー	エアースリンドラー リミットスイッチセンサー付 40φ×300φ(モータアウト回路)
エアースリンドラーの速度	前進・後進とも使用圧力6.0kgf/cm ² のとき300~600mm/sec
やすり素材の重量	850g/本
ホッパーからの取り出し量	コンベア用チェーンピッチ38.1mm 進むごとに取り出しローラが1回転して、1本でてくる。
制御方法	リミットスイッチにより材料の搬送、安全を確認しながら電動機を駆動する電気空気シレーケンス作動回路である。(異常検知付電気制御方式)
加熱方法	ノズルバーナーによるプロパン燃焼 (直火による両面からの加熱方式)
装置の大きさ	8200×1700×1950mm
本機の構成部分	架台本体、ホッパー、コンベア、加熱部分、取出部分、および制御装置から成っている。

向けてローラ溝に入れ、下部に送り出されてコンベアに乗せる。

そのため、ヤスリ素材の曲り量、両端の切断状態を考慮して、必要寸法を決めることが大切であった。

3.2 コンベアーの長さ、傾き、駆動方法

コンベアに乗せられたヤスリ素材はコンベアのツメによって直に整列されて送られる。ヤスリの素材はかなりの重量になるので、コンベアの搬送面が大きく湾曲し、跳むのをさけるため、コンベア本体内に跳み防止用の支持部材を入れた。

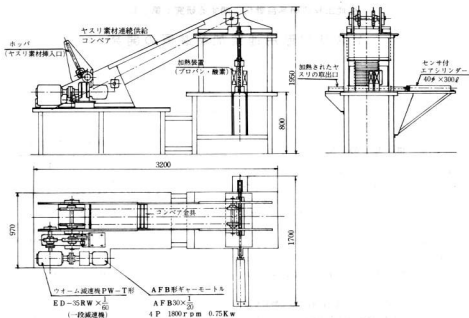


図1. ヤスリ成形用連続加熱装置の全体図

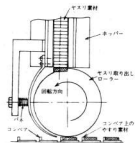


図2 ヤスリ素材の取り出し装置

また、コンベアの傾きはヤスリ素材の安定性、この装置の操作性にも影響するので、十分に検討しコンベアの傾き角度は 26° にした。そのうえ、駆動方法は一般のコンベア駆動と逆方向にする（

3.3 加熱部分（垂直部分）へ投入される量

加熱部分への投入量はLS4、LS5のリミットスイッチにより制御されるが、その量は下方の加熱装置における加熱時間、加熱温度の設定により決定される。

したがって、加熱条件が変化したときには、リミットスイッチの位置を適正に決めないこととつぎのことが起る。すなわち、投入量が少ないとヤスリ素材が落下し

たとき、衝撃力によって、これまで入っていたヤスリ素材が蹴ったり、整列が乱れて不安定になるので適当量残っているときに投入する必要がある。反対にあまり多く残っていると、わずかしか入らないので機能が低下することになる。そのため、設計に当って十分検討を要した部分であった。

3.4 加熱バーナ・加熱時間および加熱速度

加熱部分を確実に加熱し得るノズル形状になっていることが必要であり、加熱バーナにかけたノズル穴は炎が中央部では直進し、外周部では外側に 15° 程度開いてできるようにした。

ヤスリ素材を必要とする温度に加熱するため、加熱条件はこれに類似したドリルの加熱転造専用機によって事前に予備実験しておいた。

また設計に当っては加熱の熱量、加熱の時間を多少可変できるようにして、加熱温度の調整を可能にした。

4. 装置全体の制御について

この装置全体の制御は図3に示す。

制御回路は2つの回路で構成されている。即ち、い

ろいろな安全確認をするリミットスイッチ、ヤスリ素材の供給が過不足にならないように検出確認をするリミットスイッチ等により搬送用モータの起動、停止を行なう回路とエアシリンダの作動を手動、連動で制御する回路である。

装置の機能を図3によって説明すると、回路中のノッチスイッチをONすることにより、コンベアのチェーンを駆動するモーターに起動がかかる。起動された軸は減速機を経てスプロケット軸に伝達される。

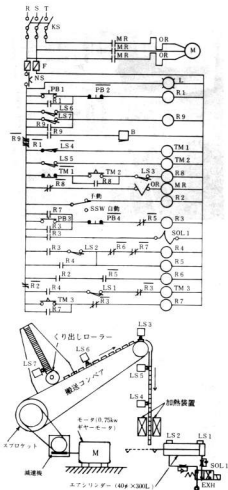


図3 装置の制御回路図

これに連動している取り出しローラ軸によってホッパーに収納されたヤスリ素材が取り出され、コンベアで移動した後、加熱部分に入って行くが、このときLS3、LS5のリミットスイッチが全てONの状態になると、これ以上ヤスリ素材が入っては困るので、駆動用モーターは停止するような回路になっている。

加熱されたヤスリ素材がエアシリンダにより、順次押し出され、加熱部分の素材がLS4の位置以下まで減少したとき、再びモータは起動され、ヤスリ素材の供給が行なわれる。

LS4、LS5にタイマーを使用しているが、ヤスリ素材が通過するたびに、たえずリミットスイッチをON、OFFするので、タイマーのセット時間中は作動しないよう考慮したためである。特にLS4は操作中ほとんどONになっているのでタイマーの寿命を考慮し、特にオフディレータイマーを使用した。

一方、エアシリンダの制御に切換えスイッチによって、1サイクルの手動と連続サイクルの自動とに切り換えることが出来る。切換えスイッチを手動にして、PB8の押しボタンをONにすれば一任復して停止するので、ヤスリ素材の加熱状態を目視したり、その他の微調整をすることができる。そこで加熱状態やヤスリ素材のスムーズな動きが確認できると、自動に切り換えて連続サイクル運転に入る。

5. ま と め

設計、試作したヤスリ成形用連続供給加熱装置の運転結果は次のとおりである。

- (1) 稼働実験におけるヤスリ素材の取り出し、コンベアによる搬送および加熱装置への送り込みは良好である。
- (2) エアシリンダによるヤスリ素材の取り出しは作動も確実で、タイマーにより時間設定をすれば目的とする使用範囲において良好に作動する。
- (3) 加熱装置におけるコラム内には、燃焼熱によって生ずるコラムの変形を避けるため冷却水を通し、加熱装置の熱変形防止をしており、使用状態での変形は許容値内に入っていた。
- (4) この装置は少部分の改良により、搬送作業のみでなく、他工程の加熱装置としても十分応用することができる。

騒音振動に関する研究(第12報)

電気油圧式加振機の試作について

永山博夫, 斯波信雄

1. 緒言

電気油圧式サーボ系は電気の伝達、演算の容易さと油圧の高出力を備え、高精度、高応答性の動力伝達が可能で近年その応用範囲は航空機から建設機械へと多方面にわたっている。

このような電気油圧式サーボ系を応用した電気油圧式加振機は他の加振方法と較べ大出力、低周波域までの加振が可能などの特徴を持っており、材料の疲労テスト、電気機器の振動試験などに広く用いられている。今回試作した電気油圧式加振機は、軸受に静圧軸受を用い、加速度波形改善用にバイパス弁を備えているのが特長である。

以下にその構成、性能また同時に試作した任意関数発生器についても報告する。

2. 電気油圧式加振機の概要

試作した電気油圧式加振機の構成を図1、外観を写真1に示す。アクチュエータの過大変位はリミットスイッチにより防止しており、アクチュエータの上部と

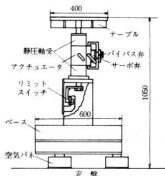


図1 電気油圧式加振機の構成

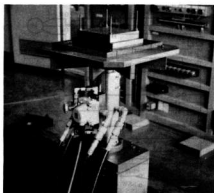


写真1 電気油圧式加振機の外観

下部に2つの静圧軸受を備えている。加振機全体は空気バネ3個で防振を行ない、加振機-空気バネ系の固有振動数は約6 Hzで、加振機総重量は約370 kgfであった。制御方法はアクチュエータの変位を検出して閉ループの位置制御系を用いた。油圧部はアクチュエータの加振用に1台、静圧軸受用に1台、合計2台を使用した。

3. 電気油圧式加振機の性能

図2に本加振機の限界性能曲線を示す。10~30 Hzでは約20 cm/sの速度限界で応答し、30~100 Hzでは約4 Gの加速度限界で応答する。重量20 kgf搭載時は約1.5 Gの加速度で応答する。

電気油圧式加振機は一般にサーボ弁の非線形性のため加速度波形が大きいと言われているが、その低減のためシリンダバイパス弁を設けその効果を調べた。その結果を図3に示す。これからもわかるようにバイパス弁は加速度波形改善に効果があると言える。

(C) 速度差が約1原因 (2) 本加振機は任意関数発生器

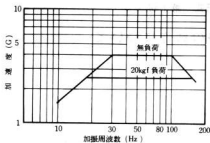


図2 限界応答曲線

図3において、加振周波数80～150Hzにおいて加速度波形歪率の値が上昇し、またバイパス弁開、閉の差が現われていない。これは加速度波形歪の主成分が約1KHzの所にあることから、テーブルの共振がその原因と考えられる。この対策としては、現在の鋼溶接

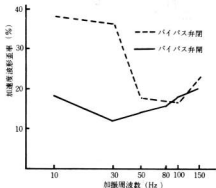


図3 加速度波形歪 出力1G一定

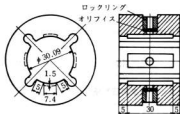


図4 静圧ジャーナル軸受の構成

構造のテーブルの鋼鉄への変更が有効と考えられる。

図4に本加振機に用いた静圧軸受の寸法、構成を示す。静圧軸受は軸受摩擦が小さく、高剛性、高負荷能力などの特性を持ち工作機械に広く用いられている。流体絞りとしてφ0.6のオリフィスを用いロックリングで固定している。軸受すきまは、加工精度を考片側50μmとした。軸受剛性は供給圧20kgf/cm²で0.6kgf/μmであった。

4. 任意関数波形発生器

マイコン(TK-80)を応用した関数発生器の波形例を図5に示す。発生させる波形は、あらかじめプログラム内のデータエリアに書き込んでおき順次読み出しD-A変換器によりアナログ出力させている。発生信号の周波数範囲は10～100Hzである。

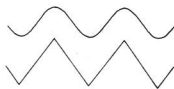


図5 関数波形例 周波数10Hz

5. 結 言

電気油圧式加振機および任意関数発生器を試作したの結果を得た。

- 1) 試作した加振機の性能は加振力120kgf、周波数範囲10～150Hz、テーブル寸法400×400mm、加速度波形歪率25%以下(出力1G)であり電子部品、電気機器の振動試験に使用が可能である。
- 2) 静圧軸受を採用したことにより、アクチュエータのしゅう動摩擦が小さくなった。また軸受剛性は0.6kgf/μmであった。
- 3) マイコン(TK-80)を応用した任意関数波形発生器は周波数範囲は10～100Hzでサイン波の波形歪は0.8%であった。

計測技術に関する研究(第1報)

三次元座標補正回路の試作について

斯波 信雄

1. はじめに

三次元座標測定機は自動車の金型のような三次元の座標測定を要するものの測定ができ、また二次元的な座標測定の場合でも測定の自動化、省力化が図られるため様々な業種に普及しつつある。しかし測定に球プローブや円柱プローブを使用する場合、プローブの中心座標と、被測定物とプローブが接触している座標とが異なるという本質的な誤差因子を抱えており、測定誤差として演算で処理しきれない場合が多い。そこで円柱プローブを試作し、座標補正回路の信頼性を検討した。

2. 座標補正回路

2.1 座標補正の考え方

プローブ中心Oと接触点Pを図1に示すようにとると、補正值(x, y)はプローブの径をrとして次式により表わせる。

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

従って補正值(x, y)はプローブ径と角度θとから求めることができる。

座標補正はプローブ中心座標(O, X₀, Y₀)に、正負をも含めた補正值(x, y)を加えることにより求まり、接触点の座標P(X, Y)は

$$\begin{aligned} X &= X_0 + x \\ Y &= Y_0 + y \end{aligned}$$

となる。

2.2 検出部

図1においてθはプローブを被測定物に押し当てた時の反力の方向としてとらえることができる(反力の方向がプローブの中心Oを通らないと仮定すると、プローブと被測定物の間にはスベリ摩擦が働いているこ

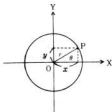


図1 原理図

となり、このような場合は無視する)。そこで円柱プローブに歪ゲージを2枚、90°間隔に貼り反力の方向を検出する。円柱プローブの歪ゲージ貼付位置を図2に示す。

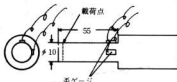


図2 試作プローブ

2枚の90°隔てた歪ゲージの出力から反力の方向θを求めるという方法は、荷重方向を変えて(一定荷重で)歪ゲージからの出力を検出したとき角度と出力比が正弦曲線に一致することに基づいている。一つの歪ゲージについて荷重方向を変え出力を測定した結果

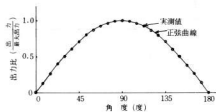


図3 角度-出力比線図

を図3に示す。荷重方向θの値は各歪ゲージからの出力をv₁、v₂として次式で求めることができる。

$$\theta = \sin^{-1} v_1 / c \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{ただし } c = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

2.3 データ処理回路

データ処理としては、最終的には補正值まで求められることが望ましいが、使用したマイコンに演算機能がなく、ここでは歪ゲージからの出力をマイコンに取

り込む
補正值
図4
5に貼
この
は歪ゲ
当)以
次元座
2の信
を知る
力をチ
信号を
アップ
アップ
アップ
この
すい
AD5
はな
ブが
しく
はま
態を
する
ート
にも
使用
100
ート
とし

り込むところまでを行い、その値を使って電卓で θ や補正値を求めた。

図4に実験装置全体のブロックダイアグラムを、図5に試作したデータ処理回路を示す。

この試作回路には2つの機能を持たせている。それは歪ゲージからの出力の2乗和が設定値(測定力に相当)以上になると1.マイコンに割込をかける。2.三次元座標測定機に座標値読取用のスタート信号を送る。2.の信号は座標補正を行なうときのプローブ中心座標を知る為に必要であり、1.の信号は歪ゲージからの出力をデジタル変換するA/Dコンバータへのスタート信号を出すのに使用している。

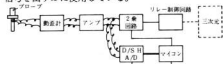


図4 実験装置の概要

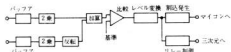


図5 データ処理回路

この回路は主にOPアンプで構成しており、使いやすいたから741を多く使用した。また2乗には、AD538を用いた。割込はこのデータ処理回路のみではなくA/D変換の終了信号にも使用したので、プローブが被測定物と接触したとき設定値との比較結果が激しくON, OFFしその度に割込信号が発生するようではまずく、比較結果がONになるとある一定時間ON状態を保持するようにしてその保持した信号をまた微分するという方法をとった。三次元のデータ取込用スタート信号には接点信号を使用しており、この試作回路にもリレーを付属させて読込が行なえるようにした。使用したリレーはDC12V用のリレー(接点容量は、100V5A)である。ここではノイズ対策としてリレーとの間にはフェットカプラをそう入してアイソレートし結合した。

3. 試作した補正回路の性能

試作回路の動作確認は直流安定化電源とシンクロスコープを用いて行った。2つの直流電源から別々の電圧を入力として与え、設定値を10V近くにセットしてマイコンへの割込信号の発生、三次元用リレーが予想

した動作をする事を確認した。同時に割込信号を用いてマイコンに割込をかけA/D変換させた結果1LSB程度の繰返し精度であった。使用したA/Dコンバータは10Vフルスケールであり、測定精度を上げる為に設定値を10V近くに上昇した方が良く、動歪計からの出力はDCアンプを使用して10V近くまで振らした。

プローブに貼付けた歪ゲージからの出力は正弦曲線と良く一致する(図3)が、歪計からの2出力で式2を用いて θ を算出した結果を図6に示す。図中の○印は最初に作ったプローブで実験した結果であり(歪ゲージの間隔は約84°)、×印は歪ゲージの貼り付け精度を向上させて(歪ゲージ間隔約89°)再実験した結果である。再実験で得られた角度誤差は1°程度であったが補正値に対する影響は大きく ϕ 10の円柱プローブの場合 θ が30°と31°とではxで0.075mm, yで0.044mm, 45°と46°とではxで0.061mm, yで0.062mmの差となる。歪ゲージの貼付方法にもう少し改善の余地があり、貼付誤差が0.3°程度になれば、補正値の誤差は0.08mm程度になる。

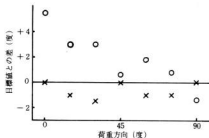


図6 算出した θ

4. ま と め

- 歪ゲージの貼り付け精度が補正値に大きく影響するので位置精度とともにクリープを生じないように確実に貼り付けなければならない。
- 補正精度は0.08mm程度は可能で、その場合はA/Dコンバータや各種測定機器に精度のもう少し高いものを使用する必要がある。
- 座標補正する手段として他に電算処理する方法があり実用化されているが、数個の測定値を用いて1測定値が得られ、精度を高くするには刻みを小さくしなければならないという欠点を持っている。しかし今回の方法だと1点で1測定値を補正系の精度そのまま得られるという利点を持っている。

オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手部の変形挙動*

畑 徳 宣 , 円 城 敏 男**
黒 田 敏 雄**

1. 緒 言

薄鋼板の溶接施工時には、薄鋼板特有の座屈変形やその他種々の変形が発生し、発生した変形を直すことは、非常に困難をとまなうので、変形防止について特に注意をばらう必要がある。特にオーステナイト系ステンレス鋼は、軟鋼にくらべて熱膨張係数が大きく、熱伝導率が悪いので、薄鋼板の溶接においては、銅当金等を使用した治具で拘束を行なって溶接する必要がある。しかし拘束方法や溶接条件により、溶接継手部に変形が発生することがある。この変形の発生は、開先の加工条件に影響され、特にシャープ切断面の形状が重要と見られる。本実験では、シャープ切断面の形状に着目して開先形状および拘束条件が、溶接継手部の変形発生に与える影響を検討したので報告する。

2. 実験方法

実験に用いた供試材は、板厚 0.8 mm のオーステナイト系ステンレス鋼 (SUS 304) で、試験片の形状、寸法および開先形状を図 1 に示す。

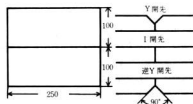


図1 試験片の形状、寸法および開先形状

開先形状は、シャープ切断面の形状に模して、端面をシェーパー加工後グラインダーで、図に示す形状に加工した。図2に、本実験に用いた拘束治具を示す。治具

は、板厚 12 mm の鋼板を用い、下側の当金は、片面は平面のまま、他面には幅 5 mm、深さ 0.5 mm の溝を中心部に設けてある。当金の幅は 200 mm、長さ 300 mm である。上側の押え金は、拘束の幅を 10 mm から 30 mm まで可変出来るようになっており、幅 75 mm、長さ 300 mm である。治具の締付けは、コ型クランプを 4 個用い、ボルトで締付け、ひずみゲージにより締付け力を測定した。

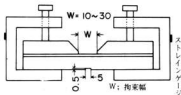


図2 拘束治具の形状

表1に、溶接条件、実験条件を示す。溶接は、TIG

表1 溶接条件および実験条件

項 目	条 件
溶接電流	70 A
溶接電圧	11 V
溶接速度	30 cm/min
開 先	Y, I, 逆Y
拘 束 幅	10, 15, 20, 25, 30 mm
裏 当 金	溝あり, 溝なし
アーク長	2 mm
電 極	トリウム入タングステン 1.6 mm φ
アルゴンガス流量	6 l/min

自動溶接で行ない、溶加棒は用いていない。変形の測定は、試験片の端部に変位計を設けレコーダーに記録し、ビード幅の測定は投影機で行ない、表面の観察もあわせて行なった。

3. 実験結果および考察

図3に、拘束幅とビード幅の関係を、各開先ごとに示す。Y開先では、拘束幅の違いによりビード幅に差が認められるが、拘束幅が広くなくても、ビード幅の

* 昭和58年度 溶接学会秋季全国大会で発表
** 米大阪大学溶接工学研究所

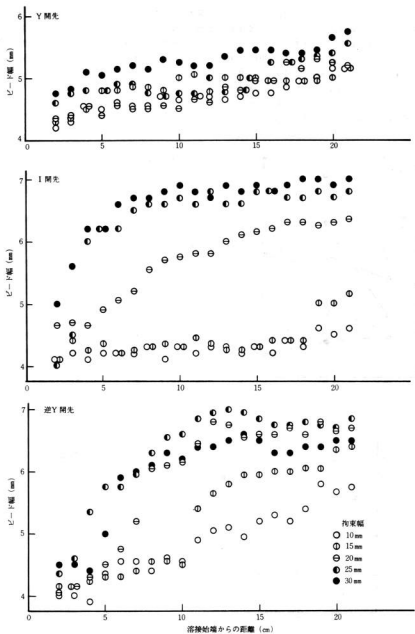


図 8 拘束幅とビード幅の関係

増加傾向はほぼ同様である。I開先では、拘束幅が10 mm、15 mmで、ビード幅はほぼ一定であるが、拘束幅が20 mm以上では、溶接の進行にともなって、ビード幅が急激な増加を示す。逆Y開先になると、拘束幅が10 mmからビード幅は急激な増加を示す。このビード幅の増加は、溶接の進行にともなってアーク前方の継手部が、徐々に盛り上がる変形を生じることにより銅裏当金の冷却効果が悪くなることによる。

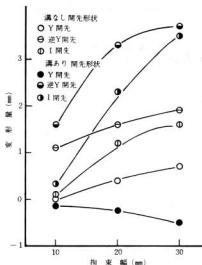


図4 拘束幅と変形量の関係

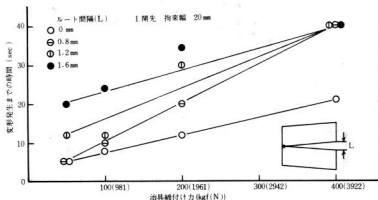


図5 治具締付け力と変形開始までの時間の関係

図4に、開先、当金および拘束幅と変形（溶接長200 mmにおける試験片端部の盛り上り）の関係を示す。いずれの開先も、拘束幅が広くなると変形が増大しY開先、I開先、逆Y開先の順に変形が大きくなる。また、裏当金に溝がある面で溶接した場合、ない面で溶接したときよりも、Y開先を除いて、変形は大きくなる。Y開先では、裏当金に溝がある場合変形は溝側に生じている。Y開先の変形が少ないのは、裏当金に溝がない場合も、あると同様の変形を起こそうとするが当金にさえぎられ逆に変形するからである。またI開先で拘束幅が10 mmのとき変形は少ないが、拘束幅が広くなると逆Y開先の変形量に近くなる。拘束幅と変形量および拘束幅とビード幅の関係は、各開先形状とも同様な傾向を示していることから、変形の発生とビード幅の変化の間には関連があることがわかり、変化が起こりはじめつつあるところで、ビード幅は急激に変化している。

図5に、ルート間隔および治具締付け力と変形発生までの時間の関係を示す。溶接条件は、I開先で拘束幅20 mm、裏当金は平面である。ルート間隔は試験片の一端を仮付けし、他方の端を所定の間隔にしたテーパ状である。治具締付け力と変形発生までの時間は、各ルート間隔ともほぼ比例関係にある。変形の発生は、溶接の進行にともなって収縮変形を起こすことによりルート間隔が0になってのちであり、治具の締付け力が少ないと、溶接開始後すぐに溶接部の収縮力が治具の締付け力による試験片と当金の摩擦力を超えることによる。治具の締付け力を増すと、当金と試験片間の摩擦力が増えるので、溶接部の収縮力がそれをうまわ

るには
広い
長くな
部の
のよ

(10) 301-232特刊

図

す。
全長
開先
だけ
表面
よく
生ず
くな
態に

写

良好
面が
束幅
拘束
拘束
F中
こと
のシ
黒く

S
試験

るには、より長い溶接長を必要とする。ルート間隔が広い場合も、同様のことにより変形発生までの時間が長くなる。以上のことにより変形の発生原因は、溶接部の収縮力によって引き起こされる回転変形によるものである。

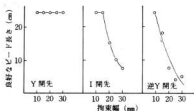


図6 ビード表面状態と拘束幅の関係

図6に、拘束幅と表面状態の関係を各開先ごとに示す。Y開先では、拘束幅が10mmから30mmまで溶接線全長にわたり、ほぼ良好な表面状態を示している。I開先では、拘束幅が10mmと15mm、逆Y開先では10mmだけが良好な表面状態を示している。これらのビード表面状態とビード幅の変化、変形発生までの時間とは、よく一致しており、溶接の進行にともなって変形が発生することにより、治具による溶接部の冷却効果が悪くなり、ビード幅が広がり、表面はひどく酸化した状態になる。

写真1、2に、ビード表面の状態を示す。写真1は良好な表面状態を示しているもの、写真2はひどく表面が酸化しているものである。開先は、逆Y開先で拘束幅が10mmと30mm、その他の溶接条件は同じである。拘束幅が10mmのビードは、さざ波模様が見られるが、拘束幅30mmでは、ビードは柱状晶状態で母材からビード中央部に向かって成長しているのが見られる。このことより、ビードはかなり除冷されており、アルゴンのシールドが離れてもまだ高温状態にあるので表面は黒く酸化した状態になっている。

4. 結 言

SUS 304薄鋼板溶接継手の変形挙動について実験結果をまとめると次のようになる。

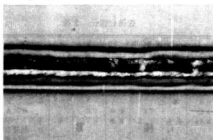


写真1 良好な表面状態のビード



写真2 表面がひどく酸化しているビード

- 1) 開先形状によって変形の発生に差があり、Y開先が少なく、I開先、逆Y開先の順に変形量が多くなり変形の発生は、ビード幅、外観などに影響する。
- 2) 銅裏当金に、溝をつけたもので溶接すると、つけないものより変形量は多くなり、Y開先ではまったく逆の変形を生じる。
- 3) 試験片にルート間隔をとることに、変形の発生を遅らすことができ、治具の締付け力を増すことも変形の発生を遅らすことができる。

終りに、本研究は大阪大学溶接工学研究所で共同研究員として実施したものである。種々有益な指導、助言を頂いた、円城教授、黒田助手に御礼申し上げます。

オーステナイト系ステンレス薄鋼板の溶接ひずみ防止

蒲田 政 信 , 芳 野 光 利
西川 浩 成 , 畑 徳 宣
横山 宏 樹 , 蒲 原 康 彦^{*}
池田 哲 郎

1. 緒 言

我国のステンレス鋼の生産高は約180万トンで、10年前の2倍以上となり、その用途も建設、輸送用機械、家庭用品等多様化してきている。中でもオーステナイト系ステンレス鋼は他のステンレス鋼にくらべ耐食性がよく、また溶接性もよいことからよく使われているが、熱膨張係数が低炭素鋼や高クロム系ステンレス鋼より約1.5倍大きく、熱伝導率は低炭素鋼の約1/4であるので、溶接変形を起し易い材料である。とくに薄板ともなればその効果が顕著に現われる場合が多く、溶接変形の防止対策として治具による拘束、変形の少ない溶接方法等が文献で数多く紹介されているが、実際に供した場合にわからない部分がかなりある。また小さな試験片と実際の溶接構造物では両者の傾向が一致しないこともしばしばである。これらをできるだけ解消し、中小企業が容易にオーステナイト系ステンレス薄鋼板の溶接ひずみ防止ができるように次のような研究を行なった。

基礎研究として溶接ひずみ防止のための要因解析を行ない、その結果を参考にして溶接ひずみ防止治具の開発、モデルによる溶接ひずみ防止実験を行なった。またこれらの研究結果を参考にしてステンレス薄鋼板の溶接ひずみ防止マニュアルを作成した。本報告はこの一連の研究結果のうちマニュアルは別途作成してあるので割愛させてもらい、溶接ひずみ防止のための要因解析、溶接ひずみ防止治具、モデル実験について記述したものである。

2. 溶接ひずみ防止のための要因効果の解析

2.1 実験方法

溶接ひずみにおよぼす要因は図1のフィッシュボーン

ン線図からもわかるように数多くあり、まずこれらの要因を整理しておく必要がある。そこで実験計画法を使用して各要因の効果をつかみ、施工上重要と思われる

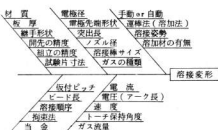


図1 溶接変形の要因

る事項や溶接ひずみ防止治具開発上必要なことについて実験を行なった。

表1は本実験に使用した材料の材質、板厚、継手形状等を一括して示したもので、溶接は800Aの交直両用溶接機を用い、直流正極性で行なった。自動溶接は走行キャリアジにトーチを取付けて行ない、溶加棒は供給していない。試験片の拘束は図2に示すように4

表1 使用材料と実験条件

材 質	SUS304
板 厚	1.0, 1.5, 2.0mm
継手形状	突合せ1形(ルート間隔0mm)
電 極 径	1.6, 2.4mm
突出(長さ)	2mm
ガスおよび流量	Ar 4ℓ/min
トーチ保持角度	80°(手動) 90°(自動)
溶接姿勢	下向

個のC型クランプを用い、ボルトを締めることによって行なった。この試験片を拘束する押圧力の測定はC型クランプの側面にストレンゲージを貼りつけて行ない、この押圧力は溶接線1cmあたりの片側の力で表わすことにした。

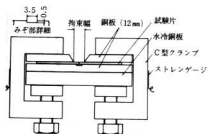


図2 拘束治具

変形の測定は図3に示すダイヤルゲージを取付けた測定治具により行なった。実験計画法による要因効果の解析では測定治具の標点 δ を25mmとし、ビードをばさんで左右10mmの点について25mmピッチで溶接ビードに平行方向に測定し、測定結果は測定値を平均して整理した。その他拘束治具の押圧力、拘束幅、裏

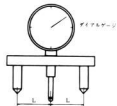


図3 変形量測定治具

あて金の溝幅とざくつ変形およびビード幅の関係については標点 δ を50mmにしビード平行方向に10mmピッチで8点について測定した。試験片長さ1,000mmの実験については試験片の自重が変形量におよぼす影響を除く

ため、試験片を垂直にたて両端に定規をあて、最大変形量を測定した。溶接方法については要因効果の解析実験は手溶接で行ない、他の拘束治具等の関連実験は自動溶接で行なった。

2.2 実験結果と考察

表2はざくつ変形に大きく影響すると思われる要因について実験計画法により解析した分散分析表である。ビードに平行方向の変形に影響する要因は板厚1mmでは溶加棒サイズ、溶接順序、仮付ピッチであり板厚1.5mmでは溶加棒サイズ、拘束法で、板厚2mmでは溶加棒サイズ、速度、仮付ピッチであった。この実験は要因の数をしぼる目的で行なわれたもので、拘束法、溶加棒の有無などがざくつ変形に大きく寄与することがわかった。試験片形状はいずれの場合も主効果はあらわれなかったのでこれ以後の実験は長さ150mmで行なった。

以上の実験をもとに、また溶接ひずみ防止治具製作上の必要性から拘束治具の押圧力ならびに裏当て金の溝

幅がざくつ変形におよぼす影響について調べた結果を図4、図5(a)に示す。

表2 分散分析表

要因	ビードに平行						
	1 mm		1.5 mm		2 mm		
	判定	寄与率 (%)	判定	寄与率 (%)	判定	寄与率 (%)	
電流速度	A						
	B				*	6.5	
A×B		3.0	**	9.7		3.4	
溶加棒サイズ	F	*	17.9	**	21.9	**	45.8
試験片形状	G						
	B×F			**	17.5		3.4
	B×G			**	13.1		
拘束法	C	*	2.4	**	17.0		7.1
A×C						*	3.4
当金	D			**	11.5		2.1
A×D				**	3.1		
溶接順序	E	*	1.8	**	10.5		
A×E				**	7.6		
仮付ピッチ	H	*	9.4	**	9.2	*	5.4
A×H				**		*	7.1

(備考) ** 1%で有意差あり
* 5%で有意差あり

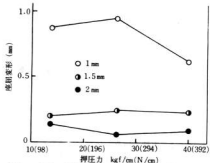


図4 ざくつ変形におよぼす押圧力の効果

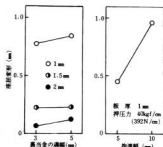


図5 ざくつ変形におよぼす溝幅と拘束幅の影響

板厚 1mm では押圧力を増すとごくつ変形は減少するが 1.5mm, 2mm では押圧力を増してもごくつ変形はそれほど減少しない。これは継手部の剛性と関連があり、継手の剛性を強くすればそれほど押圧力を強くする必要はない。裏当金の溝幅とごくつ変形量の関係は溝幅を広くすれば変形は大きくなる傾向にある。裏当金の溝は良好な裏波をだすために必要で、作業性を考慮した場合できるだけ小さい方が望ましいことがわかった。拘束幅、すなわち上から押えつけるときの幅も大きく変形に影響すると思われるので拘束幅を 5mm と 10mm に変化させて実験を行なった。その結果が図 5 (b) である。この結果から拘束幅を狭めることはごくつ変形を減少させるのに有効な手段である。このことは拘束治具を使用する際にビードからあまり離すと弾性減だけを押えることとなり、溶接後拘束を去除くとごくつが生じ役に立たないことを示している。作業性に関連するがその間隔は 10mm 以下にすることが望ましい。ビード幅は押圧力では変化せず裏当金の溝幅、拘束幅が広くなると大きくなる傾向にある。この理由としては間隔が広がることにより溶接部の冷却効果が小さくなることによるものと思われる。このことは継手の熱を受ける部分が多くなればごくつ変形が大きくなることで、溝幅、拘束幅とごくつ変形の結果と一致する。したがって溶接入熱もごくつ変形に寄与すると思われる。その結果が図 6 である。図中の \times , \blacktriangle は裏波がでていない。入熱が大きくなるとごくつ変形は大きくなる傾向にあり、板厚 1mm に顕著にあらわれている。また裏波がでなくなるような入熱条件になるとごくつ変形が大きくなる。板厚 1mm については低周波パルス溶接による実験も行なったが、やはり入熱が高くなるとごくつ変形は大きくなる傾向にあった。溶接法の差についてはパルス溶接の実験数が少なく明解な結論は得たいが、直流 TIG 溶接に比べパルス溶接は同一入熱でもパルスにより溶融-凝固をくりかえしながら溶接しているため、均一な裏波を得易いことなどから変形を少なくするのに有利と思われる。したがってステンレス薄鋼板の溶接では良好な裏波が得られる最低限度まで入熱を下げることで変形を少なくする条件であることがわかった。

今までの実験で継手の剛性(板厚)が増せばごくつ変形は少なくなるという結果を得たので、板厚のかわりに試験片の幅をかえて剛性を増した状態、試験片長さ 1,000mm について実験を行ないその結果を図 7 に示す。試験片の幅が広くなり剛性が大きくなることでごくつ

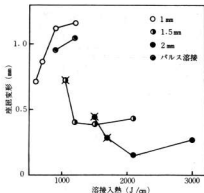


図6 ごくつ変形におよぼす溶接入熱の影響

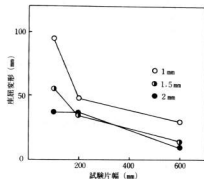


図7 ごくつ変形に及ぼす試験片幅の影響



変形は少なくなり今まで結果と一致している。

3. モデルによる溶接ひずみの少ない溶接施工法の確立実験

3.1 モデルの仕様と選定理由

表 3 はモデルの主な仕様、選定理由である。今までの実験で変形ので易いのは板厚 1mm で、板厚 2mm はあまり変形が大きくないことがわかったのでモデルの板厚は 1mm に選定した。モデルは量産品でないため、がっちりと拘束することができないものも多く、変形防止対策も困難と思われるものを選んだ。

表3 モデル実験の主な仕様と選定理由

名称	主な仕様	選定理由
カバー		拘束ができない場合の変形
ボックス		大部分を拘束した場合の変形

3.2.1 カバー

このモデルはギャーカバーなどに使用されるもので生産量も少なく、拘束治具の使用も困難で工作法の工夫が必要である。本実験においては図8 (a)、(b)、(c)の3通りを採用した。当初溶加材は使用しないつもりだったが(a)の方法では切断精度がでなかったため一部溶加材を使用した。溶接順序もいくつか変え溶接を行なった。溶接後の状態を図9に示す。

(a)の変形は側板のそりかえりが大きい。これは側板突合せ溶接部の縦収縮による曲がりが必要な原因と考えられる。図中Aの部分のふくらみが大きいのは前にも述べたように切断精度が悪く、このみ溶加棒を使用

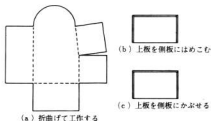


図8 カバーの工作法

したためと思われる。上面は全体的に凸であった。(b)、(c)の方法で製作したものは側板のそりかえりではなく、上面に凹凸がみられる。側板のそりかえりがないのは側板のカド継手一箇所としたためと思われる。上面の凹凸は上板の周辺溶接部の収縮によるごくつ変形で溶着金属を軽く叩いてやると矯正できる。このように拘束ができない場合は溶着金属量を少なくするか、剛性の高くなる継手(突合せ継手をカド継手にする)にすることによって変形量を少なくする必要がある。また切断精度の向上も大切である。

3.2.2 ボックス

底板と側板との溶接部の一箇所を除き、ユニバーサル治具を用い拘束して溶接してみた。溶接後の変形は



(a)



(b)(c)

図9 溶接後の変形の状態
非常によかった。

少なく、側面の拘束しない溶接部分に凹みがみられた。また底面の変形はいずれの継手形状も外に凸で少し力を加えると凹む典型的なごくつ変形であった。変形量はカド継手形式が少ないよう

うで、底板をかぶせる形式のものが一番大きいようであった。ユニバーサル治具を使用し、耐当金で拘束するとビード外観が

4. ステンレス溶接ユニットの開発

4.1 ステンレス溶接ユニットの仕様

ステンレス薄鋼板の溶接変形防止には拘束治具が不可欠である。拘束治具が組立治具などと兼用になれば製品寸法精度の向上、溶接作業の能率向上につながり効果も大きい。そこで溶接定盤(作業台)に各種の治具を取付け、ステンレス薄鋼板の溶接がその定盤のまわりで、すべてまかなわれるようにすれば、多種少量生産の多い中小企業にとってきわめて有効であると思われる。治具を一括して取付けた溶接定盤(以下溶接ユニット)は移動が可能で、ステンレス鋼の作業場と他の作業場の区画が容易になる。

このような目的で次のような各種治具を溶接定盤に取付けて溶接ユニットを製作した。

- 1) 溶接長の比較的小さい製品の突合せ、カド継手の溶接が容易に行なえる小物部品用ユニバーサル治具
- 2) 円筒の周継手、フランジのSM肉等の回転を必要とする溶接に適するターンテーブル
- 3) 継手長さ1,000mmの突合せ用拘束治具
- 4) 仮付、SM肉溶接のための測定盤
- 5) 複雑な形状の溶接がすべて下向きでできる小型のユニバーサル、バランスポジションナー

これらの主な仕様を表4に示す。溶接ユニットの大きさは横1,750mm、縦1,900mm、高さ685mmで厚さ35mmの鋼板を使用した。このユニットの外観を写真1に示す。

4.2 ステンレス溶接ユニットの効果と問題点

開発期間が短かく強度計算、仕様について十分な検討をすることなく設計したところもあり、効果につい

て言及するには不十分であるが、モデル実験等から得られた問題点について若干触れてみる。

表4 溶接ユニットの主な仕様

名 称	主 な 仕 様	拘束法
小物部品用 ユニバーサル治具	適用板厚 0.8~2.5 mm 最大溶接長 290 mm 最大押圧力 2 tonf (20KN)	油圧
ターンテーブル	テーブル径 300 mm 回転速度 0.8~5 rpm	適宜
突合せ溶接用 拘束治具	適用板厚 0.8~2.5 mm 最大溶接長 1,000 mm	ボルト
副 定 盤	幅 615 mm 長 さ 1,140 mm	トグルク ランプ
ユニバーサル バランスポジションナー	最大荷重 45kgf (441N) 重心高さ 100 mm	適宜



写真1 溶接ユニット

小物部品用ユニバーサル治具の押圧力は溶接線1cmあたり片側30kgf(294N)で設計したけれども半分の押圧力で十分と思われる。そうなればもう少しコンパクトな治具になるであろう。また裏当金のさきえ梁が大きすぎて溶接できない製品もあったが、円筒の縦継ぎは能率よく、変形もない溶接ができ効果があがっている。ターンテーブルは能率向上に有効でモデル実験によると溶接時間を約1/3に短縮することができた。また変形が均一になり、ひずみ取りも容易になる。突合せ溶接用拘束治具は長い溶接線に効果があがっているが、拘束がボルト締めのため能率が悪くなっている。製品を固定するため、トグルクランプを取付ける構造にしたので母材のアーケストライクの防止、寸法精度維持に効果があるものと思われる。ユニバーサル・バランスポジションナーはすべて下向きで溶接することができ、アルミ製スタクションのTIG溶接に効果をあげた実績がある。固定用のトグルクランプの取付法、重心をだすための工夫をすれば全て下向きで溶接が行なえるので溶接速度をあげて入熱を少なくすることができる。したがって変形も少なく、かりにあっても均一な変形が得られ修正も容易となる。

5. 結 言

SUS304 薄鋼板の溶接変形の要因解析を行なった結果、次のことがあきらかになった。

- 1) 試験片を拘束することはざくつ変形を少なくする有効な方法であり、その押圧力は18kgf/cm(127 N/cm)以上必要である。また押圧力はビード幅に影響をあたえない。
- 2) 拘束幅を狭めることはざくつ変形量を少なくする有効な方法であり、その間隔は10mm以下が望ましい。
- 3) 溶接継手に剛性をもたせることはざくつ変形量を少なくするのに有効である。
- 4) 溶接入熱量は良好な裏波が認められる最低限度まで低く抑えることがざくつ変形量を少なくする条件である。また溶接入熱量を減らし良好な裏波を得るためには裏当金に幅5mm、深さ0.5mm程度の溝をつけることよい。
- 5) ざくつ変形を少なくする溶接方法として低周波パルスアーク溶接はTIG溶接にくらべ有利である。

モデルによる実験によると薄板の溶接の場合ざくつ変形は溶接ビードの縦収縮によるもので、品物の剛性の小さいものほど多くなっている。したがって拘束して溶接することが一番効果的である方法である。溶接順序はあまり効果がなく、むしろ切断精度、組立精度がよく効くようである。これらの変形を完全に防止することはできなかったが、変形しても均一に変形するように工夫することがひずみ取りを行なううえで重要であることがわかった。

基礎実験をもとにステンレス溶接ユニットを開発してきたが、開発期間が短かく不十分な点もかなりある。今後改良してより良いものにしていきたい。

以上の研究開発は広島県技術移転パイロット事業として広島県興工業試験場と興金属工業協会が共同で行なったものである。終りにのぞみ終始協力していただいた関係諸氏に感謝の意を表する。

本研究において多くの文献を参考にさせて頂いたが紙面の都合上割愛させて頂く。

オーステナイト系ステンレス薄鋼板の引張特性

西川 浩成，横山 宏樹
 蒲田 政信

1. 緒 言

オーステナイト系ステンレス薄鋼板の引張試験を行う場合、日本工業規格では18B号、14B号および5号の試験片使用が規定してある。

さらに試験方法においては引張速度等を条件付けしており、これらの諸条件が引張特性値に影響を及ぼすという報告がかなり出されている。

今回行ったオーステナイト系ステンレス薄鋼板に関する一連の研究の一部として素材特性値を把握する必要があり、引張速度の違いならびに試験片形状の違いによる諸特性値を求め、今後の参考とした。

実験に供した試料は板厚1mmおよび2mmのオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)であり、これらの化学組成を表1に示す。

試験片形状はJIS Z 2201の18B号と5号にした。試験装置はオートグラフを使用し、試験温度20℃で、引張速度を1、10、100mm/minと変化させた。

表1 供試材の化学組成

板厚(mm) \ 成分(%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
1	0.044	0.54	1.05	0.020	0.007	8.37	18.29
2	0.052	0.54	1.04	0.022	0.006	8.48	18.20

2. 試料と実験方法

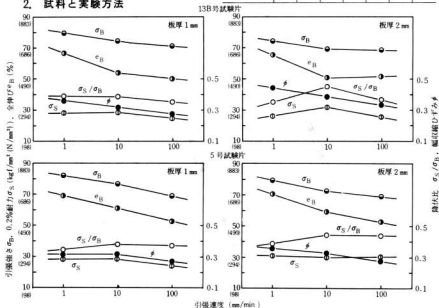


図1 引張速度と引張特性値の関係

3. 実験結果と考察

引張速度を1, 10, 100 mm/minに変化させ引張試験を行ったときの、引張速度と引張強さ(σ_B)、0.2%耐力($\sigma_{0.2}$)、降伏比(σ_S/σ_B)、全伸び(σ_B)、幅収縮ひずみ(ϕ)の関係を図1に示す。

オーステナイト系ステンレス鋼は変形を受けることによって加工誘起変態を起し、マルテンサイトを生成することは周知のとおりであり、引張強さはマルテンサイト量が増加するにつれて、ほぼ直線的に増加する。また、このマルテンサイト変態は温度依存性がかなりあり、いかに外力を加えてもはやマルテンサイトを誘起しない温度(MD点)があり、この点よりMS点に近くなるに従って加工誘起変態を起し易くなる。¹⁾したがって引張速度が遅い時には試験片温度は上昇せず加工を受けるので、マルテンサイト量が増加し、引張強さは増大する。逆に引張速度が速くなると試験片の温度はかなり上昇し、加工を受けてもマルテンサイト生成は少なくなり引張強さは減少する。

伸びもマルテンサイトの増量につれて下るのが普通であるが、空气中で試験した場合、試料内部の温度上

昇が関連し、マルテンサイトがある程度以上にならないと下らない。²⁾したがって今回の実験においてもまだその域に達していないものと思われる。

0.2%耐力は温度依存性がないといわれており、²⁾今回の実験においても引張速度依存性はなかった。

18B号試験片は幅12.5 mm、標点距離50 mm、5号試験片は幅25 mm、標点距離50 mmと幅が異なっている。このように試験片の幅を変え引張試験をおこなった時

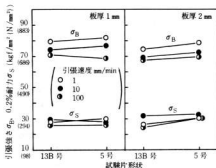


図2 試験片形状と引張強さ、0.2%耐力の関係

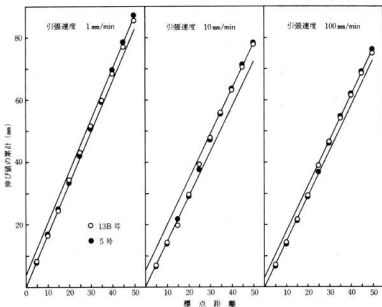


図3 伸びにあたる引張速度、試験片形状の影響(板厚1 mm)

の試
示す
状効
図
らわ
板
は伸
板
10
配は
よく
1
試験
片
お追

S

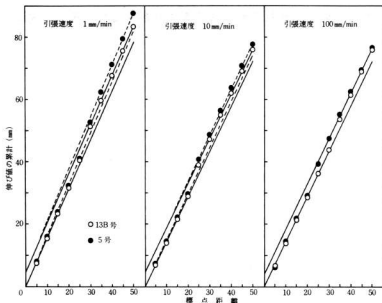


図4 伸びにあたる引張速度、試験片形状の影響(板厚2mm)

の試験片形状と引張強さ、0.2%耐力の関係を図2に示す。これから引張強さ、0.2%耐力とも試験片の形状効果は認められなかった。

図3、図4は伸びの状態を局部伸びと一様伸びであらわしたものである。⁵⁾

板厚1mmについては各引張速度とも局部伸びあるいは伸びの状態はほとんど同一である。

板厚2mmの場合、局部伸びの領域は変らないが1、10mm/minの引張速度では5号試験片の方が伸びの勾配は大きくなっている。これは共同実験⁴⁾の結果ともよく一致するところである。

100mm/minの引張速度のときの伸びの性状は両試験片ともよく一致しており、これらの詳細な説明はなお追加実験をおこなう必要がある。

4. 結 言

SUS 304 薄鋼板(板厚1.2mm)について引張速度(

1, 10, 100mm/min)および試験片形状(13B号、5号)を変えて実験をおこなった結果、次のことがわかった。

- 1) 引張速度が速くなると、引張強さおよび伸びは減少する。
- 2) 0.2%耐力、幅収縮ひずみには、引張速度依存性があまり認められなかった。
- 3) 板厚1mmでは試験片形状のちがいによる特性値の変化はあまり認められなかった。
- 4) 板厚2mmで引張速度が低速の範囲では5号試験片の方が13B号試験片より伸びが大きい値を、幅収縮ひずみが小さい値を示した。

文 献

- 1) 野原他：塑性と加工、18(1977)、938
- 2) 野原他：鉄と鋼、60(1974)、317
- 3) 中川他：材料試験方法 養賢堂(1972)、25
- 4) ステンレス協会技術委員会：ステンレス鋼引張試験片の形状寸法に関する実験(1970)

オーステナイト系ステンレス薄鋼板溶接継手の機械的性質

畑 徳 宣 , 西 川 浩 成

1. 結 言

オーステナイト系ステンレス(SUS304)薄鋼板溶接継手の変形挙動について研究した結果、開先形状、拘束の幅、治具の締付け力、銅裏当金の形状、ルート間隔などが、変形の発生に大きく影響することが認められた。¹⁾これらの結果をふまえて溶接した場合溶接部は拘束されているので、残留反応の生成、溶融部の急冷などが機械的性質に影響をおよぼすことが考えられる。特に、破れ強さに及ぼす影響は、薄板の場合あきらかにされていない。

そこで本実験は、溶接部の変形を防止して溶接を行なった場合の機械的性質(主として破れ特性)について、母材の機械的性質と比較したので報告する。

2. 実 験 方 法

実験に用いた供試材は、オーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)で、板厚は1mmと2mmである。図1に、破れ試験片(引張試験片)の形状、寸法を示す。試験片は、平行部の長さ60mm、肩部の半径15mm、平行部の幅は試験機の能力より板厚1mmで10mm、板厚2mmで5mmとした。溶接は、幅100mm、長さ250mmの短冊にシャー切断後、開先面をシャバーで加工(1開

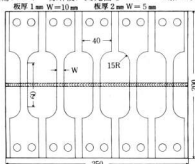


図1 試験片の形状、寸法

先)して行なった。溶接方向は、圧延方向と直角、試験片の採取方向は圧延方向である。溶接条件は、溶接速度30cm/min、電極の径1.6mm、電極の突出し長さ5mm、アルゴンガス流量4ℓ/minである。溶接は自動で行ない、溶加棒は用いていない。溶接電流は、板厚1mmでは50Aおよび70A、板厚2mmでは120Aとした。拘束治具は前報¹⁾で用いたものを使用し、押え幅は板厚1mmでは5mm、板厚2mmでは10mmとした。

破れ試験は、島津万能破れ試験機(定荷重型)UF500形を使用した。繰返し数は1,000回/minで、平均荷重は4kgf/cm²とした。平均荷重パネにより、平均荷重および応力振幅荷重を付加した部分片振りて試験を行なった。

破れ試験後の加工誘起マルテンサイト(α')およびオーステナイト(γ)の測定は、理学電機製ストレインフレックスMSF(X線応力測定装置)で行なった。表1に測定条件を示す。

表1 α' および γ の測定条件

項 目	条 件
特 性 × 線	Cr K α
電 圧	30 KV
電 流	10 mA
スリット	0.68
走査速度	4 /min
時 定 数	2 sec
試料回転速度	36 C/min
回 折 面	α' (211), γ (220)
チャート速度	40 mm/min
フィルター	バナジウム

用いた回折面は、マルテンサイトに α -Fe(211)、オーステナイトに γ -Fe(220)であり回折線の最大ピーク高さと同幅の積の面積比より、 α' および γ の体積を次式で求めた。

$$Cr + Ca' = 1 \quad Cr \cdots \gamma \text{ の体積比}$$

$$Cr = \frac{1}{1 + 0.3125 \times \frac{I\alpha'}{I\gamma}} \quad Ca' \cdots \alpha' \text{ の体積比}$$

$$I\gamma \cdots \gamma \text{ の回折線の面積}$$

$$I\alpha' \cdots \alpha' \text{ の回折線の面積}$$

溶接部のかたさ分布は、マイクロピッカー(荷重

500 Φ)で測定し、疲れ破面の観察も行なった。

3. 実験結果および考察

表2に、素材と溶接試験片の引張特性を示す。板厚1mmと2mmでは耐力、引張強さとも差は少なく、2mmのほうが約 $1\text{kgf}/\text{mm}^2$ ($9.8\text{N}/\text{mm}^2$)ほど低い値を示し、伸びも少し多い程度である。溶接試験片の引張強さも、素材とはほぼ同じで、破断位置は母材部であった。

表2 母材および溶接継手の引張特性

試料	耐力(0.2%) $\text{kgf}/\text{mm}^2(\text{N}/\text{mm}^2)$	引張強さ $\text{kgf}/\text{mm}^2(\text{N}/\text{mm}^2)$	伸び (%)	破断位置
素材1mm	35.9(352.1)	68.2(668.8)	53.4	A
素材2mm	35.0(343.2)	66.7(654.1)	57.0	A
1mm A	-	68.0(666.8)	-	母材部
1mm B	-	67.3(660.0)	-	母材部
2mm継手	-	66.9(656.1)	-	母材部

A ; 溶接電流 50 A

B ; 溶接電流 70 A

図2に、溶接部のかたさ(ピッカース 荷重500 Φ)分布を示す。測定位置はビード横断面、板厚の中心部である。母材部のかたさは、1mm、2mmとも約200程度であるが、溶接部のかたさは最高800程度になっており、ビード中央部付近が最高のかたさとなっている。梨園組織は、母材側が柱状晶組織で柱状品にそってフェライトが晶出しているが、ビード中央部ではフェライトが球状化して晶出している。ディロンの組織図より、溶接部のフェライト量は、約10 $\%$ 程度と推定される。

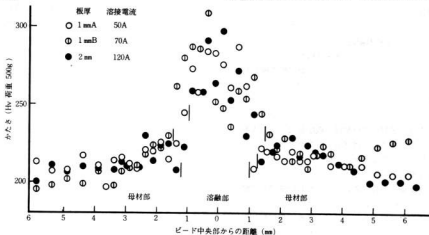


図2 溶接部のかたさ分布

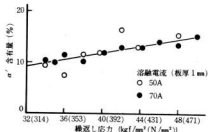


図3 繰返し応力と α' 含有量の関係

図3に、疲れ試験後の母材部に生じた加工誘起マルテンサイト(α')量と繰返し応力の関係を示す。母材表面の α' 量は約9.5 $\%$ である。疲れ限度付近の繰返し応力($35\text{kgf}/\text{mm}^2$)で α' は約10 $\%$ であり、繰返し応力が大きくなるにつれ α' 量は、ほぼ直線的に増加している。

図4に、素材の疲れ試験結果を示す。板厚1mmでは繰返し数一千万回までが、 $36\text{kgf}/\text{mm}^2$ ($353\text{N}/\text{mm}^2$)と $37\text{kgf}/\text{mm}^2$ ($363\text{N}/\text{mm}^2$)、板厚2mmでは $34\text{kgf}/\text{mm}^2$ ($333\text{N}/\text{mm}^2$)と $35\text{kgf}/\text{mm}^2$ ($343\text{N}/\text{mm}^2$)であり、ほぼ耐力に近いところが疲れ限度となっている。繰返し応力が、疲れ限度より、 $1\text{kgf}/\text{mm}^2$ ($9.8\text{N}/\text{mm}^2$)

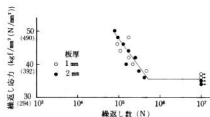


図4 素材の疲れ試験結果

増えると繰返し数50万回程度で破断し、繰返し応力が増加するにつればほぼ直線的に、繰返し数は減少し、繰返し応力 50 kgf/cm^2 (490 N/mm^2)で約8万回となる。

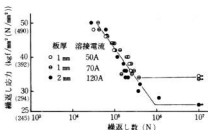


図5 溶接試験片の疲れ試験結果

図5に、溶接試験片の疲れ試験結果を示す。板厚1 mmのA試験片(溶接電流50 A)、B試験片(溶接電流70 A)とも疲れ限度は、 34 kgf/cm^2 (333 N/mm^2)であり、素材とくらべて $2 \sim 3 \text{ kgf/cm}^2$ ($19.6 \sim 29.4 \text{ N/mm}^2$)ほど高まっている。疲れ限度の繰返し応力以上では、素材の結果と同様な傾向を示しているが、破断までの繰返し数はいくぶん少なくなっている。試験片の破断は、一部溶接部で破断したものもあったが、ほとんどの試験片は母材部で破断したので、入熱の差による疲れ強さに差は認められなかった。ビード幅は、A試験片で表側2.5 mm、裏側2 mm、B試験片では表裏とも4 mmであった。

板厚2 mmの溶接試験片では、疲れ限度は 26 kgf/cm^2 (255 N/mm^2)で素材に比べ大きく低下している。疲れ限度以上の繰返し応力では、1 mm溶接試験片と同様な傾向を示している。試験片の破断は、ほとんどが母

材部で、破断位置は溶接部から $2 \sim 3 \text{ mm}$ 離れた熱影響部であった。ビード幅は、表側が4.5 mm、裏側が3.5 mmであった。組織観察において、ボンド近傍に粗粒化域が $0.5 \text{ mm} \sim 1 \text{ mm}$ 程度認められ、その外側には炭化物の析出が少しではあるが認められた。かたさ分布も、熱影響部で $20 \sim 30$ 程度かたさが母材部よりも高くなっていることから、溶接部近傍の脆化によって疲れ限度が下がったものと思われる。

写真1に、板厚2 mmの溶接試験片の疲れ破面の一例を示す。繰返し応力 28 kgf/cm^2 (275 N/mm^2)、繰返し数118万回で破断したものである。疊影位置は、疲れキ裂伝播部分の終りで最終破断にいたる寸前である。写真には、疲れ破面に特有のストライエーションが明瞭に認められ、キ裂の進行方向に一致している。キ裂は試験片の角から発生して、ほぼ直線的に進展しており、繰返し応力に比例してキ裂長さも変化する。

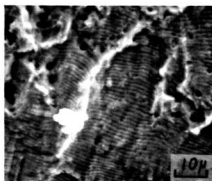


写真1 疲れ破面(×1,000)

4. 結 言

SUS304薄鋼板溶接継手の機械的性質について実験した結果は次のとおりである。

- 1) 板厚1 mmでは、素材と溶接の疲れ限度はほぼ同じであるが、板厚2 mmでは、約 8 kgf/cm^2 (78.4 N/mm^2)ほど低下している。
- 2) 加工誘起マルテンサイトは、疲れ限度で素材とほぼ同量であり、それ以上の応力では比例的に増加する。
- 3) 溶接部のかたさは、母材に比べHV.80 \sim 100程度高くなっている。

参考文献 興工業試験報告 Vol 28

オーステナイト系ステンレス薄鋼板

溶接継手の腐食について

芳野光利，蒲田政信

一部，表面研磨の効果をみるためバフ研磨とした試験片も作製した。

1. 緒言

近年，生活水準の多様化と高級化にともない，ステンレス鋼材の使用が多くなり，美観・耐食性の特徴を生かして温水器・厨房用品の日用品からプラント・圧力容器などの産業用装置にまで広く使用されている。これに関連して使用中の腐食がしばしば問題となってきた。

腐食の現象にも応力腐食，孔食，粒界腐食，発錆などいろいろあるが，溶接部が誘因になっている事が多い。そのため溶接部の腐食現象を十分理解し防食対策をたてる必要があるとされる。そこで代表的なステンレス鋼であるSUS304を使用して溶接部の冷却度合，表面状態が腐食にどのように影響するかをみるため本実験を行なった。

腐食試験は腐食形態，環境に応じて多くの試験法が規格化，提案されているが本実験では，海岸地帯にステンレス鋼の発錆が多くみられるところから塩水浸漬腐食試験と溶接熱影響部の炭化物の折出による粒界腐食を考へて，硝酸-ムッ化水素酸腐食試験をとりあげた。

2. 試料と実験方法

実験に用いたステンレス鋼は，板厚1mmのSUS304(2B仕上げ)でその化学成分を表1に示す。

表1 化学成分(%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.044	0.54	1.05	0.020	0.007	8.37	18.29

溶接部の冷却度合を変えるために裏当金の材質，電流・拘束幅をとりあげて表2の条件で溶接した。溶接法はTIG溶接法で，溶加棒は使用せず自動溶接で行なった。電流は裏波が充分でる条件とした。

腐食試験片は35mm×80mmの寸法に切断した。また

表2 溶接条件

因 子	水 準	
	拘束幅	5mm
電流	50A	70A
当金	銅	鉄
速 度	30cm/min	
ガス流量	アルゴン 5ℓ/min	
押 圧 力	40kgf/cm(392N/cm)	

塩水浸漬試験は5%のNaCl溶液に試験を促進させるため2%のH₂O₂を加え70℃に保温して行ない，2時間後の腐食減量をもって腐食度とした。

硝酸-ムッ化水素酸試験はJISG0574に準じて行ない，腐食度は2時間浸漬後の腐食減量とした。それぞれの腐食試験は同一溶接条件で2回くり返し行なった。また腐食度の測定とともに表面と断面の観察により腐食形態・発生場所の観察も行なった。

3. 実験結果と考察

塩水浸漬試験での腐食は孔食であった。孔食の発生場所は主として溶着金属部で，ボンド近傍に多くみられた。また表ビードと裏ビードの比較では，裏ビードに多かった。試験前のビード表面を観察すると凝固に

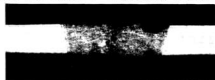


写真1 孔食の状態(×10)

ともなうさざ波の部分(特にボンド側)にスラグが散見され，これが孔食によるピットの起点になったもの

と思われる。このビートの状態を写真1に示す。

腐食度を特性値として各要因につき分散分析した結果

表3 塩水浸漬試験の分散分析表

要因	変動	自由度	不偏分散	F ₀
拘束幅 (A)	1.69	1	1.69	7.27
電流 (B)	0.25	1	0.25	1.08
当金 (C)	0.49	1	0.49	2.11
A × B	0.09	1	0.29	1.25
A × C	0.25	1	0.25	1.08
B × C	0.16	1	0.16	0.69
A × B × C	0.81	1	0.81	3.48
E	1.86	8	0.23	
T	5.6			
E'	3.1	14	0.22	

果が表3である。拘束幅に有意差がみられ、拘束幅10mmの腐食度が大きかった。このことは、拘束幅すなわち開先から押え金までの距離が大きくなると、溶着金属の冷却時間が長くなりビード表面が酸化されやすく、孔食の原因となる酸化物が多くなったためと思われる。

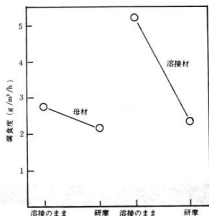


図1 塩水による腐食に及ぼすバフ研磨の効果

ビード表面をバフ研磨した試験片と、溶接のままの酸化スケールのついた試験片を比較した結果が図1である。研磨すると孔食はほとんど起らず母材の腐食度

と同じ程度になることが確認された。このことから表1の条件で溶接した場合、孔食は冷却度合よりも表面スケールの付着のほうに影響されることがわかり、孔食対策としてビード表面を研磨することが重要である。

硝酸-ふっ化水素酸腐食試験後の表面観察では、熱影響部の粒界腐食はみられず、断面のマイクロ組織でも熱影響部に炭化物の析出もみられなかった。このことから本実験の溶接条件では粒界腐食はあまりないと考えられる。腐食度を特性値として分散分析した結果が表4であるが、各要因の有意差もみられない。

表4 硝酸-ふっ化水素酸試験の分散表

要因	変動	自由度	不偏分散	F ₀
拘束幅 (A)	61.04	1	61.04	2.92
電流 (B)	9.41	1	9.41	0.45
当金 (C)	29.46	1	29.46	1.41
A × B	58.18	1	58.18	2.79
A × C	2.26	1	2.26	0.11
B × C	2.00	1	2.00	0.10
A × B × C	4.57	1	4.57	0.22
E	166.90	2	20.86	
T	333.82			
E'	185.18	2	15.42	

試験片を研磨し、腐食試験後溶接ビード部の腐食状況を表面アラサ計で測定したところ約10μ程度溶着金属が深く腐食され溶着金属が母材より腐食されやすいことがわかった。

4. 結 言

溶接部の冷却度合が孔食、粒界腐食におよぼす影響について塩水浸漬試験と硝酸-ふっ化水素酸試験を行なった結果次のようなことがわかった。

- 1) 溶接部の孔食にはビード表面の酸化スケールが大きく影響するので、表面を研磨してスケールを除去することが大切である。
- 2) 本実験の溶接条件では粒界腐食はみとめられない。

半自動溶接に関する研究(第7報)

炭酸ガスアーク溶接の溶接施工法に関する研究

野地 英治, 南 良良治
兼 広 二郎, 鈴木 寛

1. 緒 言

炭酸ガスアーク溶接の普及は目覚ましく、最近では従業員 2 ~ 8 名位の小企業においても設備されるほどになり、交流アーク溶接に取って変わるほどの勢いがある。また、県、市、各協会等で主催される溶接技術コンクール、また、JIS 技量試験等においても、応募者数は着実に増加している。一方製品に対する品質向上の要求は益々高くなり、各企業および作業者の技術は全体的には向上しつつあるが、まだ多くの問題を残している。このような情勢において、基本技術のみならず、応用技術の確立が、県下業界ニーズの重要な課題の一つである。

そこで、今回 立向、上向姿勢における溶接条件と欠陥との相関を求め、その結果から最適溶接施工法の検討を行ったので以下報告する。

2. 実験方法

実験は、JIS Z 3841 (半自動溶接技術検定における試験方法及び判定基準) に定める、立向溶接(SA-2V)と、上向溶接(SA-20)を行った。溶接機は

表1 立向、上向溶接の溶接条件

(a) SA-2V

因 子	水 準		
ル ー ト 間 隔	3 mm,	4 mm,	5 mm
溶 接 電 流	120 A,	130 A,	140 A
保 持 角 度	前退角 10度, 直角, 後退角 10度		

(b) SA-20

因 子	水 準		
溶 接 電 流	120 A, 130 A, 140 A		
保 持 角 度	前退角 10度, 直角, 後退角 10度		
ウィービング方法	半月ウイ, 三角ウイ, 逆半月ウイ		
ル ー ト 間 隔	3 mm,	4 mm,	5 mm
ねらい位置	プール先端, プール中央		
ウィービング幅	ルート間隔, ルート間隔+両サイド 1mm		

300A 直流 CO₂ ガスアーク溶接機、ワイヤは市販の軟鋼用実体ワイヤ、1.2mmφ を使用した。溶接条件を表 1¹⁾ に示す。立向溶接は三元配置法により、また上向溶接は、表の因子、水準を実験計画法により、L₂₇ (8¹³) の直交表にわりつけ、それぞれ溶接条件の組み合わせごとに、合計 27 枚づつ、半自動で溶接を行った。他の主な溶接条件は、過去のデータ²⁾ を参考に、CO₂ ガス流量: 20 l/min, 突出し長さ: 15mm 前後とした。

実験の結果は、JIS Z 3104 に定める X 線検査、Z 3060 による超音波探傷、Z 3841 による表曲げ、裏曲げ試験 (ただし曲げ試験片幅は 60mm とした)、および溶接部断面のマクロ検査により溶込み深さと溶込み幅を測定し、それらの試験結果から総合的考察を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 立向溶接 (SA-2V)

X 線検査では、合計 27 枚の試験片中、1 級が 22 枚、2 級が 1 枚、3 級が 2 枚、4 級が 2 枚と全体的にはまず良好な結果となり、実験した溶接条件がほぼ適正な範囲であったことがうかがえる。また本実験の溶接は、特に運転法でウィービングの両サイドを止めて、中央をやや早めにする、また、ねらい位置は溶融プールの先端よりをねらうように注意を払ったが、JIS 技量試験や溶接技術コンクール等の結果をみても、炭酸ガスアーク溶接の欠陥は主に、(1) 1 層目のルートプロ及び溶込み不良、(2) 各層間のスラグの巻込み、(3) 融合不良、(4) アンダーカットに集約され、結果から見ても、それら欠陥防止のため、運転法は重要なポイントと考えられる。

表曲げ試験の結果も、全体的に非常に良く、JIS Z 3841 による不合格は 3 枚のみで、残り 24 枚は合格圏内であった。要因の分散分析結果では有意差が認められなかったが、溶接電流は 120A (18.5v) でやや割れ

が多く、140Aではアンダーカットになりやすい。また保持角度、ルート間隔の影響はなかった。

裏曲げ試験における割れ長さ合計長の分散分析結果を表2に示す。ルート間隔の影響が顕著であり、ル

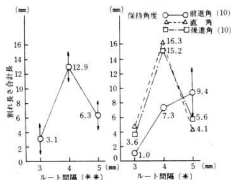
表2 SA-2V裏曲げ試験の分散分析表

要因	S.S	ϕ	M.S	Fo
A(ルート間隔)	449.496	2	224.748	18.01**
B(電流)	37.469	2	18.734	1.50
C(保持角度)	32.889	2	16.444	1.32
A × B	43.742	4	-	-
A × C	176.676	4	44.169	3.54*
B × C	83.396	4	-	-
e	122.540	8	-	-
(e')	199.678	16	12.48	
T	896.207	26		

ト間隔と保持角度の交互作用の影響も認められた。

図1に示すように、ルート間隔は3mmが最も割れが少なく、4mmが最も多い。またルート間隔3mmの場合は、前進角で小さきみなウィーピング、5mmでは、直角もしくは後退角で両サイドをしっかりとした三角ウィーピングが良い結果となった。

図1 SA-2V裏曲げ試験結果



断面マクロ試験による溶込み状態は、溶込み深さ、溶込み幅とも、ルート間隔、溶接電流にほぼ比例し、27枚すべて必要十分に溶込んでいた。また裏曲げ試験の割れの原因の一つに、裏当金との隙間の問題があ

げられ、隙間が大きいと、ルート部から溶接金属に向かってブローホール、およびルート部の母材部に、くわれの欠陥が発生しやすい。その原因は裏面からの空気の混入によるシールド不足か、ルート部のオーバーヒートと考えられ、試験材の脱脂、および1層目のウィーピング幅をルート間隔+両サイド1mm以内にとどめることも大切である。

3.2 上向溶接(SA-20)

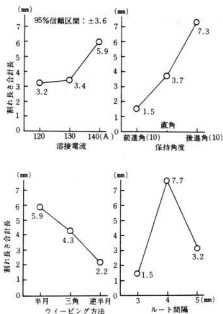
X線検査では、1級22枚、4級5枚と立向と同様全体的に良い結果となったが、4級の内容は溶接線方向に連続したスラグ巻き込みである。また超音波探傷の分散分析結果を表3に示す。超音波探傷では、スラグ巻き込みに加え、融合不良と思われる欠陥が認められた。その位置は1層目、もしくは2層目の溶接金属と開先面が主であった。この原因はねらい位置の影響が最も大きく、溶融プールの中央をねらって溶接速度を遅くすると、溶着金属が多くなり欠陥が出やすくなる。他に有意差は認められなかったが、溶接電流は120Aでは低すぎ、ウィーピング方法は三角形ウィーピングが最も良い傾向にある。その他の要因の影響は認められなかった。

表3 SA-20超音波探傷試験の分散分析表

要因	S.S	ϕ	M.S	Fo
A(電流)	18126	2	9063	2.98
B(保持角度)	8838	2	1917	-
C(ウィーピング方法)	18969	2	9485	3.12
D(ルート間隔)	3354	2	1677	16.98**
E(ねらい位置)	51646	1	51646	4.73*
F(ウィーピング幅)	14374	1	14374	-
A × B	13329	4	3332	-
A × C	14120	4	3530	1.91
B × C	23260	4	5815	-
e	14026	4	3507	
(e')	48662	16	3041	
T	175037	26		

次に表曲げ試験の結果、22枚がJISの合格範囲にあり、保持角度は前進角が、ウィーピング方法は半月もしくは三角ウィーピングが、さらに溶接電流は、120Aが良い傾向にあり、他の溶接条件の影響はない。裏曲げ試験でも、24枚がJISの合格範囲にあり、要因の有意差は認められなかった。しかし、図2に示すように、溶接電流は120Aと130Aの差がなく、140

図2 SA-20 裏曲げ試験結果



Aではやや高すぎ、保持角度は前退角が最も良く、直角、後退角となるにしたがい悪くなる。ウィーピング方法は逆半月が最も良く、三角形、半月となるにしたがって悪くなる。またルート間隔は立向溶接同様、3mmが最も良く、4mmが最も欠陥が多い。JISの投量試験において、不合格となる場合は裏曲げ試験のウェイトが高く、その点では1層目の溶接に細心の注意を払うべきであり、立向溶接同様、仮付時点での裏当金との隙間、試験材の脱脂も重要である。

ウィーピング幅はルート間隔プラス1mm以内であれば、欠陥に及ぼす影響は少ない。断面マクロ試験による、溶込み深さ、溶込み幅に及ぼす溶接条件の影響は、溶接電流、ルート間隔に加え、ウィーピング方法、保持角度の影響も認められ、ルート部の溶込み幅は逆半月形ウィーピングが最も小さく、その方が裏曲げ試験の結果が良いという興味ある結果となった。全体的には、本実験の範囲内で、溶込みは必要十分であった。

4. 結 言

炭酸がスワーク半自動溶接の立向、立向溶接の施工法を検討するため、分散分析法、実験計画法を用いて、溶接条件を種々変化させ、X線検査、超音波探傷試験、裏曲げ、裏曲げ試験、マクロ検査を通じて欠陥との関連を求めた。その結果、得られた主な結論を集約すると次のとおりである。

(1) 母材と裏当金との隙間があると、ルート部から溶接金属に向かってブローホール、およびルート部の母材側に、くわれの欠陥が生じやすく、裏曲げ試験の割れに通じる危険性が大きい。したがって仮付溶接において、その隙間を出来る限り小さくすることが重要である。

(2) 立向溶接 (SA-2V) における適正溶接条件および施工上の注意点は、①溶接電流は180A前後、アーク電圧19V、②1層目の溶接では、ルート間隔および保持角度は、間隔3mmで前退角(ほぼ10度)の小さなウィーピングが最も欠陥が少なく、間隔5mmで直角もしくは後退角(ほぼ10度)の両サイドをしっかり止めた三角ウィーピングでも良く、後者の方が安定感がある。③2層目以降の溶接では、アークは常に溶融プールの先端をねらうようにし、両サイドを十分止めて、溶接速度はやや早めにすれば、欠陥も少なく、ビード形状もほぼ平らにできる。④層数は3層盛りが最適であり、2層目のビード高さは母材表面より、1.5mmから2mm低めに仕上げると最終層がやりやすい。

(3) 立向溶接 (SA-20) では、①アークのねらい位置が非常に重要であり、立向溶接同様、溶融プールの先端をねらい、やや早めの溶接速度とする。②溶接電流は180Aで、最終層(3層目)はやや低くしても良い。③ウィーピング方法は1層目は逆半月、2層目以降は三角形もしくは半月形ウィーピングが良い。④保持角度は前退角、⑤ルート間隔は、3mmが最適で、5mmでも良い。また、⑥ウィーピング幅はルート間隔プラス1mm以内が適当であり、その他の注意点、要領は立向溶接と同様である。

参 考 文 献

- 1) 中村 : 「CO₂半自動アーク溶接のチェックポイント」 大阪電機論 P15~
- 2) 片山他 : 異工試験報 No.13(1971) P72~

イオン窒化に関する研究(第1報)

析出硬化型窒化鋼のイオン窒化について

菊山 信行, 新田 明
土取 功, 加城 正義
土田 博造*

1. 緒 言

無公害、化合物層の組成を制御できるなどの特徴をもつイオン窒化に関する研究は数多く発表されているが、これらの多くは炭素鋼、合金鋼が主である。最近、窒化を行うことにより心部が時効硬化する析出硬化型窒化鋼が開発され、高い面圧を受ける金型や、浸炭硬化材に匹敵する高い疲労強度が要求される機械部品に使用され始めているが、イオン窒化に関するデータは少ない。そこで今回、析出硬化型窒化鋼のなかからCr-Mo-V窒化鋼を選び、種々の条件でイオン窒化を行い、組織観察、硬さ測定、更に摩耗特性、及び疲労強度を調査した。

2. 試料及び実験方法

実験に使用した試料は三菱製鋼株NT200の溶体化処理材を用い、その化学成分はC 0.32%, Si 0.41%, Mn 1.03%, P・S 0.013%, Cr 2.42%, Mo 1.56%, V 0.26%, Nb 0.046%である。写真1は溶体化処理材の組織を示し、硬さはHv450である。



写真1. 溶体化処理材

使用したイオン窒化装置は富士電子工業株、FCH-10N(放電出力10KW炉内有効寸法 $\phi 200 \times L300$ 二色温度計、PID制御)。イオン窒化条件は $N_2:H_2 = 0.5 \ell/\text{min} : 1.0 \ell/\text{min}$ ($N_2 = 33\%$)、及び $0.3 \ell/\text{min} : 1.2 \ell/\text{min}$ ($N_2 = 20\%$)、処理温度 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 、処理時間 $1 \sim 10$ h、ガス圧力3 Torrとした。 N_2 ガス比率を小さく設定した理由は基礎データから、機械部品の靱性、金型の

寿命延長などについて一般に好結果が得られているためである。イオン窒化後試料は真空中で冷却した。

また溶体化処理材の $500 \sim 600^\circ\text{C}$ における時効硬化特性も求めた。

イオン窒化を行った試料は顕微鏡観察、マイクロビッカース硬さ(荷重100 μf)測定、及びX線回折を行い、更に摩耗試験及び疲労試験を行った。

摩耗試験は西原式転がりすべり摩耗試験機を用い、油潤滑状態とし、負荷荷重100kgf、及び200kgf、すべり率29.9%で行い、潤滑油は丸善スワループRO56を使用した。摩耗試験の相手材は焼入焼もどしをしたSKS8(HRC59)を使用した。

疲労試験は10kg-m小野式回転曲げ疲労試験機を使用した。

3. 実験結果及び考察

3.1 時効硬さ

図1は溶体化処理材を $500 \sim 600^\circ\text{C}$ で $1 \sim 30$ h時効させた時の硬さの変化を示す。 500°C では時間とともに硬化するが、 600°C では過時効のため硬さは低くなる。 550°C ではほぼ安定した硬さ変化を示し、 $5 \sim 10$ hで溶体化硬さHv450がHv518になる。

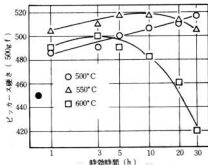


図1 硬さと時効時間の関係

3.2 化合物層厚さ, 窒化層深さ, 及び断面硬さ分布

いる部分とはほぼ対応し、時間とともに深くなっている。黒色部はCrなどの微細な窒化物が析出したために腐

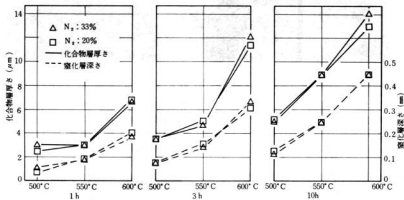


図2 化合物層厚さと窒化層深さに及ぼす処理温度, 処理時間の影響

図2は化合物層厚さと窒化層深さに及ぼす処理温度, 処理時間の影響を示す。処理温度, 処理時間とともに化合物層厚さ, 窒化層深さ(心部と同一硬さになる位置まで)は増加するが, N_2 ガス比率による差はほとんどない。図3は硬さ分布に及ぼす処理温度の影響を示す。表面硬さ(表面から25 μm の位置)は550°CがHv 1040と最も硬く, ついで500°CでHv 1026となり, 600°CではHv 915と低くなる。窒化温度が高くなると窒化物の粗大化, 格子ひずみの解消などで表面硬さが低下するといわれている。¹⁾ 図4は550°Cで1, 3, 10h処理した場合の硬さ分布を示し, 写真2はその時の組織を示す。硬化層深さは写真中の黒くなつて

食されやすくなつたものと考えられる。10h処理では化合物層直下に結晶粒界に沿って白色の窒化物が見られる。粒界の白色窒化物は高温長時間で生成し, また窒化が重複する角部にも生成しやすい。Cの粒界の窒化物はぜい性を助長するといわれ, 窒化物の生成を阻止する方法としてはイオン窒化時に CH_4 を約8%添加すると消失すると報告されている。²⁾

図5は N_2 33%, 600°C×3hのX線回折図形を示す。回折線は ϵ -Fe₂₋₃N, γ' -Fe₄N, α -Feが認められる。

3.3 摩耗特性

図6aは摩耗試験片の表面あらさを18 μm に製剤仕

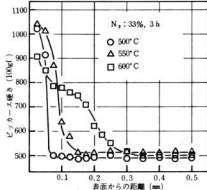


図3 硬さ分布に及ぼす処理温度の影響

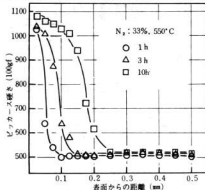


図4 硬さ分布に及ぼす処理時間の影響

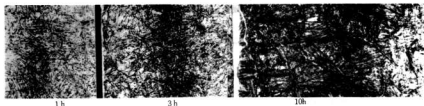
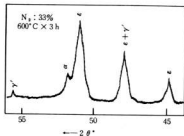
写真2 イオン窒化(550°C, N₂ 88%)時間と窒化組織(×200)

図5 600°Cにおける窒化生成物

上げし、イオン窒化条件N₂88%, N₂ 20%, 550°C × 8hで処理した試験片と、580°C × 2h タフトライド後油冷した試験片の摩耗量を比較したものである。イオン窒化試験片のN₂ガス比率による摩耗量の差はほとんど認められないが、タフトライド試験片はイオン

窒化試験片の2~3倍の摩耗量である。タフトライド試験片の摩耗量が多いのは、表面層がポーラスなため破壊摩耗を起こしたものと考えられる。図6bは試験片あらしを旋削後ペーパーで1.8μmに仕上げたものにイオン窒化(条件は図6

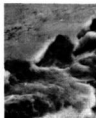


写真8 窒化層のカケ
aと同じ)し、摩耗量の変化をみたものである。負荷荷重を200kgfにしたのは、100kgfの予備実験で摩耗量がほとんどなかったためである。10 × 10⁴回でN₂ 20%試験片の摩耗量が増えているのは、写真3に示すように試験片エッジの窒

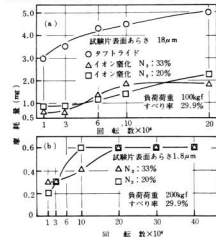


図6 イオン窒化試験片とタフトライド試験片の回転数に対する摩耗量

3.4 疲労強度

図7は時効試験片とイオン窒化試験片の回転曲げ疲労強度を示す。時効試験片はArガス50%, H₂ガス50%ふん囲気において550°C × 5hで処理し、イオン窒化試験片はN₂ 88%, N₂ 20%, 550°C × 10hで処

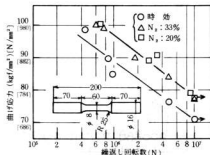


図7 時効試験片とイオン窒化試験片の回転曲げ疲労強度

理した。イオン窒化時間を長くしたのは機械部品の最
適窒化層深さを参考にした。³⁾ 図7より疲労限は明瞭

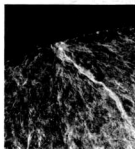


写真4 時効試験片の破面
(89.0Kgf/cm², 8.43×10¹⁰回)

に認められないので、10⁷回の時間強度を疲労限とした。N₂ガス比率による疲労強度の差はないが、イオン窒化をすることにより疲労限は約8倍向上する。写真4は表面を

起点として破壊した時効試験片の疲労破面を示す。イオン窒化試験片の疲労破面はすべてに窒化層と心部の境界付近を起点として生成したフィッシュ・アイが認められる。写真5aはイオン窒化試験片のフィッシュ・アイを示す。フィッシュ・アイの

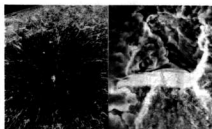


写真5 イオン窒化試験片(N₂ 20%)の破面
中心部付近には写真5bに示すように介在物あるいは炭化物が存在しており、これが破壊の起点になったものと考えられる。しかし、同じフィッシュ・アイでも写真6a・bに示すものには、破壊の起点に明瞭な介在物あるいは炭化物の存在は認められない。表面硬化した疲労破面のフィッシュ・アイの起点には介在物がほとんど必ず存在するという報告⁴⁾と介在物や炭化物の存在は認められないという報告⁵⁾がある。フィッシュ・アイの位置は窒化層深さまでの位置とはほぼ一致する。時効試験片及びイオン窒化試験片とも疲労破面特有の

に認められないので、10⁷回の時間強度を疲労限とした。N₂ガス比率による疲労強度の差はないが、イオン窒化をすることにより疲労限は約8倍向上する。写真4は表面を起点として破壊した時効試験片の疲労破面を示す。イオン窒化試験片の疲労破面はすべてに窒化層と心部の境界付近を起点として生成したフィッシュ・アイが認められる。写真5aはイオン窒化試験片のフィッシュ・アイを示す。フィッシュ・アイの中心部付近には写真5bに示すように介在物あるいは炭化物が存在しており、これが破壊の起点になったものと考えられる。しかし、同じフィッシュ・アイでも写真6a・bに示すものには、破壊の起点に明瞭な介在物あるいは炭化物の存在は認められない。表面硬化した疲労破面のフィッシュ・アイの起点には介在物がほとんど必ず存在するという報告⁴⁾と介在物や炭化物の存在は認められないという報告⁵⁾がある。フィッシュ・アイの位置は窒化層深さまでの位置とはほぼ一致する。時効試験片及びイオン窒化試験片とも疲労破面特有の

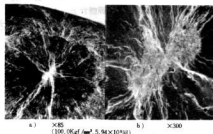


写真6 イオン窒化試験片(N₂ 30%)の破面
ストライエーションは認められなかった。

4. 結 言

析出硬化型窒化鋼(NT200)をイオン窒化し、得られた結果は次のように要約できる。

- 1) 溶体化処理材を時効させた場合、安定した硬さは550℃で得られる。
- 2) 化合物層厚さ及び窒化層深さはイオン窒化温度、時間とともに増加するが、N₂ガス比率による差はほとんどない。最高窒化硬さは550℃で得られる。
- 3) イオン窒化試験片の耐摩耗性はタフトライドよりもすぐれている。またイオン窒化試験片の耐摩耗性は表面あらさに比例して悪くなる。
- 4) イオン窒化試験片の疲労限は時効試験片(71kgf/cm², [696N/mm²])より約8倍向上する。イオン窒化試験片の疲労破面にはフィッシュ・アイが生成され、フィッシュ・アイの破壊起点付近には介在物あるいは炭化物の存在が認められる場合と、明瞭に認められない場合がある。

終りにX線回折装置の使用にご協力をいただいた中国工業技術試験所の横川清志技官、タフトライド処理をしていただいた株式会社日本パーカーライジング広島工場、また実験試料をいただいた三菱製鋼株式会社に厚くお礼申し上げます。

5. 文 献

- 1) 曾根, 山中, 日本金属学会誌, 40(1976)908
- 2) 高瀬, 中村, 熱処理, 18(1978)249
- 3) 山中, イオン窒化法, (1976), 日刊工業新聞社
- 4) 齋多, 清重, 鉄と鋼, 59(1973)12, 66
- 5) 古川, 小沼, 鉄と鋼, 66(1980)3, 104

硼化処理に関する研究(第2報)

固体ボロナイジングにおける硼化層組織について

土 取 功 , 新 田 明
加 城 正 義

1. 緒 言

ボロナイジング処理は低炭素鋼から高炭素、高合金鋼まで、さらに一部の非鉄にも適用が可能であり、表面に非常に硬い化合物層を生成することから注目され、その硼化層は耐摩耗材料として期待されている。

処理法として気相、塩浴、固体法があるが、固体ボロナイジング剤を使用する研究は非常に少なく、前報告¹⁾において化合物層厚さと処理条件等、また二・三の応用を試みた。ボロナイジング処理によって得られる硼化層は窒化におけるFe-Nのそれほど複雑な様相は呈さないが、不明な点も多く、前回の実験試料をもとにして、硼化層組織の検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

供試材は前報実験において処理したものを使用した(素材試料: S10C, S35C, S55C, SK5, SK3, SCM3, SMC5, SKS8, SKS8, SKD11, S-KD61, SUS304, 処理温度: 700, 750, 800, 900, 1000℃, 処理時間: 30, 60, 120, 240分)これらについて硬さ測定、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡で観察し、X線マイクロアナライザー(EPM A)による線、面分析そして一部X線回折、オージェ電子分光分析(AES)を行った。

3. 実験結果および考察

ボロナイジング処理条件と化合物層厚さについては前報で報告¹⁾したが、写真1に代表例としてS35C, SK3の硼化層組織を示す。処理温度が高くなると一般に再分布層と呼ばれる粗大なパーライト組織が現われており、これが硼化層の特徴であるとされている。²⁾S K 3では球状炭化物はくずれ、粗大なパーライトとなる。このように処理温度は必ずみだけでなく、結晶粒の大きさ、炭化物形状などに影響を与え、後の熱処理にも影響を及ぼす。900℃以上では化合物層内部

に異物の包含あるいは気孔のようなものが多く認められる。これは処理剤中に含まれる活性剤の影響との見解³⁾もあるが、藤井らの気相法での実験報告⁴⁾にも認められており、現在のところ不明である。しかし化合物層性質に与える影響は大きいと考えられるので、この気孔をなくすことは、今後の処理法上の重要な課題であろう。

写真2はS35Cの硼化層組織で、(a)は化合物層下に再分布層があり、(b)の処理条件では化合物層が(a)とほぼ同じ厚さにもかかわらず、再分布層は現われていない。再分布層が形成されるのは化合物層が炭素を内部へ押し込めて生じるものと考えられている。²⁾写真2(a),(b)の化合物層下付近を切り出して化学分析した結果(a)で0.48% C, (b)で0.39% C, 心部の

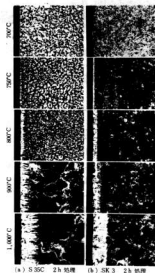
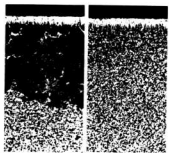


写真 2 硼化層組織



(a) 900°C, 30min 処理 (b) 800°C, 240min 処理

写真2 S35Cの硬化層組織

母材部分が0.85% Cであった。したがって、化合物層厚さがほぼ同じにもかかわらず、このような組織上の違いがあることは、炭素の内部への押し込みはあるものの、そのことだけで再分布層の共析近くに見えるパーライトが形成されるとは考えにくい。またS15C、950°C処理においては、このような再分布層は現われず結晶粒の粗大化が起るだけとの報告もある。⁵⁾ 本実験では写真3のようにS10C、900°C処理において、



写真3 S10C(900°C, 2h)の硬化層組織

グィチラの実験結果の一部や写真1, 2, 3の結果から、再分布層の形成は化合物層の炭素の内部への押し込みとともに、その中のB(硼素)の存在により、Fe-C系の共析点が高温低炭素側へ移行し、両元素により結晶粒が成長して生じたものと考えられる。

写真4はSK3、SKD61の硬化層のEPMAによる分析結果である。SK3は線分析結果から化合物層内のBの濃度変化も少く、また図1のX線回折結果から

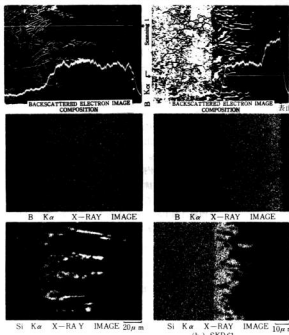


写真4 SK3, SKD61の硬化層の線分析, 面分析

共析近くに見える再分布層は現れないが、化合物層下に心部の母材組織とは異なるやや粗大化した組織が生じ、これは低炭素鋼に現われる再分布層と考えられる。このように本実験では再分布層が生じるのはその処理温度が γ 域で、写真2(b)のように再分布層が生じないのは $\alpha + \gamma$ 域以下で処理された場合であった。再分布層の形式機構については一・二の推測ないしは見解⁶⁾がある。しかし金子⁷⁾らはFe-B-C系について研究を行っており、その状態図と浅見, リッホ

ヴィチラの実験結果の一部や写真1, 2, 3の結果から、再分布層の形成は化合物層の炭素の内部への押し込みとともに、その中のB(硼素)の存在により、Fe-C系の共析点が高温低炭素側へ移行し、両元素により結晶粒が成長して生じたものと考えられる。

写真4はSK3、SKD61の硬化層のEPMAによる分析結果である。SK3は線分析結果から化合物層内のBの濃度変化も少く、また図1のX線回折結果からFe₂B単相である。しかしFe₂B相の直下に炭ほう化物と思われる相が析出しており、BK α 線像でもFe₂Bのくし歯状を明確にし、この析出物がFeB、Fe₂Bでないことは明らかであるが炭ほう化物かどうかは確認されない。SiK α 線像ではくし歯状の間にSiリッチ部分があり、このことは他の鋼(低Si鋼)でも観察された。

SKD61ではBK α 線分析で濃度は2段に変化し、表面からFeB、Fe₂Bとなっていることが明らかである。化合物層がFeB、Fe₂Bの2相になると、荷重を受けた場合、その境界から割れが生じやすいことはよく知られている。⁸⁾ またSKD61の反射電子組成像をみると硬化層(Fe₂B)直下に粒界に沿った炭化物あるいは炭ほう化物と思われる析出物がみられる。

SKD61は他の鋼(低Si鋼)に比べSi含有量が高く、SiK α 線像にみられるようにSiリッチな層がある程

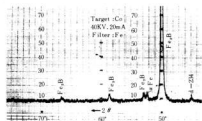


図1 酸化層表面(S35C, 900°C, 30min)のX線回折

度の厚みをもって出ており、焼入れした場合フェライトを生じやすく、軟点となるため有害視されている。⁴⁾このようにSiは化合物層によって内部へ押し込められている。

写真5はSKD11の酸化層でCr K α の線像から化合物層内部にCrの高濃度な部分が点在しており、周辺の炭化物の分布状態、形状のまま撮

写真5 SKD11(1000°C, 120min)の面分析

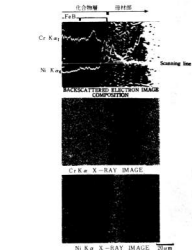


写真6 SUS304(1000°C, 120min)の酸化層線、面分析

きこまれたように観察される。しかしこれが炭化物かどうかは確認できなかった。

写真6はSUS304の酸化層組織および特性X線像で、Cr K α 線像をみると化合物層にはCrが含まれており、化合物層下にはCr濃度の低い部分が存在することがわかる。Ni K α 線像では化合物層直下にNi濃度の高い部分があり、化合物層に押し込められていることがわかる。

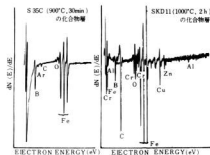


図2 S35CとSKD11の化合物層のAES分析結果

図2は化合物層のオージェ電子分光分析結果である。S35CではFe、Bの他にCも検出されている。なお、Arは分析器内の残留ガス、スパッタ時に使用するArガスが検出されたものと思われる。SKD11ではS35Cと同様にFe、B、Cが検出され、さらにAl、Zn、Cuも検出されている。

SKD11の場合、処理温度が高く、小松⁵⁾らの報告からも化合物層に入る可能性があるがZn、Cuについてはどうして検出されたのかわからない。今後、検討する必要がある。

Cが化合物層内から検出されたことについては、Cは化合物層から排斥されるが、その一部は化合物層内に残留していることを示すものである。このように化合物層は鋼中の合金元素をすべて内部へ押し込めるのではないことがわかる。特にCrが化合物層内に含まれていることは浅見らの実験結果⁶⁾とも共通点がみられるようである。

化合物層の硬さはFe₂BよりもFeBの方がHv100~200程度硬く、また同じFeB、Fe₂Bでも母材が合金鋼であればより硬いということとはよく知られている。合金元素の化合物層硬さに与える影響については前述のEPMA、AESの結果からもCrの影響が考えられる。図3は鋼中のCr濃度と化合物層硬さの関係をみても

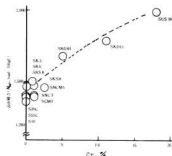


図3 表面硬さと鋼中のCr濃度との関係

ので、硬さはCr濃度によく対比している。他の合金元素の影響も十分考えられるが、Cr濃度の影響は大きいといえる。

写真7はSKS8の硬化層で、くし歯状の下に炭ほう化物と思われる相が析出しており、その硬さはHmV-980～1030を示している。

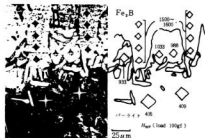


写真7 SKS8(1000°C, 4h)の硬化層と硬さ
(腐食液:ピクリン酸ソーダ液)

4. 結 言

各鋼種にボロナイジング処理を行いその硬化層組織について検討した結果はつぎのようになる。

- (1) 再分布層形成は化合物層によりCが内部へ押しこめられるとともに、Bの存在によりFe-C系の共析点が高温低炭素側へ移行して生じるものと考えられる。
- (2) 鋼中の合金元素のうちC、Si、Niは化合物層によって内部へ押し込まれる傾向にあり、CrとCの一部は化合物層中に残存することがわかった。
- (3) 化合物層硬さはその鋼中に含まれる合金元素によって異なり、Cr濃度との間に相関が認められる。
- (4) SKS8のFe₂B直下に現われる炭硼化合物と思われる相の硬さはHmV980～1030を示す。

おわりにEPMAの使用に当たり、ご協力ご指導頂いた日本電子機、中国工業技術試験所の横川清志技官、AESでは日電バリエント機に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 土取, 他: 本報告 20(1978) 33
- 2) たとえば河上 護: 熱処理, 11(1971) 34
- 3) エリ・エス・リャホヴィチ: 鋼の表面ほう化処理(1967)
- 4) 片桐, 他: 日本金属学会誌 32(1968) 1025
- 5) 小林, 他: 日本熱処理技術協会第5回学術講演予稿集
- 6) 浅見, 他: 日本金属学会春季大会講演概要(1978)
- 7) 金子, 他: 日本金属学会誌 30(1966) 266
- 8) アルフレッド グラフ フォン マツシカ: BORIEREN(1975) 41
- 9) 小松, 他: 日本金属学会誌 38(1974) 382

鍛造条件と機械的性質の関係について

鈴木 寛，南 良 良 治
野 地 英 治，兼 広 二 郎

1. 結 言

金属材料の機械的性質は化学成分、熱処理および塑性加工などに影響される。また、結晶粒の大きさが直接靱性に関係することから、微細結晶粒化させるために焼ならしや調質を行なうことが実用上しばしば見られる。

塑性加工による機械的性質への影響については冷間加工と熱間加工とでは影響力が違ってくる。冷間加工の場合は、一般的に加工硬化による強度の上昇と靱性の低下が考えられるが、熱間加工の場合は加工温度、加工度および冷却過程によって機械的性質は違ってくる場合がある。

熱間加工の中でも最も高温加工の鍛造は、とくに鍛造温度と鍛造比によって機械的性質は影響されるものと考えられる。そこで本研究は、各工場で使用頻度が高い材料について、鍛造条件と機械的性質の関係を求めることにした。

2. 実 験 方 法

2.1 試 料

実験に用いた試料は、軟鋼、炭素鋼、低合金鋼およびステンレス鋼の5種類である。これらの試料の化学成分を表1に示す。

表1 試料の化学成分(%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
A. S841	0.16	0.15	0.38	0.022	0.015	-	-	-
B. S25C	0.23	0.32	0.52	0.020	0.009	-	-	-
C. S45C	0.45	0.28	0.68	0.024	0.012	-	-	-
D. SCM435 (SCM3)	0.37	0.23	0.73	0.026	0.015	-	1.08	0.29
E. SUS304	0.087	0.58	1.19	0.028	0.012	8.54	18.79	-

2.2 鍛 造

鍛造方法はボードハンマによって自由鍛造させるが、鍛造比4の場合は一回で直径を20mmまで加工できな

いため、加工治具を28mmと20mmの2種類用意し、まず直径28mmまで加工して、つぎに直径20mmの治具を使用して成形した。ステンレス鋼の場合鍛造温度1100℃では鍛造が困難なため鍛造温度は1800℃のみとした。図1に鍛造比と試料の形状について示す。

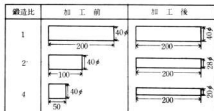


図1 鍛造比と試料の形状

2.3 熱 処 理

熱処理は鍛造後、一部焼ならしを行い、焼ならし温度はSS41, S25Cは930℃, S45C, SCM435は850℃, SUS304は溶体化温度1050℃とした。焼入は、S45C, SCM435は850℃で水と油で焼入し、焼もどしは550℃とした。図2に熱サイクル図を示す。

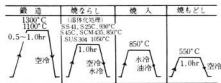


図2 試料の熱サイクル図

3. 結 果 と 考 察

表2と表3にSS41とS25Cとの鍛造条件と機械的性質の関係を示す。この表からSS41は鍛造比および鍛造温度が高くなっても降伏点(σ_s)と引張強さ(σ_b)の変化は見られないが、S25Cは鍛造比と鍛造温度が

表2 SS41の鍛造条件と機械的性質

No.	鍛造・熱処理条件					機械的性質						結晶粒 度番号	組 織		
	鍛造比	鍛造温度 (°C)	焼ならし 温度(°C)	焼入温度 (°C)	焼もどし 温度(°C)	σ _B (kgf/cm ²)	σ _B (kgf/cm ²)	δ (%)	φ (%)	H _B	衝撃値(I)(kgf-m/cm ²)				
											-40°C			0°C	20°C
A ₀ (素 材)	-	-	-	-	-	34	46	36	63	129	0.8	6.0	7.5	6	フェライト +パーライト
A ₁	1	1100	-	-	-	29	48	35	62	146	0.4	2.1	2.6	5	*
A ₁₁	1	1100	930	-	-	29	47	39	63	144	0.6	2.5	11.3	6	*
A ₁₂	1	1300	-	-	-	28	48	36	62	150	0.3	1.8	1.9	4	*
A ₁₃	1	1300	930	-	-	30	47	40	65	146	0.9	12.1	14.3	7	*
A ₂	2	1100	-	-	-	31	46	40	64	135	0.6	2.6	3.0	6	*
A ₂₂	2	1100	930	-	-	31	47	37	65	134	1.3	11.1	14.6	7	*
A ₂₃	2	1300	-	-	-	32	46	38	66	134	0.5	4.4	3.1	6	*
A ₂₄	2	1300	930	-	-	32	47	41	66	137	1.1	12.1	14.1	7	*
A ₃	4	1100	-	-	-	32	47	39	65	134	1.0	7.9	10.0	7	*
A ₃₁	4	1100	930	-	-	31	46	38	66	131	1.1	10.0	13.8	7	*
A ₃₂	4	1300	-	-	-	33	47	40	64	134	0.9	8.1	12.8	7	*
A ₃₃	4	1300	930	-	-	32	46	40	67	132	1.2	15.5	20.9	7	*

表3 S25Cの鍛造条件と機械的性質

No.	鍛造・熱処理条件					機械的性質						結晶粒 度番号	組 織		
	鍛造比	鍛造温度 (°C)	焼ならし 温度(°C)	焼入温度 (°C)	焼もどし 温度(°C)	σ _B (kgf/cm ²)	σ _B (kgf/cm ²)	δ (%)	φ (%)	H _B	衝撃値(I)(kgf-m/cm ²)				
											-40°C			0°C	20°C
B ₀ (素 材)	-	-	-	-	-	35	53	35	60	144	1.3	8.9	14.1	6	フェライト +パーライト
B ₁	1	1100	-	-	-	29	52	37	65	145	1.9	7.5	11.8	5	*
B ₁₁	1	1100	930	-	-	36	55	38	62	155	3.8	11.5	15.4	7	*
B ₁₂	1	1300	-	-	-	30	54	32	56	150	0.9	3.8	5.4	2	*
B ₁₃	1	1300	930	-	-	36	55	35	63	151	1.8	11.9	12.1	7	*
B ₂	2	1100	-	-	-	31	52	35	63	149	1.9	5.6	7.5	6	*
B ₂₁	2	1100	930	-	-	36	51	35	63	144	4.6	12.5	17.9	7	*
B ₂₂	2	1300	-	-	-	32	53	34	61	154	0.8	6.5	11.0	6	*
B ₂₃	2	1300	930	-	-	35	50	38	66	149	2.6	10.8	15.5	8	*
B ₃	4	1100	-	-	-	36	54	35	63	150	3.6	8.5	15.1	7	*
B ₃₁	4	1100	930	-	-	36	53	36	62	143	3.9	12.9	18.0	8	*
B ₃₂	4	1300	-	-	-	34	54	32	61	154	2.4	11.8	13.0	7	*
B ₃₃	4	1300	930	-	-	35	51	36	67	143	5.6	16.5	19.1	8	*

高くなるにたがってσ_Bとσ_Bが高くなる傾向にある。伸び(δ)と絞り(φ)は鍛造条件が変化した場合でも大差ないことを示している。しかし、鍛造しない鍛造比1の場合は、焼ならしによって、φとも大きくなり靱性が増したことを示している。かたき(H_B)は、SS41の場合、加工度が大きくなるに従って低下しており、S25Cの場合は、加工度に影響されず、焼ならしにより軟化する傾向にある。靱性を評価する場合に、一般的に用いている衝撃値(I)はSS41の場合は鍛造比が大きくなるに従って高くなっているが、鍛造温度の影響は見られない。S25Cは、鍛造温度からもIは影響を受け、1100℃鍛造が1300℃鍛造よりも高い傾向にある。鍛造後焼ならしを行うことにより、SS41、S25CともIが大きくなり靱性が増している。

結晶粒は鍛造比を高くし、焼ならしを行うことにより、微細化している。組織は鍛造条件に関係なく、フェライトとパーライトの混合組織で、鍛造しない鍛造比1の場合は組織が荒れているが、鍛造すれば素材組織のようになっている。

表4と表5は、S45CとSCM435の機械的性質について示す。S45Cは鍛造後焼ならしおよび焼入、焼もどしたのものについての機械的性質を示し、SCM435は鍛造後焼入・焼もどした機械的性質を示す。S45Cの鍛造のままおよび焼ならしを行った機械的性質はSS41、S25Cと同様な傾向を示しているが、炭素量が高いためσ_B、σ_Bは高く、δ、φは低い値を示している。また衝撃値(I)は炭素量の関係から低い値を示し、-40℃では0.3~0.5となり非常に脆い材

表4 S45Cの鍛造条件と機械的性質

No	鍛造・熱処理条件					機械的性質							結晶粒 度番号	組 織	
	鍛造比	鍛造温度 (°C)	焼ならし 温度(°C)	焼入温度 (°C)	焼もどし 温度(°C)	σ _B (kgf/cm ²)	σ _B (kgf/cm ²)	δ (%)	ψ (%)	H _B	衝撃値(J)(kgf・m/cm ²)				
											-40°C	0°C			20°C
Co (素材)	-	-	-	-	-	43	75	24	38	225	0.3	0.4	1.1	6	フェライト ・パーライト
C1	1	1100	-	-	-	44	89	29	40	231	0.4	0.8	1.0	2	フェライト ・パーライト
C11	1	1100	870	-	-	43	72	25	44	199	0.4	1.9	2.0	5	*
C12	1	1100	-	850焼入	550	60	84	26	59	204	1.0	3.5	4.0	-	フェライト
C13	1	1100	-	850焼入	550	89	96	21	56	284	4.3	9.5	10.0	-	*
C14	1	1300	-	-	-	41	80	20	34	231	0.3	0.4	0.5	1	フェライト ・パーライト
C15	1	1300	870	-	-	48	77	23	46	222	0.5	0.8	1.4	6	*
C16*	1	1300	-	850焼入	550	65	84	22	50	255	0.5	1.3	1.8	-	フェライト
C17	1	1300	-	850焼入	550	71	80	25	48	241	4.8	10.6	12.1	-	*
C2	2	1100	-	-	-	44	78	24	44	220	0.3	0.4	0.8	4	フェライト ・パーライト
C21	2	1100	870	-	-	44	74	28	40	207	0.6	1.6	1.8	6	*
C22	2	1100	-	850焼入	550	60	84	22	56	236	0.8	1.8	2.4	-	フェライト
C23	2	1100	-	850焼入	550	77	88	23	56	261	4.0	9.1	10.2	-	*
C24	2	1300	-	-	-	42	73	21	40	218	0.3	0.8	0.5	4	フェライト ・パーライト
C25	2	1300	870	-	-	48	75	28	50	209	0.4	1.1	1.9	6	*
C26	2	1300	-	850焼入	550	63	88	23	55	247	0.4	1.0	2.3	-	フェライト
C27	2	1300	-	850焼入	550	83	96	23	59	284	3.8	9.4	11.4	-	*
C3	4	1100	-	-	-	45	78	24	43	208	0.3	0.5	1.0	6	フェライト ・パーライト
C31	4	1100	870	-	-	46	74	26	48	206	0.3	1.0	1.9	7	*
C32	4	1100	-	850焼入	550	57	84	24	37	241	0.5	1.0	1.9	-	フェライト
C33	4	1100	-	850焼入	550	84	92	22	50	281	5.9	7.9	11.1	-	*
C34	4	1300	-	-	-	41	74	24	42	213	0.3	0.3	0.5	5	フェライト ・パーライト
C35	4	1300	870	-	-	45	74	27	48	211	0.6	1.1	1.0	7	*
C36	4	1300	-	850焼入	550	59	87	23	36	245	0.5	1.1	1.5	-	フェライト
C37	4	1300	-	850焼入	550	78	89	23	59	261	3.9	7.3	12.1	-	*

表5 SCM435の鍛造条件と機械的性質

No	鍛造・熱処理条件					機械的性質							結晶粒 度番号	組 織	
	鍛造比	鍛造温度 (°C)	焼ならし 温度(°C)	焼入温度 (°C)	焼もどし 温度(°C)	σ _B (kgf/cm ²)	σ _B (kgf/cm ²)	δ (%)	ψ (%)	H _B	衝撃値(J)(kgf・m/cm ²)				
											-40°C	0°C			20°C
D0 (素材)	-	-	-	-	-	75	89	20	43	281	0.6	1.1	1.2	6	フェライト ・パーライト
D1	1	1100	-	850焼入	550	78	92	23	69	278	4.4	17.4	16.8	-	フェライト
D11	1	1100	870	*	*	77	88	24	64	261	3.3	13.9	23.4	-	*
D12	1	1300	-	*	*	81	95	22	64	277	4.3	11.0	12.5	-	*
D13	1	1300	870	*	*	70	86	24	47	251	8.0	13.9	17.4	-	*
D2	2	1100	-	*	*	91	102	20	65	298	6.3	18.0	22.4	-	*
D21	2	1100	870	*	*	84	94	23	68	266	17.1	21.9	23.6	-	*
D22	2	1300	-	*	*	91	102	21	64	294	6.4	12.4	13.9	-	*
D23	2	1300	870	*	*	75	90	24	45	268	11.3	20.5	20.1	-	*
D3	4	1100	-	*	*	89	100	22	65	298	5.6	16.9	17.3	-	*
D31	4	1100	870	*	*	79	92	24	68	281	7.4	20.1	20.3	-	*
D32	4	1300	-	*	*	94	96	23	66	286	6.5	16.3	15.8	-	*
D33	4	1300	870	*	*	79	91	26	68	271	8.5	17.1	14.1	-	*

料となっている。また結晶粒の粗大化がいちじるしく、1100°Cで粒度番号2、1300°Cで粒度番号1まで成長する。また粒度番号1まで粗大化したものを焼ならしを行うと粒度番号が6まで上がり、微細化されることがわかる。また鍛造を行うことにより粒度番号が4～

7となり、結晶粒が微細化される。S45C、SCM435とも焼入・焼もどしを行うことにより機械的性質はいちじるしく向上している。σ_BはS45Cの場合60以上で、SCM435は70以上を示しており、σ_BはS45Cの場合70以上、SCM435は85以上となっている。

表6 SUS304の鍛造条件と機械的性質

No	鍛造・熱処理条件					機械的性質										結晶粒 度番号	備 考
	鍛造比	鍛造温度 (°C)	焼ならし 温度(°C)	焼入温度 (°C)	焼もどし 温度(°C)	σ _B (kgf/mm ²)	σ _B (kgf/mm ²)	δ (%)	φ (%)	II ₀	衝撃値(J)(kgf・m/cm ²)						
En (素材)	—	—	—	—	—	24	71	42	72	211	40°C	0°C	20°C	6	チーコナイト		
E ₀	1	1100	—	—	—	25	66	71	73	195	31.9	37.5	37.5	3	*		
E ₁₁	1	1100	1050	—	—	27	66	68	76	167	30.9	37.5	37.5	3	*		
E ₁₂	1	1300	—	—	—	25	63	72	75	166	35.5	37.5	37.5	2	*		
E ₁₃	1	1300	1050	—	—	27	64	69	74	162	30.0	37.5	37.5	2	*		
E ₂	2	1300	—	—	—	42	72	57	66	200	16.6	31.1	28.9	4	*		
E ₂₃	2	1300	1050	—	—	28	66	58	78	173	27.4	31.9	35.0	4	*		
E ₃	4	1300	—	—	—	45	75	56	67	237	20.1	33.8	30.9	5	*		
E ₃₃	4	1300	1050	—	—	30	66	68	76	210	26.8	34.1	33.9	5	*		

S45Cの場合、鍛造条件の違いが機械的性質に与える影響は表が示すとおり大きくない。しかし焼入方法を水焼入にした場合と油焼入した場合とでは機械的性質に大きな違いがあり、強度的に同じであっても、水焼入した場合が靱性にすぐれている。たとえば-40°CのIの値が油焼入の場合0.4前後なのに、水焼入の場合は4.0～5.0と10倍程度高くなっている。工場でS45Cを焼入する場合、ひずみの発生から油焼入をする場合が多いが、このデータから判断すれば靱性については十分検討して熱処理することが大切である。SCM485はS45Cと違い焼入性がよいため水焼入をする必要はない。SCM485はσ_B・σ_Bとも鍛造条件にあまり影響されていないが、鍛造後焼ならし加工して焼入・焼もどした場合は衝撃値(I)が向上している。このことから調質する場合でも焼ならしを行なった方が材料がより靱性に富むことがわかる。またIは、素材の場合、1.0前後であるのにもかかわらず、調質すれば-40°Cでも4.0～18.5となり、調質すればいかに靱性が大きくなるかがわかる。

表6はステンレス鋼の鍛造条件と機械的性質の関係を示す。ステンレス鋼は高温の変形抵抗が大きいため鍛造温度1100°Cでは鍛造は不可であったが、鍛造比によって機械的性質は大きく影響を受けている。鍛造

比が大きくなるにしたがってσ_Bとσ_Bは大きくなるが、鍛造後溶体化処理を行うことにより、σ_B・σ_Bとも低下し、逆にちとφとが大きくなっている。このことはオーステナイト組織は加工硬化が大きく、鍛造により加工硬化が大きく影響したことを示している。また、鍛造により結晶粒は微細化されているのにもかかわらず靱性は逆に低下していることが大きな特徴である。

4. 結 言

この研究は、鍛造条件と機械的性質の関係を知らるため実用上使用頻度の高い材料について、いくつかのデータを表にまとめた。その結果は次の通りである。

- 1) 調質を行わないSS41、S25Cの鍛造条件と機械的性質の関係はSS41は鍛造の影響は小さいが、S25Cは鍛造することにより衝撃値が高くなり、靱性が増している。
- 2) 調質を行うS45C、SCM485とも鍛造条件による機械的性質の違いは大きくないが、焼入方法や、焼ならしによって機械的性質が影響される。
- 3) ステンレス鋼は鍛造による加工硬化がいちじるしく降伏点・引張強さともに高くなるが、靱性は逆に低下し、鍛造後溶体化処理を行えば強度は低下し靱性が向上する。

自硬性鋳型に関する研究(第14報)

新粘結剤の鋳型への適用について

世良時夫，原信彦
京極秀樹，橋本幸則

○社製の超早強ポルトランドセメント(以下セメントという)を使用した。

1. 緒言

数年来、鋳造工場から出る廃砂の処理対策の一つとして有機自硬性鋳型の採用がふえている。これは再生利用が容易なためである。無機自硬性鋳型砂の再生は難しく、鋳型性質上からも再生砂を多量に使用することは好ましくない。¹⁾有機系の樹脂、硬化剤は高価であり添加量や後処理コストの低減、生産性の向上等により、総合的なコスト低減をはかる必要がある。また混練時、鋳込み後の臭気は作業環境の点で問題となるおそれがある。

本実験で使用したF社製の粘結剤は有機と無機の材料を併用したもので、それぞれの長所をいかに引出しているかに興味もたれるが、その性質について新砂での報告はあるが²⁾再生砂に対する報告は見あたらない。

筆者らは、新砂、再生砂配合の鋳型性質、鋳型内から発生するガス、鋳込み試験等について検討したので報告する。

2. 試料と実験方法

2.1 試料

けい砂(以下新砂という)は島根県産を使用した。又再生砂は、新砂100部に粘結剤8.5部、硬化剤4部を加えて、混練後、φ100×150の試験片を造型、24時間以上放置後、PC浴温を鋳込み、粉砕、分級(10メッシュ以上、150メッシュ以下カット)再生した。これを2回くり返して再生砂とした。粒度分布、L01値、pHは表1に示すとおりである。

粘結剤の性質は表2に示すとおりである。硬化剤は

表2 粘結剤の性質

外観	淡黄色の澄明な水溶液	
pH	2.9	
不揮発分	55%	
比重	1.28	
粘度	8℃	56.8 cp
	20℃	29.2 cp
	30℃	17.1 cp
臭気	なし	

2.2 実験方法

混練は万能混合攪拌機(自転90rpm)を使用し新砂及び再生砂に粘結剤を加えて40秒間、さらにセメントを加えて30秒間混練して供試砂とした。

供試砂は直ちにφ51×50の塩ビパイプに手で押しつめ、上部を平板でかき取り試験片を作製し、次に示す試験を行なった。

2.2.1 圧縮強さ 室温に放置し、所定時間経過後の圧縮強さを測定した。

2.2.2 表面安定度(以下SS1という) 24時間放置後の試験片をロータップ型ふるい機を使用し、10メッシュふるい上で2分間振とうし、前後の重量比をパーセントで示した。

2.2.3 残留水分 室温における試験片を所定時間経過ごとに秤量し、最後に乾燥し、減量を測定して水分量を計算した。

2.2.4 可使時間 混練後、各時間ごとに試験片を作製し、24時間後の圧縮強さが混練直後に作製した試験片の値の80%に低下するまでの時間で表わした。

表1 けい砂の粒度分布とL01, pH

試料	メッシュ	20	28	35	48	65	100	150	200	270	pan	粘土分	FN	L01値	pH
新砂		0.6	8.2	27.6	38.2	20.2	4.2	0.4	tr	tr	tr	0.4	63.6	0.1	6.8
再生砂		0.8	10.2	31.8	38.2	16.6	1.6	0.1	tr	tr	0.2	-	60.3	2.5	11.9

2.2.5 加熱残留圧縮強さ 試験片を所定温度の加熱炉に30～60分保持後、冷却し圧縮強さを測定した。

2.2.6 鑄型内から発生するガス分析 鋳肌から約5～6mmのところ、ガラス漏斗を逆さに埋込み、鋳込み後、時間経過ごとにガス採取器にとり、燃料ガスのガスクロマトグラフ分析法で行なった。

2.2.7 鑄込み試験 前報のI形³⁾に近似した試験片にFC溶湯を鑄込みその結果を調べた。

3. 実験結果と考察

3.1 粘結剤、セメント、水分添加量が圧縮強さ及びSSIに及ぼす影響

結果は図1に示すとおりである。新砂への粘結剤及

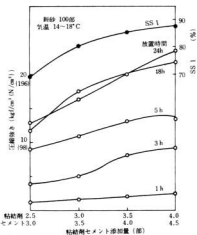


図1 粘結剤、セメント添加量と圧縮強さ及びSSIとの関係

びセメント添加量が多くなると圧縮強さは高くなる。24時間以上の放置ではほぼ一定となり、SSIも圧縮強さと同じように、粘結剤の添加量が大きく影響する。この結果、粘結剤は3.5～4.0部は必要と思われる。

次に再生砂90部、新砂10部に対して粘結剤の添加量を変えて圧縮強さを試験した結果、図1に示す圧縮強さよりかなり低かった。これは鑄型として不十分であるため、その対策の一つとして、再生砂への水分添加を試みた。粘結剤3部、セメント3.5部は一定にして水分を0～2部まで変えて添加した実験結果は図2に示すとおりである。水分の添加により、硬化速度

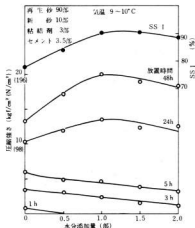


図2 再生砂への水分添加量と圧縮強さ及びSSIとの関係

が遅れ、初期の圧縮強さは低い。24、48時間と漸次圧縮強さは増加しているが、水分添加1部にそのピークが現われている。SSIも圧縮強さと同じ傾向を示すことから再生砂配合では0.5～1部の水分添加が必要である。

さらに硬化剤であるセメント添加量を変えて実験をした結果、セメント量が多くなると圧縮強さは高くなる傾向はあるが大差なかった。

3.2 放置時間と残留水分の関係

放置時間と残留水分の関係は図3に示すとおりである。粘結剤の約45%は水分で各添加量により混練直後から水分は異なり、新砂配合では24時間以上で0.6～0.8%に低下し、ほとんど問題とならない。再生砂配合に水分を添加した場合は、混練直後の残留水分は多いが、経過時間と共に減少し、24時間以上では1～1.5%程度(水分添加0.5～1部)となり、それほど高いとは思われない。

3.3 新砂、再生砂配合の可使用時間

新砂及び再生砂に粘結剤、セメントを前表3.5部、4部、後表は3部、3.5部さらに水分0.5と1.5部添加して検討した。

室温15～16℃での可使用時間は、新砂では混練直後から急に硬化が進み約5分と短い。再生砂配合の水分0.5部添加で約7分、1.5部添加で25分であった。可使用時間は気温の影響が大きいことは言うまでもなく、

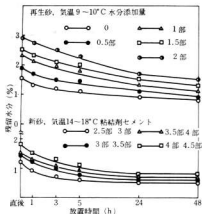


図3 放置時間と残留水分の関係

夏期は硬化の遅い樹脂、冬期は硬化促進剤の使用で調整出来ることを他の実験で確認している。

3.4 新砂、再生砂配合の加熱残留圧縮強さ

新砂及び再生砂配合の加熱残留圧縮強さを試験した結果、両者とも同じ傾向で常温から加熱温度600℃まで急激に低下し、それ以上の加熱温度ではほとんど強さはない。この試験は鋳込み後の型ばらしの目安となるが、有機自硬性鋳型と同様、回収、再生上優れた性質を示している。

3.5 鋳型内から発生するガス分析

表3に鋳型内から発生するガス分析結果を示す。フラン系鋳型からのガス分析データは省略したが、とくにSO₂ガスが発生し、球状化障害や作業環境上で問題となるが、本実験鋳型からは検出されなかった。ガス分析結果はScott⁴⁾の報告によるCO、H₂、CO₂が多く有機と無機の間mediateなガス発生量を示している。

表3 ガス分析結果(本実験鋳型)

採取時間 (min)	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	% CH ₄	% CO ₂
1	49	1.3	6.5	23.9	2.2	16.2
4	46	1.6	8.8	20.6	3.6	18.8
8	42	1.3	7.0	25.4	3.2	20.5
12	37	1.3	6.7	26.4	3.2	24.5
16	38	0.7	5.0	20.8	3.8	31.3

3.6 鋳込み試験

鋳込み試験片の外観検査では問題なかったが、中子の先端部に少し目ざしが生じていた。又、寸法について測定したが、試験片が小さくて精度の決定は難しいが、フラン系と同程度と判断してよいと思う。さらに現場実験で感じたことは、フラン砂と比較して流動性が劣ることである。

4. 結 言

新しい粘結剤を使用した鋳型の諸性質、ガス分析、鋳込み試験を行なった結果をまとめると次のとおりである。

- 1 新砂、再生砂配合とも粘結剤の添加必要量が予想より多い。例えば再生砂配合で粘結剤3部に水分0.5~1部程度加える必要がある。
 - 2 残留水分は放置時間と共に減少し、24時間以上過ぎると1~1.5%と、ほとんど問題とならない量となる。
 - 3 可使用時間は粘結剤の種類、硬化促進剤、水分などの使用で異なる。
 - 4 加熱残留圧縮強さは有機系と同程度で崩壊性は良好である。
 - 5 鋳型内から発生するガスは有機と無機の間mediateなガス発生量を示し、有害ガスの発生は少ない。
 - 6 鋳込み試験の結果は欠陥もなく、きれいであった。
- 以上、鋳型への適用について検討したが、鋳型用粘結剤としては、表面安定度を向上させ、セメントを他の安価な液状硬化剤に変更、さらに砂の流動性を改善する等が今後の研究開発として望まれる。
- 終りに、試料を提供いただいた藤沢薬品工業御梅本氏、又ガス分析に協力いただいた当場の調製員に謝意を表します。

文 献

- 1) 世良, 内藤, 原, 丸下: 本報告 No.13 (1971)93
- 2) 阿部, 田原, 刈米, 松村, 梶: 鋳物 51 (1979)194
- 3) 原, 世良, 小林, 渡部, 森田: 本報告 No.20 (1977)81
- 4) W. D. Scott, C. E. Bates: AFS Trans. 83(1975)519

球状黒鉛鑄鉄に関する研究 (第7報)

低合金球状黒鉛鑄鉄の機械的性質について

中村 和 清 , 小 林 賢 治
酒 井 隆 司

1. 結 言

球状黒鉛鑄鉄の引張強さ, 伸びはほぼ鑄鋼に匹敵する性質を持つまでに至っているが, 衝撃値については鑄鋼に及ばないのが現状である。

最近球状黒鉛鑄鉄の衝撃に関する数多くの研究が発表されており,^{1)~4)} 衝撃値を中心とした機械的性質の向上が図られている。筆者らは球状黒鉛鑄鉄の亜共晶成分と共晶成分の溶湯に Mn, Ni, Ni+Mo を加えることにより機械的性質の改善を試みたので, その結果を報告する。

2. 試料と実験方法

溶解材料は表1に示す化学成分のカナダ製鉄と純鉄を使用し, 添加元素は75% Fe-Mn, 99.97% Ni, 99.95% Moを用いた。

球状化剤はKC1号, 成分調整と接種には75% Fe-Siを使用した。

表1 鉄鉄と純鉄の化学成分

	C	Si	Mn	P	S
鉄 鉄	4.3	0.19	0.005	0.025	0.012
純 鉄	0.005	0.01	0.82	0.024	0.017

上記材料を用いて50kg高周波誘導炉で表2に示すような2種類の溶湯に, 目標Mn 0.1, 0.8, 0.5%, Ni 1, 2, 3%, Ni+Mo 1+0.5, 2+0.5, 3+0.5%をそれぞれ加え, 1500℃で出湯し, KC 1.4%で球状化処理を行ない, Fe-Si 0.8%の接種をしたのち, 砂型のYブロックに鑄込み試料を採取した。

なおNiとNi+Moを添加した試料のMn量は0.1%と一定にした。

上記の条件で作製した試料を950℃で8時間, 750℃で8時間保持後冷却し, フェライト化焼なましを行った。

表2 試料の化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Mg(残留)
亜共晶	2.95	2.09	0.06	0.025	0.013	0.04
共 晶	3.40	2.48	0.08	0.024	0.012	0.04

引張試験はYブロックより採取したJIS4号試験片を用い20℃で行なった。

衝撃試験はYブロックの最下部より採取した10×10×55mmで切欠なしの試片を用い, 20℃, 0℃, -30℃, -60℃の各温度で80kgf-mシャルピー衝撃試験機でJISに準じて行なった。なお, 球状化率は亜共晶, 共晶成分とも約85%であった。

3. 実験結果と考察

3.1 引張試験

引張強さ, 伸びと添加元素(Mn, Ni, Ni+Mo)の関係を図1に示す。

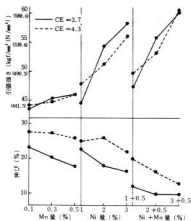


図1 引張強さ, 伸びと添加元素の関係

3.1.1 Mnの影響

引張強さはMnの増加とともに、幾分上昇する傾向はあるが、影響は小さいと言ってよい。

亜共晶成分と共晶成分との差は認められなかった。

伸びは両者ともMn 0.1%で最高の値を示し、Mnが増す程低下している。また亜共晶成分に比較し共晶成分の方が4~8%高い値となっている。

3.1.2 Niの影響

Niを添加することにより亜共晶成分、共晶成分とも強さは著しく上昇し、Ni 1%と3%では 10kgf/cm^2 程度の差が認められた。

伸びはいずれの成分もNiが増すと低下し、Mn添加の場合と同様に共晶成分のものが高い値を示した。

3.1.3 Ni+Moの影響

Ni+Moを添加したものは、Niを単独添加したものより多少強くなっている。しかし伸びはMoを加えたことにより著しく低下している。

引張強さはMn, Ni, Ni+Moの順に強くなっている。伸びは逆に低い値となっている。

3.2 衝撃試験

3.2.1 Mnの影響

Mn量と衝撃値の関係を図2に示す。

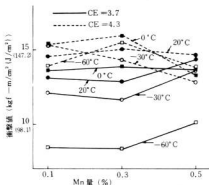


図2 Mn量と衝撃値の関係

衝撃値は亜共晶、共晶成分ともMn増加の影響は認められなかった。

また、共晶成分のほうが亜共晶成分にくらべ高い値を示している。

温度の影響は亜共晶成分のものでは、温度が低くなるに従って低下する傾向を示しているが、共晶成分

のものは明瞭な差が認められなかった。

3.2.2 Niの影響

Ni量と衝撃値との関係を図3に示す。

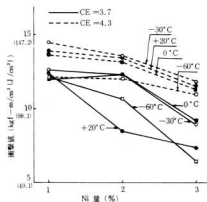


図3 Ni量と衝撃値の関係

Niの添加量が増加するほど亜共晶、共晶成分とも低下し、しかもMnを添加したものより全体に低かった。

亜共晶と共晶成分ではMnを添加したものと同様に共晶成分の方が高い衝撃値を示した。

温度による影響は亜共晶成分、共晶成分とも-30℃までは、ほとんど低下していないが、-60℃では低下がみられた。

3.2.3 Ni+Moの影響

Ni+Moと衝撃値の関係を図4に示す。NiとMoを同時に加えたものはNiが増加するに伴ない衝撃値は低下し、Moを加えたことによってNi単独のものより更に低い値となっている。

Ni+Moの添加の場合も共晶成分のものが高い衝撃値を示し、温度が-30℃、-60℃と低くなるに従って衝撃値も低下している。

伸び、および衝撃値が亜共晶、共晶成分で差が生じたことについて各試料を検査したところ、組織は2段階黒酸化焼なましを行なったため、ほとんどフェライト化していたが、亜共晶成分のものはセメントタイト、あるいはパーライトの折出が共晶成分のものに比べ多い(Mn 0.1%, 0.3%, Ni 1%~3%, Ni 1%~2% + Mo 0.5%に顕著であった)。フェライト粒が亜共晶成分のほうが粗い(Mn 0.1~0.5%, Ni 1~3%, Ni 1%

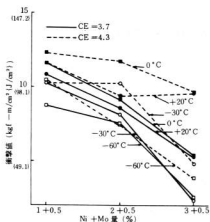


図4 Ni + Mo と衝撃値の関係

+Mo 0.5 多に明瞭であった)ことがわかり、組織の相違が伸びおよび衝撃値の差となってあらわれたものと考えられる。

3.3 伸びと衝撃値との関係

本実験で得られた伸びと衝撃値(20°C)をプロットしてみると、図5に示すとおりである。

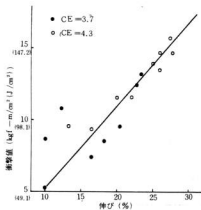


図5 伸びと衝撃値(20°C)との関係

これによると、低合金球状黒鉛鋳鉄では、常温の衝撃値と伸びは比例しており、伸びの値が大きいものはその傾向がよくあらわれている。

これは、添加元素量の多くなるにしたがい、素地がフェライト→フェライト+パーライト→フェライト+パーライト+セメントタイトと変り、伸び、衝撃値とも小さくなっていることから納得できる。

4. 結 言

球状黒鉛鋳鉄の機械的性質の向上を目的とし、CE値が異なる2種類の溶湯にMn, Ni, Ni + Mo を添加して、その機械的性質を検討した結果は次の通りである。

1) 引張強さは、それぞれ合金元素の添加量が増加するに従い高い値を示したが、伸びは逆に合金元素添加量が増すと低下した。

亜共晶成分と共晶成分では、いずれの元素を添加したのも引張強さの差は少ないが、伸びは大きな差が認められた。

2) 衝撃値は共晶成分の低Mn部で最高の値となりNi, Ni + Mo の順に低下した。

亜共晶成分と共晶成分では、各元素を添加した試料とも共晶成分の方が高い衝撃値を示した。

温度の影響は各元素添加試料とも低温になるほど衝撃値は低下する傾向はあったが、明瞭な差は認められなかった。

3) 常温では伸びと衝撃値は比例関係を示し、伸びの大きいものほどその傾向が強い。

文 献

- 1) 川野、木藤：鋳物、89 回講演大会講演概要集 (1976)75
- 2) 千田、目黒：鋳物、92 回講演大会講演概要集 (1977)88
- 3) 岡林、池永：日本鋳物協会、鋳鉄の衝撃特性研究部会(1977)10
- 4) 平松、春日：日本鋳物協会、鋳鉄の衝撃特性研究部会(1977)81

めっきスラッジのコンクリート固化に関する研究

1. 緒 言

めっきスラッジは、重金属、シアン等の有害物質を含有するものが多いため、環境の二次汚染防止面から、その処理、処分は慎重に行われている。

コンクリート固化化は、県内の中国鍍金工業(協)、北九州市及び大分県下の民間企業等で「有害な廃棄物の固化化に関する基準」¹⁾に準じ、有害物質を含む産業廃棄物の最も安定した処理技術として採用されている。しかし、多様な組成・性状を呈するめっきスラッジを常時、安定して「固化化基準」や「有害な産業廃棄物に係る判定基準」等に適合させる低コスト技術とみなすには、改善の余地が大きい。ここでは、業界ニーズにもとづき、固化化コストの低減、有害物質とくにシアンの不溶安定化を目的に一軸圧縮強度及び溶出試験を行ない固化化材を検討した。

2. 試料及び実験方法

2.1 供試固化化材及びめっきスラッジ

固化化材の使用量は、「固化化基準」により、固化化物1㎡当り150kg以上の水硬性セメントの使用が定められている。この実験でも、これに準じ、普通ポルトランドセメント(NPC)等一般に使用されている水硬性セメント類の他に固化化材として市販されている

梶岡 秀, 田谷 征雄
清水 達磨, 金本 正

もの4社7種類を供試した。

供試スラッジの組成及び有害産物に係る判定基準にもとづく溶出試験結果等を表1に示す。水酸化カルシウムの飽和状態における溶出試験は、水硬性セメントによる固化化後のシアン等有害物質の溶出を検討するために行なったもので、供試スラッジCは、この溶出試験で、シアンが12.1mg/lと基準の1mg/lを超えており、固化化後、溶出することが懸念される。

なお、水分、シアンの分析値は湿量基準値で、他は乾量基準値で示した。

1.2 固化化実験

(1) 混 練

供試スラッジを風乾後、スタンプミルで粗砕し、十分に混合して均質化したものを乾物基準で配合して用いた。混練は、3ℓ又は5ℓの柄付ポリエチレンビーカーに所定量のスラッジと所定の約半量の水をとり、5~7分間予備混練後、固化化材及び水を所定量加え1~2分間混練した。ミキサーは、出力170W、回転数1250RPMの電気ドリルに直径110mmφの塗料攪拌用羽根を取付けたものを用いた。

(2) 供試体の作成

固化化基準にしたがい、JIS A 1132の定める方法に準じ、内径50mmφ、長さ100mmの塩化ビニルパイプを用い、混練物をさき等で型詰めし、1日間放置後、

表1 供試スラッジの分析結果(溶出試験1は報告18号, 同2はCa(OH)₂の飽和状態で溶出したもの)

記号	供試スラッジ	試験項目及び単位	含有及び溶出試験結果											
			水分	灼熱減量	酸不溶分	Fe	Zn	Cu	Ni	Cr	Cr ⁶⁺	CN	PH	
A	鉄-亜鉛系 (共同処理)	含有試験(%)	47.5	22.9	4.59	18.8	12.5	1.36	3.47	2.14	-	127mg/l	-	
		溶出試験1(mg/l)	-	-	-	ND	0.14	0.08	ND	ND	0.08	ND	8.33	
		溶出試験2(mg/l)	-	-	-	ND	2.0	0.39	0.18	ND	ND	ND	11.70	
B	混 合 系 (Zn, Cu, Ni, Crめっき)	含有試験(%)	61.8	33.2	5.88	1.93	16.5	1.79	0.03	4.98	-	<0.2mg/l	-	
		溶出試験1(mg/l)	-	-	-	ND	ND	0.22	ND	ND	0.10	ND	9.22	
		溶出試験2(mg/l)	-	-	-	ND	1.2	1.4	ND	ND	ND	ND	12.70	
C	シアン系 (Znめっき)	含有試験(%)	65.8	24.1	26.6	28.5	1.65	0.06	<0.01	0.18	-	4.35mg/l	-	
		溶出試験1(mg/l)	-	-	-	-	6.9	7.7	0.39	0.44	ND	ND	0.06	3.51
		溶出試験2(mg/l)	-	-	-	-	4.2	2.7	0.11	ND	ND	ND	12.1	12.33

脱型し、南面窓際で乾燥し、1実験条件で6～12試料を作成した。

③ 一軸圧縮強度

JIS A 1108の定める方法により、3日、7日及び28日強度を測定した。

④ 固型化物からのシアン溶出試験

圧縮試験後の供試体を磁製乳鉢で砕き、有害産物に係る判定基準（一般埋立）にしたがい溶出操作後、ビリジン-ピラゾロン法で全シアンを分析した。

表2 供試固型材と固型化物の強度（スラッジA）

実験番号	供試固型化材 (C)	固型化材 (C) スラッジ (S)	水 比				一軸圧縮強度 (qu=kgf/cm ²)			
			W/C	W/S	混練物水分(%)		材 合			
					計算値	実測値	3日	7日	28日	
101	NPC 壱	5.0	1.00	5.0	45.5	44.6	未硬化	1.2 1.3	—	
102	早強セメント	5.0	1.20	6.0	50.0	48.6	未硬化	未硬化	未硬化	
103	超早強セメント	5.0	0.98	4.9	45.0	43.1	未硬化	未硬化	未硬化	
104	ジェットセメント (J.C)	2.0	1.77	3.6	54.2	50.6	17.8	23.5	31.8	
105	A社 固型化材(a)	5.0	0.98	4.9	45.0	43.1	未硬化	未硬化	未硬化	
106	〃 (b)	5.0	0.98	4.9	45.0	44.5	未硬化	未硬化	未硬化	
107	B社 固型化材(a)	2.0	1.88	3.67	55.0	50.8	5.5 5.4	10.1 7.5	6.8 7.6	
108	〃 (b)	2.0	1.88	3.67	55.0	57.8	未硬化	未硬化	未硬化	
109	C社 固型化材	2.0	3.64	7.28	70.8	67.3	急 結	—	—	
110	D社 固型化材(a)	2.0	1.84	3.67	55.0	54.5	未硬化	未硬化	未硬化	
111	〃 (b)	2.0	1.84	3.67	55.0	52.9	17.8 16.4	22.3 21.9	17.6 16.6	
201	④=0.33, ⑤=0.2	NPC	0.5	4.81	2.41	58.6	57.7	24.4 23.7	20.6 19.1	17.5 12.5
202	〃	S	1.0	2.66	2.66	54.7	52.3	24.7 26.0	21.4 21.1	17.1 15.8

※ NPC：普通ポルトランドセメント

3. 実験結果と考察

3.1 市販固型化材による固型化

現在、県下では、めっきスラッジの埋立処分は、行政の見地から、有害産物の判定結果を問わず、固型化又は固化の中間処理が必要条件とされている。ここでは、有害物質含有量から計算して溶出試験結果が判定基準以下となるスラッジAについて、一軸圧縮強度10kgf/cm²以上の強度の発現を求め、市販固型化材の比較を行った。その結果を表2に示す。

一般に、モルタル、コンクリートの強度は、セメントの種類、配合比等の他に、水-セメント比が大きな影響を及ぼし、水が少ないほど強度が大きい。当然、スラッジの固型化の場合も同じであるが、この実験では、県内固型化工場設置の混練機の作業性から、混練物水分の目標を約50%になるように水を加えた。そのため市販品6種類が材合28日においても未硬化の結果になったものと考えられる。

10kgf/cm²以上の強度を得たものに、ジェットセメント及びD社固型化材(b)がある。超硬セメントの水和生成物が主としてエトリンガイト(3CaO·A₂O₃·3CaSO₄·32H₂O)及びアルミン酸-硫酸カルシウム(3CaO·A₂O₃·CaSO₄·12H₂O)からなり、初期強度の発現、有害物質の固定化能力もすぐれていることがよく知られており³⁾、本実験においても、同様の結果が得られた。

実験番号201、202は、安価なNPCを主成分とし、アルミニウム系化合物④及びカルシウム系化合物⑤を加えたもので、初期強度はJ.C以上にあるが、乾燥による微細クラックの発生のためか、経時により徐々

表3 現行配合比における水セメント比の影響

実験番号	供試固型化材 (C)	固型化材 (C) スラッジ (S)	水 比				一軸圧縮強度 (qu=kgf/cm ²)		
			W/C	W/S	混練物水分(%)		材 合		
					計算値	実測値	3日	7日	28日
001	NPC = 1.14, J.C = 0.43	1.57	1.50	2.36	31.5	27.8	9.3	11.7	14.8
002			2.27	3.26	41.0	40.5	3.5	4.7	4.6
003	水/セ = 2.57		3.00	4.71	47.8	42.8	2.4	2.8	4.2
004			4.00	5.97	55.1	56.5	未硬化	2.1	2.0

表4 コンクリート固化化によるシアン不溶化実験結果

実験 番号	固化化材配合比				水 比				材 合 3 日	
	NPC S	J・C S	④ S	⑤ S	W C	W S	凝結物水分(%)		一軸圧 縮強度 kgf/cm ²	シアン 溶出量 (mg/g)
							計算値	実測値		
301	-	1.0	-	-	3.00	3.00	60.0	56.5	3.5	0.07
302	-	1.5	-	-	2.00	2.85	53.2	49.8	26.6	0.02
308	-	2.0	-	-	1.50	3.00	50.0	45.8	31.2	0.02
401	1	-	1	0.5	3.26	3.26	50.0	47.8	37.8	42.8
402	1	-	3	0.5	2.08	6.25	54.4	53.2	16.1	15.6
408	3	-	3	1.5	2.58	7.75	50.0	47.3	43.7	15.1
404	3	-	5	1.5	6.35	19.0	58.1	55.5	8.0	6.0
501	1	0.1	0.33	0.2	2.13	2.34	47.1	45.8	44.2	0.20
502	1	0.2	0.33	0.2	1.95	2.34	46.1	44.0	52.7	0.02
503	1	0.5	0.33	0.2	1.67	2.51	45.8	43.1	52.8	0.03
504	0.5	0.2	0.17	0.1	2.59	1.81	48.0	46.7	39.4	0.14
505	0.5	0.5	0.17	0.1	1.92	1.92	45.9	44.1	32.1	0.03
506	0.5	0.75	0.17	0.1	1.61	2.02	44.5	43.0	47.2	0.02

に強度が低下するものの、安価な固化化材として十分使用しうると考えられる。供試スラッジBを用いた実験でもほぼ同じ結果を得た。

なお、県内の固化化工場で実施されている配合比で、水セメント比を変えて強度を測定した結果を表3に示す。

現行例では、吸水性が小さく、6価クロムの不溶安定化、強度の発現に効果があるとされている高炉水滓を多量に配合しているが、同じ配合比であれば、水セメント比が大きく強度に影響している。

3.2 コンクリート固化化によるシアンの不溶安定化

めっきスラッジ中のシアンは、通常、不溶性のフェリシアン錯塩あるいはフェロシアン錯塩の形で存在することが多い。これら鉄シアン錯塩は、水硬性セメントによる固化化の過程で、PH12.8という高PH水溶液で洗われて、加水分解し、可溶性のシアン錯イオンとして溶出する。

低PH値の固化化材の検討、各種吸着剤によるシアンの吸着実験を試みたが、良好な結果が得られなかった。表4は、シアン系スラッジCに対し、強度の発現に効果のあったジェットセメント及びNPCとアルミニウム系添加材④、カルシウム系添加材⑤によるシアンの不溶安定化の実験結果を示す。

ジェットセメントによるシアンの不溶安定化の効果は大きく、ジェットセメントだけを固化化材とした場合は、乾物換算の重量比でスラッジ(S)対ジェットセメント(J・C)が1:1ではシアンは不溶化するものの、強度が3.5 kgf/cm²と不十分であるが、J・C/S=1.5では強度も十分出ている。

NPC-④-⑤系の実験番号400系のもは、高含水率のものを除き強度は満足できるものの、シアンの不溶化が不十分である。しかし、実験番号500系にみられるように、これにスラッジ量の0.1~0.2量のジェットセメントを加えることによりシアンの溶出を防

止でき、かつ、十分な強度の固化化物が得られる。この固化化材による方法は、現行法に比べかなりのコストダウンが可能である。

4. 結 言

県内のめっきスラッジ固化化工場の技術指導を目的に、強度の発現、シアンの不溶安定化に効果の大きい安価な固化化材を検討した結果、普通ポルトランドセメント-ジェットセメント-アルミニウム系添加材-カルシウム系添加材による固化化方法は効果が大きく、実験室的に十分な見通しを得たので、今後、工場実験をすすめて、実用化をはかりたい。

終りにあたり、終始、熱心な御指導を戴いた小野田セメント㈱木次恭一部長、また、固化化材を快く提供戴いた小野田セメント㈱、日本セメント㈱、東亜道路工業㈱、昭和鉱業㈱の各社に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 昭和52年5月 環境庁告示 5号
- 2) 昭和48年2月 環境庁告示 13号
- 3) 内川 浩, セラミックス, 12(1977), No 2
103~117

フレームレス原子吸光法による亜鉛ダイカスト中の微量カドミウムの定量

1. 緒 言

亜鉛ダイカスト中の微量成分であるカドミウム、鉛、スズは粒間腐食の原因となるため、これらの微量成分の管理が特に重要となっている。現在JISでのカドミウムの定量法は、ポーラログラフ法が採用されているが、感度が低いため試料を多量に採取しなければならないという欠点があるので、フレームレス原子吸光法で定量する方法を検討した。

フレームレス原子吸光法によるカドミウムの定量は河海水、¹⁾²⁾³⁾ 生体試料、⁴⁾ 底質試料⁵⁾ 等に多数の報告があるが、共存物質の影響があるため、溶媒抽出等の分離操作を行って定量している。

今回亜鉛ダイカスト中の微量カドミウムの定量法を、溶媒抽出等の分離操作を行わず、精度よく定量できたので報告する。

2. 実験方法

2.1 装 置

原子吸光分析装置：日本ジャーレルアッシュ社製 AA8500型を使用し、光源は浜松テレビ社製のホロカソードランプを用いた。

フレームレスアトマイザー：日本ジャーレルアッシュ社製FLA100型を使用した。

カーボンチューブへの試料溶液の注入は、エッペンドルフ社製マイクロピペット(20 μ l)を使用した。

2.2 試 薬

カドミウム標準溶液：金属カドミウム(99.999%) 1 μ gを少量の硝酸(1+1)に溶かし、水浴上で蒸発乾固する。つぎに塩酸10 μ mlおよび水を加えて溶かし、正確に1000 μ lとした。使用に際しては、この原液を適当に希釈して使用した。なお共存物質の影響を検討するために使用した各種金属塩類は、全て純金属を塩酸又は塩酸+過酸化水素水に溶解して使用した。その他試薬は、全て特級品を用いた。

渡 部 英 雄 ， 応 和 尚

2.3 実験方法

容量100 μ lメスフラスコに、カドミウムが0.5 μ g以下になるようにカドミウム標準溶液をとり、これに酸又は各種金属塩類を添加して標線まで希釈する。この溶液を20 μ lマイクロピペット(一定)で黒鉛炉に注入し、アルゴンを通じながら乾燥、灰化、原子化を行い、波長228.8nm、ランプ電流値10mAでカドミウムの原子吸光値を測定する。なお原子化条件を表1に示す。

表1 原子化条件

	電流値(A)	時間(秒)	モード
乾燥	20	40	RAMP
灰化	40	60	STEP
原子化	200	7.5	RAMP

なお酸及び共存物質のバックグラウンド吸収の補正には、カドミウムの非吸収線226.5nmを用いた。アルゴン流量については、流量が少ないと吸光値は高いが、カーボンチューブの保守を考慮して3.0 ℓ /min(一定)とした。

3. 実験結果と考察

3.1 測定条件

2.3の実験方法において、試料溶液を乾燥、灰化、原子化の条件について検討した。乾燥については、急

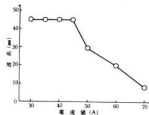


図1 灰化電流値の影響

Cd: 5ppb, 0.1N-HCl, 原子化電流値 200A

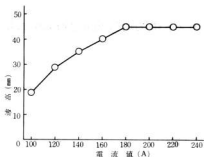


図2 原子化電流値の影響

Cd : 5ppb, 0.1N-HCl, 灰化電流値 40 A

酸を加熱を行うと試料の揮散がおこり、吸光度のバラツキがおこるため、乾燥電流値は 20 A で、段階的に電流値をあげる方法が最適であった。灰化又は原子化する時の電流値を種々に変化させ、カドミウムの吸光度を測定した結果を図 1, 2 に示す。図 1, 2 より次のような結果が得られた。灰化電流値が 30 ~ 45 A までは、カドミウムの吸光度は全く変化しないが、50 A 以上になると急激に減少する。原子化電流値については、電流値が高くなる程吸光度は高くなるが、180 A 以上で最大かつ一定の吸光度が得られた。以上の結果、表 1 に示すとりの条件で測定を行った。

3.2 酸濃度の影響

実試料の溶解に使用する酸として、塩酸、硝酸、硫酸濃度の影響について検討した結果を図 3 に示す。

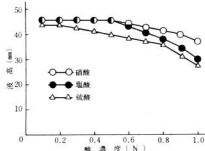


図3 各種酸濃度の影響

Cd : 5ppb

酸濃度 0.3 N 以上になると吸光度は減少し始め、酸濃度が高くなるると著しい負の干渉を示す。塩酸、硝酸については、酸濃度が 0.5 N 以下では全く影響がないが、

0.5 N 以上になると吸光度は減少する。以下の実験では、使用する酸は塩酸を用い、酸濃度は 0.5 N 以下とする。

3.3 共存物質の影響

亜鉛、銅について実試料中に共存すると同程度に共存させ、その影響を検討した結果を図 4, 5 に示す。

図 4, 5 より次のような結果が得られた。亜鉛は 10

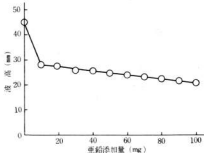


図4 亜鉛の影響

Cd : 5ppb, 0.1N-HCl

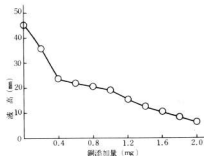


図5 銅の影響

Cd : 5ppb, 0.1N-HCl

μg 共存すると約 35 μg 吸光度は減少し、共存量が多くなる程吸光度は減少するが、50 μg 以上になるとほとんど一定の吸光度を示す。銅は亜鉛に比べ著しく負の干渉を示し、0.6 μg 共存することにより約 60 μg 吸光度が減少する。その他の共存物質であるアルミニウムは 50 μg、マグネシウム、鉄については 1 μg、鉛、スズについては 0.1 μg まで共存させてその影響を検討したが、全く影響はなかった。

3.4 干渉抑制剤の影響

銅、亜鉛が著しく負の干渉を示すので、富永⁴⁾らの

報告にある干渉抑制剤を用いて、その効果を検討した。抑制剤としては有機酸である酒石酸、アスコルビン酸を用いたが、酒石酸は全く効果がなかった。アスコルビン酸について検討した結果を図6に示す。図6より次のような結果が得られた。アスコルビン酸の添加濃

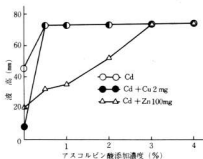


図6 アスコルビン酸の影響
Cd: 5ppb, 0.1N-HCl

度が0.5%になると、カドミウム単独の場合の吸光度にくらべ約1.7倍となり、4%まで一定の吸光度を示す。銅2mg共存の場合は、アスコルビン酸添加濃度が0.5%、亜鉛100mg共存の場合は3%以上でカドミウムにアスコルビン酸を加えた吸光度と同じになり、銅および亜鉛の抑制ができるだけでなく、増感効果も認められた。

3.5 検量線の作成

0~0.5 μ gのカドミウムを100mlメスフラスコにとり、1M塩酸10ml、10%アスコルビン酸30mlを加え、水で標線まで希釈する。この溶液を黒鉛杯に注入してカドミウムの吸光度を測定し、検量線を作成した。検量線は、原点を通る直線が得られた。また検量線に用いた5ppbのカドミウム溶液20 μ lについて10回測定した時の再現性は、標準偏差パーセントが4.5%であった。

3.6 実試料の分析

亜鉛ダイカスト1gを200mlビーカーに秤取りし、これを塩酸(1+1)20mlで溶解する。さらに温酸化水素水5mlを加えて銅、鉄を酸化し、加熱して過酸化水素水を分解する。冷却後この溶液を100mlメ

スフラスコに移し、水で標線まで希釈する。この溶液の一部(亜鉛として100mg以下、カドミウムとして0.5 μ g以下)を100mlメスフラスコにとり、1M塩酸10ml、10%アスコルビン酸30mlを加えて水で標線まで希釈する。この溶液を黒鉛杯に注入し、カドミウムの吸光度を測定し、3.5で得られた検量線からカドミウム含有量を求めた。なお実試料の分析を、本法とJIS法で求めた結果を表2に示す。表2より、実試料の分析に十分利用できることを知見した。

表2 実試料の分析結果

試料名	カドミウム含有量 (%)	
	JIS法	本法
1	0.0015	0.0014
2	0.0020	0.0023
3	-	0.0001

4. 結 言

以上の結果を要約すると、次のとおりである。

1. フレームレス原子吸光法でカドミウムを測定する場合、酸は塩酸又は硝酸を用い、酸濃度0.5N以下が好ましい。
2. 銅、亜鉛の塩化物が共存する場合、著しい負の干渉を示すが、アスコルビン酸を添加することで、干渉を抑制できた。
3. 5ppbのカドミウム溶液を、10回くり返し測定を行った結果、標準偏差パーセントが4.5%であり、再現性は良好であった。

文 献

- 1) 山本他: 衛生化学 21 (1975) 71
- 2) 富永他: 分析化学 24 (1975) 61
- 3) 田中他: 分析化学 27 (1978) 499
- 4) 瓦家他: 分析化学 25 (1976) 464
- 5) 平田他: 分析化学 27 (1978) 543
- 6) 富永他: 日本分析化学会第24年会講演要旨集 (1977) 393

FRPの成形と物性に関する研究(第12報)

FRPにおける超音波伝播特性とその応用

好 満 芳 邦 , 高 崎 宗 利
関 守 雄

マイクロメータを用いて厚さを計測し実験に供した。

1. 緒 言

FRP(GF強化プラスチック)は、多様化する構造材料の中において、原材料の異常な値上攻勢にもかかわらず着実な伸びを示し、日本では20万トンの大台を越えている。今後、大型化とあいまって、多品種少量生産の中心を占めると考えられている。¹⁾

FRPは二方向強化積層材料としての異方性のため、等方性材料と異った、複雑な挙動を示す。換言すると、構造設計が万全であっても、材料内部の複雑な挙動のため必ずしも設計どおりにゆかない危険がある。製造方法の主体が人工数の多いハンドレイアップ法であることもそれを助長している。今後の課題はこの問題の解明とFRP独自の設計技術の確立である。そのために、非破壊試験技術が必要である。

筆者らは過去の実験²⁾の反省から、FRP中を貫層方向に伝播する超音波パルスの挙動を本質的に理解することから始めるべきであると判断し、標記のテーマについて研究を行った。ここでは、超音波パルスのFRP中における挙動とその応用に関する考察等を中心に報告する。

2. 試料と実験方法

2.1 試 料

2.1.1 樹脂およびガラス基材

樹脂：日立化成工業製 ポリセット595-APT-M(不飽和ポリエステル樹脂、以下UPと略記)ガラス布：富士ファイバークラス製 FEWR-570-02(ロービングクロス、以下Rと略記)、EM-450(チップドストランドマット、以下Mと略記)

2.1.2 FRP試料

表1に示した各種構成のFRP板をハンドレイアップ法により成形し常温硬化後、80℃で4時間アフターキュアした。室温放置後、成形板の一部を切り出し、両面をフライス加工等により平面仕上げしたのち、マ

表1 FRP試料の概要

記 号	M	MRM	MR	R
基材構成	Mn	(MRM)n	(MR)n-M	Rn
プライ数	23	27	27	37
厚さ mm	22	22	19	21

2.2 実験方法

FRP中を伝播する超音波パルスの挙動に影響を与える要因を特性要因図として図1に示した。これらの中から本実験に採用した要因を整理し表2に示す。

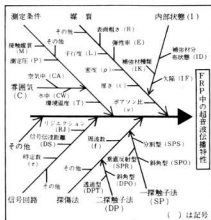


図1 FRPにおける超音波伝播の特性要因図

表2 実験に採用した要因(図1中の記号で示す)

媒 質	$\rho, E, \nu, \sigma, L, IK, ID, IF$
測定条件	T, CA, M
探 傷 法	SPS, SPR, DPT, f
信号回路	RJ, τ

2.2.1 FRP 試料の物理的性質の測定

図2に二方向強化積層材料 (FRP) の模式図を示す。XおよびY軸が強化方向でXY平面が強化面である。この時、Z軸 (貫層) 方向における超音波の伝播速度はつぎの式で与えられる。³⁾

$$V = \sqrt{E/\rho} \cdot \sqrt{(1-\nu_{11}) / (1-\nu_{11}-2\nu_{12} \cdot \nu_{21})}$$

(ポアソン係数)

.....(1)

V: 伝播速度 (cm/S)

E: 貫層方向ヤング率 (dyn/cm²)

ρ : 密度 (g/cm³)

$\nu_{11}, \nu_{12}, \nu_{21}$: 三軸方向にそれぞれ負荷したときのそれぞれの軸におけるポアソン比 (1.2の記号は図中の軸番号)

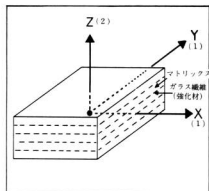


図2 二方向強化積層材料の模式図

式(1)の右辺の各特性値を計測し、Vを算出した。

(1) Eの計測

FRP試料を20×8mm角に切り出し、図3に示すよ

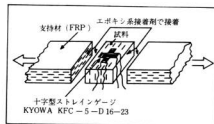


図3 貫層方向Eおよび ν_{21} 計測用試験片の構成

うに支持体に接合し、貫層断面に十字のストレインゲージをマトリックスと同じポリセット595で接着した。これをストレインアンプ-XYレコーダ (2ペン) に連結させた系を構成した。支持体の両端をつかみ、オートグラフDSS-10Tにより1mm/Mで引張り、ロードセルの信号をXYレコーダに入れ、両者でS-S曲線を描かせEを求めた。

(2) ρ の計測

水中置換法 (25℃) により求めた。また、同一試料のガラス含有率をPSLP-406:7061の方法により求めた。

(3) $\nu_{11}, \nu_{12}, \nu_{21}$ の計測

ν_{21} : 上記(1)の実験の際、同時に求める。

ν_{11}, ν_{12} : 別に圧縮試験と十字型ゲージの組合せにより ν_{21} と同様にして求めた。引張試験では ν_{12} に異常値が出るため、圧縮試験を採用した。(理由は後述する。)

2.2.2 FRPにおける超音波伝播特性の計測

分割型探触子による反射法および二探触子による垂直透過法における超音波パルスの挙動パターンを図4に示す。FRPは樹脂マトリックス中にガラス繊維が層状に分布している。ガラス繊維は互いにかみ合っており複雑な曲率と密度の差をもっている。このため、反射法の場合中間エコーが多く、かつエコーレベルが一定しない。これらを改良した厚さ計が市販されている⁴⁾が、やはり誤差要因となっている。垂直透過法の場合、直接底面エコーが入射してくる利点がある。本報告では、後者による計測を中心に述べる。反射法の実用に関する検討については、昭和58年度技術開発研究普

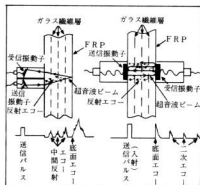


図4 分割型反射法と垂直透過法の概要

及講習会テキスト⁵⁾に譲る。

(1) 貫層方向における超音波伝播の温度特性の検討
 温度水準：-10, 0, 10, 20, 30, 40℃, 6水準
 探触子・接触媒質：PC-2Z20N-M・シリコンオイル
 実験装置：図5に示す。CRT画面にはアード、カメラを取りつけ写真撮影し波形を保存した。

検討項目：伝播速度、減衰率

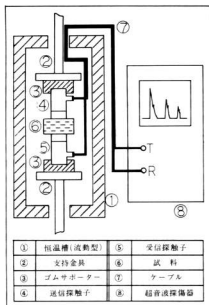


図5 FRPの超音波伝播における温度特性計測装置

(2) 積層方向における超音波伝播特性の検討
 上記(1)の装置を用いて積層方向の伝播速度および減衰率の計測を行った。

(3) 空洞部等の欠陥による減衰量の計測
 人工的にドリル加工した試験板(MR)の減衰率を計測し、ドリル径と減衰率の関係を求めた。

(4) 屋外曝露による劣化と減衰率の検討
 M・MeronらはFRPの劣化と超音波の減衰率の間に高い相関があると報告している。⁶⁾筆者らは5年間屋外曝露したFRP(M, MR)板を用いて、未曝露品との減衰率の比較を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 FRP試料の物理的性質

貫層方向の引張弾性率および各軸におけるポアソン比についての計測結果を表3に示す。引張弾性率の場合、非強化方向であるためガラス含有率はガラス粉充填率とは同様の現象を示すと考えられるので、弾性率との間に強い正の相関がある。M, MRMグループとMR, Rグループの間に段差があることから、単にガラス含有率だけでなく繊維密度も弾性率に大きく寄与していることを認めた。 v_{11} および v_{12} における変動係数が高い原因は、数mm幅、5mm長のゲージをはりつけた場合にマイクロ部分のジグザグな挙動と微小欠陥のためにマクロの挙動をとらえにくいところにある。さらにゲージ位置の微妙な違いによっても変動が大きく現れることを認めた。 v_{12} の計測において引張応力の場合異常値が出たのは上の理由による。圧縮応力の場合両端を押すためマイクロ挙動が制約され比較的良好であった。これらの特性値からポアソン係数を求めたところ、いずれも1.1を大きく上まわり、1.0~1.1の間にあるとする従来の定説⁷⁾をくつがえす結果となった。伝播速度の計算値はUPとMRを除いて低めの値を示している。実験の誤差とモデル化された式(1)が拾いきれないその他の要因によると考えられる。

表3 各種構成FRP板の物理的性質

項目	n	UP	M	MRM	MR	R
密度 ρ /cm ³	3	1.208	1.415	1.489	1.555	1.702
(変動係数%)		0.1	0.8	0.9	0.8	0.5
ガラス含有率%	3		28.3	38.2	45.	60.2
(変動係数%)			4.7	2.6	1.4	1.1
貫層方向 E_{xy} /N/mm ²	6	430	520	620	870	920
弾性率 (KN/mm^2)	6	4.21	5.10	6.08	8.53	9.02
(変動係数%)		0.2	3.0	2.6	23	3.9
v_{11}	6		0.35	0.25	0.32	0.14
(変動係数%)			14	13	25	2.8
v_{12}	6	0.38	0.36	0.37	0.41	0.51
(変動係数%)		1.1	9.3	1.8	12	12
v_{23}	6		0.25	0.22	0.21	0.16
(変動係数%)			3.2	0.8	6.0	1.7
ポアソン係数	-	1.37	1.18	1.13	1.15	1.11
伝播速度 m/s	-	2560	2240	2280	2700	2550

3.2 貫層方向における超音波伝播の温度特性

(1) 伝播速度

弾性率は低温側で上昇し、密度の増加率より大きい
ため伝播速度は低温側で速く温度上昇につれてゆるや
かに落ちると考えられる。樹脂単体とFRPについての
実験結果を図6および図7に示したが、いずれの場合
も低温側の挙動がおかしい。その原因は低温域で探触
子の動作が変動しているためである。したがって、最
適使用温度域は10~40℃であることを認めた。速度
はR, MR, MRM・Mの3つのグループの区分が可能で
あるが、温度による変動が著しい難点を認めた。

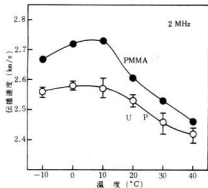


図6 PMMAおよびUPにおける超音波伝播速度の温度特性曲線

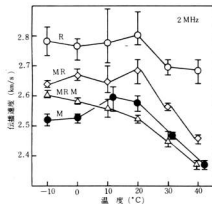


図7 FRPにおける超音波伝播速度の温度特性曲線

(2) 減衰率

探触子の周波数として2MHzを採用したのは、0.5

1, 2, 5MHzの4組の中から減衰計測に最適な周波数
を求めた結果である。³⁾ 樹脂単体とFRPについて
の実験結果を図8に示す。樹脂単体とマットFRPは伝
播速度、減衰率ともに近似しており識別できない。マ
ットFRPはガラス繊維が束集されないでマトリックス
中に分散している。一方、2MHzの超音波の波長は
1.3mm付近であるため繊維束を通り抜ける。分割型反
射法で厚さを計測する際、マットFRPについては中間
エコーが微小である。これらのことが、台所用ザルに
水を注ぐ時に似た現象が起こることを示している。現
実は両者の近似は問題にならない。物性、用途が全
く違うからである。FRPの減衰率は、M, MRM, MR,
Rの4種類の構成で明瞭に識別され、かつ温度による
変動は比較的少く有意差を認めない。これは、減衰特
性の要因の中でRが非常に大きな要因を成し、その効
果は超音波パルスを効率的に反射させることにあり、
密度、温度変化等の他の要因からくる効果を過小化し
ていることを認めた。単位厚さ当りR層数の計数化も
十分可能であることを認めた。

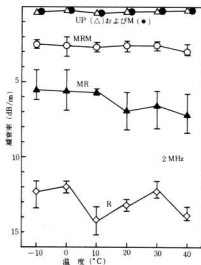


図8 UPおよびFRPにおける超音波減衰率の温度特性曲線

3.3 積層方向における超音波伝播特性

この方向は、斜角法およびアコースティックエミッ

ションにおいて利用される方向である。伝播速度はFRP試料全種において、5000～6000m/sの範囲に入り、ほとんど差異を認めなかった。ガラス中の伝播が主効果を成していることを示している。減衰率については差異が認められた。減衰率に関する実験結果を図9に示す。ここでもRが減衰特性に大きく寄与していることを認めた。Rはローピングが直交2方向に集束されているため、超音波速度が高くなる集束繊維中を通過してきたパルスが選択的に検出され、他の路を経由したパルスは遅れエコーとして計測から除外される。検出される集束繊維通過パルスも横方向に分散しながら進むため、その損失率が結果として現れる。MRとRに差異がないのは、Rの増加に伴う損失とRの一部代替としてのMによる貫層方向分散の増加による損失とがほぼ等しいためと考えられる。ガラス含有率、密度等のマクロな特性は余り影響がなく、ミクロな内部構造のトータル挙動としてとらえる必要がある。尚、MRの場合、貫層方向の減衰率の2倍近い値を示し、Rの場合は逆に貫層方向の減衰率が高くでていることも、両方向における減衰挙動が異なった要因によることを示している。

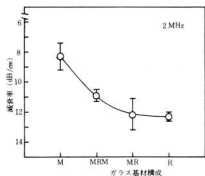


図9 各種FRPの積層方向における超音波減衰率

3.4 空洞部等の欠陥による超音波減衰量

本実験ではドリルによる横孔を空洞部と想定した。孔の位置(厚さ方向)には関係なく、空洞部の投影面積に比例する傾向を認めた。結果を表4に示す。孔径の小さい領域と大きい領域では減衰比が逆の傾向を示すことを認めたが、現実の空洞部との相関については不明である。内部欠陥の検出は可能であるが、その程度により母材変動との識別が困難な場合がある。

表4 空洞部における超音波減衰量

ドリル径mm	GAIN dB	減衰比%	面積減少比%
0	40	0	0
2	37	8	13
6	27	32	38
10	9	78	63

3.5 屋外曝露による劣化と超音波減衰率

筆者らの実験において、未曝露品と曝露品の間には有為な差を認めなかった。その理由は、5年程度ではFRPが顕著な劣化を示さないこと、又あったとしてもそれによる減衰は微小で誤差変動に入ってしまうことなどが考えられる。

4. 結 言

FRP中の超音波パルスの挙動について垂直透過法による計測結果を中心に述べたが、(1)伝播速度が温度により大きく変化する。(2)減衰率はFRPの基材構成におけるローピングクロスに大きく寄与される。(3)貫層方向、積層方向では挙動が異なる。(4)欠陥の大きさによっては減衰量により計測可能である。などの結論を得て、実地応用上の問題点、利用方法等の基礎的理解を得た。おわりに、本研究の端緒を開くにあたり、助言と指導を賜りました東京大学船舶工学科、竹鼻三雄教授、金原 勲助教授ならびに、鈴木敏夫助手の三氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 秋田：強化プラスチック 26(1)(1980)1
- 2) 好廣、高崎、畑：本報告 20(1977)9～12
- 3) 金原、竹鼻、鈴木：日本複合材料学会第28回月例研究会資料「FRP積層板の貫層方向の超音波伝播特性」(1978) 6
- 4) 高崎、好廣、岡：昭和58年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト「複合化によるプラスチックの環境劣化の改善に関する研究」(1979) 51
- 5) 同上 51～62
- 6) M. Meron, Y. Bar-Cohen, O. Ishai: Journal of Testing and Evaluation 5(5)(1977) 394
- 7) 3)と同じ 1～4
- 8) 好廣：中小企業指導員養成課程研修報告「FRPにおける超音波の伝播特性に関する研究」 11～12

FRPの成形と物性に関する研究(第13報)

FRPへの軟X線透過特性について

関 守 雄 , 好 満 芳 邦
高 崎 宗 利

1. 結 言

FRP非破壊試験法の一つとして、軟X線使用について、FRP階調計を作成し、X線使用管電圧、管電流、露出時間を変えて、そのX線透過特性を検討し、若干の知見を得たので報告する。

2. 試料と実験方法

2.1 階調計¹⁾

階調計は、表1のごとく、FRP4種類の他、素材であるガラスと不飽和ポリエステル樹脂の6種類について切削加工および接着により作成した。

表1 軟X線用階調計

材 料	ガラス	M	MRM	MR	R	樹脂
ガラス含有率(%)	100	29.0	38.8	45.3	59.9	0
階の平均段差(mm)	0.8	2.6	2.6	2.6	2.6	5.8
階 段 数	10	7	7	7	7	7
階の一边の長さ(mm)	15	20	20	20	20	20

2.2 軟X線照射条件および写真条件

軟X線装置：ソフテックス機製 K-2型
 焦点-フィルム間距離：50cm 背面：鉛板
 フィルム：富士ソフテックスフィルム高感度用
 写真処理：フィルム記載に準拠
 写真濃度計：サクラ デンシトメータ PDA-11
 X線照射条件：次の因子、水準による3元配置法
 使用管電圧(KV)：20, 30, 40, 50
 使用管電流(mA)：2, 4
 露出時間(sec)：15, 30, 60, 120

3. 実験結果および考察

表1に示す、ガラス、樹脂およびFRPのX線透過特性は、X線撮影フィルムをフィルム透過器にかけ、階調計各段に濃度差が認められる数より求めた。

表2 ガラスのX線撮影結果

管電圧(KV)	20		30		40		50		
管電流(mA)	2	4	2	4	2	4	2	4	
露出時間(sec)	15	1	1	4	4	6	5	10	9
	30	1	1	5	4	7	7	8	8
	60	2	1	5	4	7	7	8	6
	120	3	2	4	5	8	7	6	4

分散分析表：省略

表3 不飽和ポリエステル樹脂のX線撮影結果

管電圧(KV)	20		30		40		50		
管電流(mA)	2	4	2	4	2	4	2	4	
露出時間(sec)	15	7	6	7	5	5	2	3	0
	30	7	6	5	4	2	0	0	0
	60	6	6	3	1	0	0	0	0
	120	5	4	0	0	0	0	0	0

分散分析表：省略

結果は表2, 3, 4のごとくである。

厚さ8mm, 10段のガラス階調計は、表2のごとく高電圧ほどよく解像し、37mm, 7段の不飽和ポリエステル樹脂は、表3のごとく低電圧程よく解像し、ガラスと樹脂でX線透過特性に大きな差があることが分る。

表4 FRPのX線撮影結果

管電圧(KV)	20		30		40		50		
管電流(mA)	2	4	2	4	2	4	2	4	
露出時間(sec)	15	18	12	25	25	28	23	23	18
	30	15	16	28	27	23	18	16	7
	60	18	18	24	23	18	10	4	1
	120	22	21	22	18	6	2	0	0

ガラス構成、ガラス含有量が異なり、段差2.6mm7段からなる4種類のFRP階調計のX線撮影結果は、表4のごとくである。厚さ2.6mmから18.1mmのFRP

Pは表4より管電圧30KVが、比較的良好に解像していることが分る。

表4の分散分析結果は表5に示すごとくで、主効果管電圧、管電流、露出時間いずれもが危険率1%で有意であり、考えうる交互作用3つの内2つが1%および5%と有意である。

表5 FRPのX線撮影結果分散分析表

要因	S	ϕ	V	F ₀	ρ (%)
管電圧(1)	956.1	3	318.7	175.1 ** *	42.5
管電流(2)	81.3	1	81.3	44.7 ** *	3.6
露出時間(3)	482.6	3	60.9	88.4 ** *	21.3
(1) × (2)	24.4	3	8.1	4.45 *	0.8
(1) × (3)	688.8	9	74.3	40.8 ** *	29.2
誤差	21.8	12	1.82		2.6
計	2235.0	31			100.0

$$F(8, 12; 0.01) = 5.95$$

$$F(3, 12; 0.05) = 3.49$$

$$F(1, 12; 0.01) = 9.33$$

$$F(9, 12; 0.01) = 4.39$$

このようにX線操作要因がいずれも有意性が高いことは、ガラス含有率等未知なFRP製品のX線撮影において、条件設定が容易でないことを示している。

また寄与率を見ると、管電圧 > (管電圧 × 露出時間) > 露出時間、の順で高く、FRPのX線撮影において管電圧と露出時間の条件設定が特に重要であることを示している。

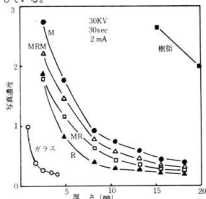


図1 各種材料の厚さと写真濃度の関係

図1は、各種材料の階調計を最もよく撮影した、管電圧30KV、管電流30mA、露出時間30秒における厚さと写真濃度の関係を示したものである。

図1より、ガラスと樹脂のX線透過特性の差、およびFRPのガラス構成、ガラス含量の違いによる写真濃度の関係がはっきりと表われている。図2は、X線管

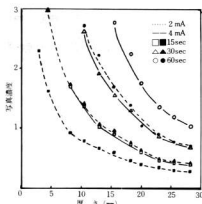


図2 FRP(MR)の厚さと写真濃度の関係

電圧を固定し、管電流、露出時間を変えた場合のFRP厚さと写真濃度を示したものである。

図1, 2より、FRP製品の厚さを知ることが出来れば、FRP階調計と同一条件でX線撮影して、その写真濃度よりガラス含量を推定することができる。

3.2 FRP中の空洞の識別

FRP積層品中に存在するボイド、剝離を判断する資料として、20~30mmの各種ガラス構成FRP断面に、2~5mmの穴をあけてX線撮影し、その存在を確認できるか調べた。その結果、M積層品では、いずれの穴も確認できたが、R含有積層品においては2mmの穴が、ロービング織目による疎密の疎部と重なった場合、確認困難か確認できなかった。従って、2mmまたはそれ以下のボイドや剝離は、ロービングを含む場合、X線撮影で見落す可能性が高い。

4. 結 言

FRP製品のガラス繊維分散状態、積層方向、ガラス含有量、ボイド等を知るために軟X線を利用する場合、(1)X線管電圧、管電流、露出時間共危険率1%で有意で、管電圧、露出時間がX線撮影の重要な因子である。(2)FRP製品とFRP階調計を同一条件でX線撮影し、写真濃度を対比すれば、ガラス含有量ガラス繊維の構成を推定することができる。(3)2mmまたはそれ以下のボイドや剝離は、ロービングを含む場合織目と重なり見落す可能性が高い。

文 献

- 1) JIS Z 8105

FRPの成形と物性に関する研究(第14報)

FRP船舶の品質の向上について

高崎 宗利, 好満 芳邦
関 守雄

1. 結 言

FRP材料の船舶分野への応用は、200海里規制の実施に伴ない、沿岸漁業の見直しとなって、FRP小型漁船を中心に、その伸長は著しいものがある。

船舶の製造方法は、船殻を主体にして人的要素に依存するハンドレイアップ法であるが、人的要素の大きい特殊性からみて、適切な設備、所定の範囲内の品質を有する材料、製品の機能、市場性に対する知識、一般水準の成形技術及びびしっかりとした管理能力が必要であり、この中でも特に成形技術の優劣が製品の価値を左右するものとされている。

FRP製品に対する品質の安定化として、技術水準の向上が強く要望されているが、労働者では昭和54年度よりFRP技能検定制度を実施しており、それによってもFRPの認識と技術の向上が図られている。

しかし、FRPは成形過程において、構造材料と製品形態とを同時に作るため、品質の保証としての破壊試験の実施は不可能であり、成形された製品での非破壊による検査の必要性が要求されており、本研究においては、本研究の第12報¹⁾及び第13報²⁾に基づいて、成形工場におけるFRP船舶の品質について検討を行ったもので、次にその結果を報告する。

2. 試料と実験方法

2.1 測定対象船の概要

測定の対象としたFRP船は、建造中の牡蠣養殖作業船で、その仕様は、次に示すとおりである。

- 排水量 9.7トン
- 総重量 6.5トン(内エンジン 1.7トン)
- 船殻寸法 長さ14m, 幅2.9m, 深さ1.2m
- 船殻構成 側面, 底面 MMRMRMRM(8ply)
キール MMRMRMRMRMRM(13ply)
- フレーム間隔 0.5m(芯材, 発泡ウレタン8×5m, オーバレイ MMRM)
- M: チョップドストランドマット(450g/㎡)
- R: ロービングクロス(600g/㎡)

2.2 測定箇所及び物性測定試料

対象船は図1に示す外観のもので、測定時には艀装もほとんど完了に近い状況にあり、船殻の外部より図に示すNo.1~No.9における1~3の位置にて厚さを測定した。また、船殻の8及び13plyの積層板の物性は、船殻の側面及びキール部分の切り出し部を使用した。

2.3 超音波による厚さ測定

日本電波工業株式会社UC-800を使用し、探触子は1MHz、音速は2600m/sにて厚さの計測を行った。

2.4 軟X線による内部検知

本研究第13報による軟X線装置により、30KV、2mA及び露出時間30秒の条件で、No.1の1~3及び

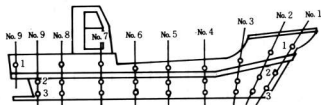


図1 FRP船の計測位置

系2の2の位置にて、四つ切りフィルムの大ききで軟X線透過による写真撮影を行った。

2.5 FRPの屋外曝露試験

FRPの環境劣化については、国内外ともにそのデータは不足しており、筆者らは現在、1978年から次の試験について屋外曝露を継続中であり、初期物性及び5年間曝露試験について試験を行った。

曝露試験の構成

系1 M・M・M M: 450 g/m^2

系2 GC・M・M・M R: 580 g/m^2

系3 M・R・M・R・M

樹脂 ゲルコート(GC) エポラック 340-YL

積層用 エポラック G710BP

3. 実験結果と考察

3.1 FRP船殻の物性

船殻の切り出し除去部による測定対象船の物性は、表1に示すもので、強化プラスチック船の特殊基準¹⁾に示されている引張強さ $10 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 、曲げ強さ $15 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 及び曲げ弾性率 $700 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ を満足している。

3.2 FRP船殻の厚さと品質

図1に示す測定位置によるFRP船殻の厚さは、図2に示すように、その測定結果はかなりのバラツキが認められた。

表1 FRP船殻の諸物性

項目	試験	
	8 ply	18 ply
比 重	1.448	1.449
ガラス含有量%	35.7	34.8
引張強さ	14.6	12.2
	{ 148 }	{ 120 }
曲げ強さ	19.9	19.3
	{ 195 }	{ 190 }
曲げ弾性率	804	908
	{ 7880 }	{ 8900 }

測定は作業現場での実施という種々の制約があり、また、対象船は積装工程へと進行するために、屋外の地面近くに置かれており、キール部である18ply部は測定が不可能であったため、8ply部のみの計測となった。なお、測定は太陽光線の照射する屋外であるため、測定時においてUC-800のブラウン管のディスプレイが見えにくく、フードを仮設したため操作面での手間がかかり、UC-800による測定は厚きにとどめ、別に、系4及び系5の1の位置において、透過法による減衰率を計測した。

MR構成による8plyの積層板の厚さは、図2に示す9.1mmを中央値とした上限、下限の範囲に入るべきであるが、位置によるバラツキが認められる。実際に

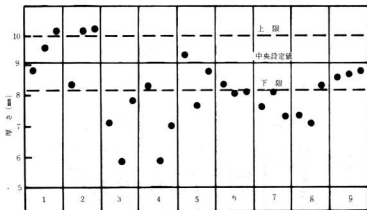


図2 FRP船殻の厚さ測定結果

現物の目視によっても1~2mmのバラツキが認められ、積層時における樹脂の供給不均一及びロールかけの強弱が大きな要因と考えられる。

8plyの積層板は、1日で5plyのM終了による積層を行い、翌日はMにて始める8plyの追加積層を実施しているが、二次接合による積層板成形になる可能性を秘めている。これは、厚さの計測時において、5plyと6plyの間で反射エコーの検出することを認めており、M-Mの2日間をわたる積層は、1日目の終了M層での樹脂過多が考えられる。

また、厚さの測定位置を9ヶ所に分けて測定した結果、作業者の技量の差が認められる。No.1、No.2及びNo.9の位置の積層は、船殻積層において高度の技量を必要とする個所であるが、これらは厚さの設定に対してかなり良好な状況を示しており、FRP積層の経験豊富な作業者によるものと判断することができる。

かなりの熟練者が積層を行ったと考えられるNo.1及びNo.2の船首部付近の位置について、1ヶ所での面積として軟X線写真フィルムの四つ切の大きさの中で、9点ずつの超音波計測を行い、図3に示す結果を得た。

船首部の上・中部において、かなりの中間エコーを検出したが、底面エコーからの厚さはほぼレンジ内に入っている。また、厚さを測定した位置での軟X線透過による写真撮影の結果、いずれも異常が認められなかったが、超音波による厚さ計測時に認められた中間

エコーの検知は、何らかの無視しうる程度の不良が原因と考えられ、前述の如く、おそらく2日間をわたって積層されるマット層の樹脂過多ではないかと考える。

これらの結果から見て、10トン程度の船舶の船殻積層は、2日間をわたる作業が作業面からは安易であるが、品質面からみた場合は1日で積層を終了することが望ましく、厚さのバラツキと内部の不良要因を少なくすることが可能と考えられる。

次に、透過法によるNo.4及びNo.5の位置でとらえた減衰率は6~7-dB/cmで、本研究第12報による図8に示されるMR品相当という結果を得たが、減衰率を求めることにより、ガラス繊維基材の構成を検知する可能性を見出すことができた。

3.3 環境劣化に伴うFRPの物性変化

FRP積層板の屋外曝露におけるゲルコート樹脂の効果の判断として、チップドストランドマット3枚による積層板を作成し、また、船舶を主体として使用する補強基材であるロービングクロスによる積層構成の積層板のそれぞれについて、5年間の屋外曝露を継続して、図4に示すような結果を得た。

実線で示す5年間の曝露試験の結果、ゲルコート樹脂を被覆させたNo.2の積層板の未曝露に対する引張強さの低下は4.1パーセントであるが、ゲルコート樹脂のないNo.1及びNo.3の積層板は、16.5及び16.8パーセントの低下率を示して、ゲルコート樹脂被覆のNo.2

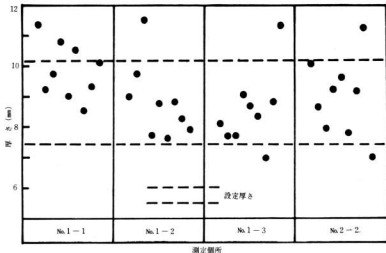


図3 船首部付近の測定結果

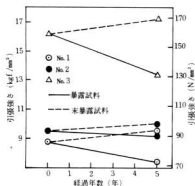


図4 FRPの屋外曝露による物性の変化

に対して、約4倍の低下が認められ、ゲルコート樹脂の重要性を再認識することができた。

曝露によって試料の表面は、ガラス繊維が大きく露出しており、ゲルコート樹脂で被覆されたNo.2の積層板は、表面の樹脂部が分解除去されることなく、積層当時の平滑な表面を保持している。

一般的に船舶の積層表面は、使用される条件からほとんど製品において、ゲルコート樹脂の被覆が行われるが、これは本研究の結果からも認められるように耐蝕性を考慮したものである。

しかし、成形現場でのゲルコート樹脂の被覆厚さについては、筆者らの各種船舶にわたる船殻の試験を行った経験から、その実態は成形技量と管理認識において顕著な差異が認められており、一般的に0.3~0.5mm厚の範囲にて管理すべきであるが、0.5mmをはるかに越えるものがかなり見受けられる。

ゲルコート樹脂の過剰は、クラックの発生を容易にするとともに、それによる強度低下が環境条件により付加されて、製品の寿命短縮となり得る。また、価格の高いゲルコート樹脂の過剰使用は、製品原価の上昇にもつながることとなる。

FRPの大型構造物においては、アフターキュア施工の実施は一般的に不可能であり、成形品の硬化はバールかたきによって管理されている。アフターキュアを施さない成形品の経時変化について、今回の屋外曝露試験に併せて実験を行った。図4における破線で示すものは、5年前に成形された試料について、太陽

光線の照射あるいは加熱等の条件を受けずに5年間を経過した引張強さを示しており、FRPの硬化は硬化剤の適正添加により、時間経過とともに硬化が進行することを示している。

大型成形品は、成形後の使用中に硬化の進行が期待できるが、硬化の促進によることを加味した屋外曝露の低下率は、No.2で8.7、No.1及びNo.3は23.4及び22.5パーセントを示しており、あらためて、ゲルコートの有意性及び積層技量の向上が必要であると認めた。

なお、陸上で使用するFRP構造物においては、しばしば、ゲルコート樹脂の被覆をしない成形品が見られるが、これら成形品の表面はほとんどがガラス繊維の露出状態にあり、ガラス繊維の露出は、雨水等水分の毛细管現象により内部への水分の含浸を招き、樹脂の加水分解等によってガラス繊維界面の剝離に起因する強度低下を来す結果となり、設計強度以下の条件下で破損した製品の事例をかなり見聞している。

4. 結 言

FRP船舶の積層における設計は、不安要素が多いためかなりの安全率を見込んでいる。このことから、現状ではFRP船の特殊基準を満足しているが、原材料費の高騰しつつある今日においては、成形技量の向上と管理体系の確立を図ることが急務であり、10トン程度の船殻積層は、できるだけ翌日に持ち込むことなく、積層開始当日において成形することが、品質上望ましいと考える。

屋外曝露におけるゲルコート樹脂の効果は顕著であり、ゲルコートの再認識と被覆技術の確保が望まれる。

超音波の応用は、厚さの測定及び減衰率の計測によって基材構成の予知にも有用であるが、基本的には設計レベルの高い企業に適しており、設計と現場との間をうめる技術としてかなりの威力を発揮するといえる。

また、成形技術の向上の評価も同様であり、これをうまく応用することにより、設計へのデータのフィードバックはさらに精度を増すことになり、それによって適正設計に近づくことが可能である。

文 献

- 1) 好美, 高崎, 関: 本報告 23 (1980)
- 2) 関, 好美, 高崎: 本報告 23 (1980)
- 3) 運輸省船舶局長: FRP船の特殊基準 (船査123号)

環境測定精度調査について

丸下清志， 蔵本範雄
山泉康男， 永富 精

1. はじめに

広島県計量検定所は、県下の環境計量証明事業所に対して昭和54年11月7日、環境測定の統一精度調査を実施した。調査試料の調整配布並びに測定結果の解析について、当場に協力の要請があったので、その結果を報告する。

2. 実施経過

2.1 参加事業所

日新製鋼㈱呉製鉄所、環境分析センター、西日本シタック㈱、中外医線工業㈱、東和化学㈱、(社)広島県地区衛生組織連合会、㈱有馬労働衛生コンサルタント事務所、㈱中国環境指導センター、㈱中国環境分析センター、菱明技研㈱、産業公害医学研究所竹原分室、富士企業㈱、栗田工業㈱広島支店、東洋工業㈱、㈱福山臨床検査センター、三菱レーヨンエンジニアリング㈱、福山市清掃事業協同組合、㈱帝人環境技術センター・三原分室、呉栄工業㈱、菱電エンジニアリング㈱、(財)中国労働衛生協会の20事業所。

2.2 分析項目と試料の準備

測定精度調査は、環境水質の有機汚濁指標であるCOD・BODを対象とし、併せてPH・SSの項目についても実施した。

試料は配布前日に某クリーニング工場で採水、特性値のバラツキが最小となる様に、かくはんしながら3ℓのポリ容器に分割。一連番号を1～21まで容器に附し、2～8℃に冷蔵保管したものを配布した。

試料採取工場は化学雑巾の加工・再生を行なっており、排水処理工程のフローシートを図1に示す。

図1 クリーニング排水の処理方法



表1は、当場において実施した試料採取工場における、過去3ヶ月の水質分析の結果を示す。

今回の測定精度管理調査に要求される試料は、有機物質に起因する排水であり、適当な成分値の排水が安定して採取できる必要があったが、表1の結果から採用を決定した。

表1 クリーニング排水の性状

採水月日	54.7.3	7.17	8.7	8.22	9.4	9.18	10.2	10.16
PH	7.1	7.0	7.3	7.1	7.2	7.1	7.2	7.3
SS	11	51	53	19	45	36	37	170
COD	20	22	30	31	38	43	29	45
BOD	17	-	28	-	19	-	34	-

2.3 配布試料の検討

2.3.1 特性値バラツキのチェック

分割試料を5個サンプリング、SS値の測定により配布試料のバラツキを推定した。サンプリング試料の測定値と分散分析表を、表2・表3に示す。

表2 サンプリング試料の測定値

サンプル	測定値SS(ppm)	平均	範囲
5	65 67 66	66	2
1	68 67 69	66	6
10	68 67 66	67	2
15	69 71 68	69	3
20	68 65 64	66	4
		67	3.4

表3 分散分析表

要因	S	σ	V	F ₀
サンプル	20.40	4	5.100	1.234
測定誤差	41.38	10	4.133	
計	61.78	14		
F(4.10; 0.05) = 3.48		F(4.10; 0.01) = 5.99		

表2・表3から、サンプリング試料間の特性値のバラツキはF₀ < F, すなわち有意でなくバラツキは無視できると推定される。

2.3.2 保存性のチェック

今回の調査は、分析項目の統一分析実施日を指定せず、配布10日後を報告書の提出期限とした。

分析所間で着手の準備・業務の都合により、分析実施日は異なると予想された。配布試料を室温(14~22℃)・冷蔵(1~8℃)の条件で保存し、分析項目について経日変化を調べた結果を表4に示す。

表4から、室温の保存条件では生物処理水である配布試料に含有される有機物質が、微生物の活動により分解されている。しかし、冷蔵の保存条件では低温度により生物活動が抑制され、分析項目の測定値は比較的安定しており、精度調査試料として充分満足できる結果であった。

表4 配布試料の経日変化

測定月日	採年月日 54.11.6	配布月日 11.7	11.8	11.9	11.10
PH	7.8	7.8	72(72)	72(71)	72(71)
S S (ppm)	67	66	67(67)	69(67)	67(65)
COD (ppm)	88	37	85(30)	83(29)	84(28)
BOD (ppm)	30	28	28(27)	27(12)	26(12)

() 配布日以降室温で保存した測定値

3. 調査の結果

測定状況調査表をもとに、全事業所の分析項目別最終値を集計、総表として表5に示す。総表に附した章印は異常値であり、検定は次の方法によった。

1. 平行測定でないもの。室内平行測定回数が3回でないもの。(ただし、BODを除く)
 2. 測定状況調査表を検討して、明らかに誤った測定値が計量されたと判断されるもの。
- を除いた上で、JSZ8402の方法により異常値を棄却した。

表5 総表

所名	PH	S S (ppm)	COD (ppm)	BOD (ppm)
1	7.8	66	85	28
2	7.8	67	85	28
3	7.8	67	85	28
4	7.8	67	85	28
5	7.8	67	85	28
6	7.8	67	85	28
7	7.8	67	85	28
8	7.8	67	85	28
9	7.8	67	85	28
10	7.8	67	85	28
11	7.8	67	85	28
12	7.8	67	85	28
13	7.8	67	85	28
14	7.8	67	85	28
15	7.8	67	85	28
16	7.8	67	85	28
17	7.8	67	85	28
18	7.8	67	85	28
19	7.8	67	85	28
20	7.8	67	85	28
21	7.8	67	85	28
22	7.8	67	85	28
23	7.8	67	85	28
24	7.8	67	85	28
25	7.8	67	85	28
26	7.8	67	85	28
27	7.8	67	85	28
28	7.8	67	85	28
29	7.8	67	85	28
30	7.8	67	85	28
31	7.8	67	85	28
32	7.8	67	85	28
33	7.8	67	85	28
34	7.8	67	85	28
35	7.8	67	85	28
36	7.8	67	85	28
37	7.8	67	85	28
38	7.8	67	85	28
39	7.8	67	85	28
40	7.8	67	85	28
41	7.8	67	85	28
42	7.8	67	85	28
43	7.8	67	85	28
44	7.8	67	85	28
45	7.8	67	85	28
46	7.8	67	85	28
47	7.8	67	85	28
48	7.8	67	85	28
49	7.8	67	85	28
50	7.8	67	85	28
51	7.8	67	85	28
52	7.8	67	85	28
53	7.8	67	85	28
54	7.8	67	85	28
55	7.8	67	85	28
56	7.8	67	85	28
57	7.8	67	85	28
58	7.8	67	85	28
59	7.8	67	85	28
60	7.8	67	85	28
61	7.8	67	85	28
62	7.8	67	85	28
63	7.8	67	85	28
64	7.8	67	85	28
65	7.8	67	85	28
66	7.8	67	85	28
67	7.8	67	85	28
68	7.8	67	85	28
69	7.8	67	85	28
70	7.8	67	85	28
71	7.8	67	85	28
72	7.8	67	85	28
73	7.8	67	85	28
74	7.8	67	85	28
75	7.8	67	85	28
76	7.8	67	85	28
77	7.8	67	85	28
78	7.8	67	85	28
79	7.8	67	85	28
80	7.8	67	85	28
81	7.8	67	85	28
82	7.8	67	85	28
83	7.8	67	85	28
84	7.8	67	85	28
85	7.8	67	85	28
86	7.8	67	85	28
87	7.8	67	85	28
88	7.8	67	85	28
89	7.8	67	85	28
90	7.8	67	85	28
91	7.8	67	85	28
92	7.8	67	85	28
93	7.8	67	85	28
94	7.8	67	85	28
95	7.8	67	85	28
96	7.8	67	85	28
97	7.8	67	85	28
98	7.8	67	85	28
99	7.8	67	85	28
100	7.8	67	85	28

() 内数字は、各項目に付した、分析項目の最終値であり、異常値を示す。○は、異常値を示す。

異常値を棄却した後の測定値について、分析項目別に行なった統計的解析結果を表6に示し、ヒストグラフを図2~5に示す。

3.1 PH

PHの最終値は、両端の区間の狭い正規分布をしており、バラツキが小さいことを示している。

測定値について特に問題はないが、測定準備の簡単なPHだけでも、配布日に着手する配慮が望まれた。

表6 分析項目別解析結果

	PH	S S	COD	BOD
分析所数	19	18	19	19
平均値 \bar{X}	7.2	65	38	28
室内精度 $\sigma_{\bar{X}}$	0.118	6.34	6.03	3.75
CV \bar{X} (%)	1.6	9.8	15.9	13.4
室内準精度 σ_{b1}	0.115	6.12	6.08	—
CV b_1 (%)	1.6	9.4	15.9	—
室内平行 σ_{w1}	0.048	2.86	0.562	—
測定精度 CV w_1 (%)	0.6	4.4	1.5	—
CV \bar{X} / CV w_1	2.67	2.23	10.6	—
CV b_1 / CV w_1	2.67	2.14	10.6	—
許容差 室内	0.84	17.6	16.7	—
許容差 室内	0.142	9.47	1.86	—



GFPの種類
 ○ 新PDS-25
 ◇ 新PDA-100
 ● 新PDA-200
 ○ 新PDR-200
 □ フットワンGF/B
 □ デー・リウ・ス SM1340
 △ メンアップ TM-2
 △ リリアア P-46

PH-COD-BOD
 試験実施日
 ○ 54.11.7
 ● 54.11.8
 ◇ 54.11.9
 ○ 54.11.10

3.2 SS

SSの最終値は二つの山のある分布だが、両端が深く切り取られた形であるため、室間精度のバラツキは10%以下であった。分布の成因とGFP・測定操作との相関は認められなかったが、配布試料のMLSSは分散が均一に見えるため、分析所間で検水分取時にかくはんの差があり、その結果が現われたと考えられる。

SS値の測定状況調査表によると、分析法に環境庁告示第64号付表4(環告法)とJIS・K・0102(JIS法)が採用されている。内訳は環告法18ヶ所・JIS法(GFP)6ヶ所・JIS法(遠心分離)1ヶ所である。

両法の採用は、SSの定義と溶解性塩類の補正の方法が異なるため、室間精度のバラツキの原因となる。

表7は、SS分析操作上の留意事項として配布試料の、SS値と検水量の関係を調べた結果である。

表7 検水量によるSS値と誤差

検水量 (ml)	SS (ppm)	通過時間 (sec)	含有量 (mg)	\bar{x}	σ	$\sigma \times \frac{1000}{(ppm)}$
50	65	16	2.9, 3.7, 3.1	3.2	0.42	8.3
70	66	24	4.8, 4.6, 4.5	4.6	0.15	2.2
100	67	39	6.6, 6.7, 6.8	6.7	0.10	1.0
150	69	3(min)	9.8, 10.9, 10.5	10.4	0.56	3.7
200	70	16(min)	14.2, 13.6, 14.0	13.9	0.31	1.5
300	71	120(min)	20.7, 21.6, 21.8	21.4	0.59	2.0

SS値測定上の留意事項として

1. GFPの減量補正に留意すること。JIS法を採用塩類付着量より材減量が多いため負値のブラングを検出、補正を省略した②③④分析所。負値のブラングで得量を補正した④分析所は、GFPの純水洗による減量値を予め確認しておく必要がある。

2. 汚材の目づまりによる汚材性能以上の粒子の捕捉は、SS値及びバラツキを大きくする。配布試料では100ml前後が検水量の適量であった。

3.3 COD

CODの最終値は、ほぼ左右対称の分布だが中央が低く両端がすそを引き、バラツキの大きいことを示す。

表8 加熱時間とCOD

加熱時間 (min)	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
KMnO ₄ 消費量 (ml)	4.4	4.6	4.8	4.7	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3
COD (ppm)	30	31	33	32	34	35	35	35	36	36	37

表9 検水量とCOD値及び誤差

検水量(ml)	COD(ppm)	KMnO ₄ 消費量										\bar{x}	σ	$\sigma \times \frac{1000}{(ppm)}$
		1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7			
5	48	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0707	2.8
10	41	2.8	2.9	2.8	2.6	2.8	2.6	2.9	2.6	2.7	2.7	2.7	0.1236	2.4
25	35	4.9	5.0	5.1	5.9	4.9	5.1	5.1	5.2	5.0	5.0	5.0	0.1914	0.8
40	31	6.9	6.9	6.8	6.4	6.8	7.1	6.8	7.6	6.9	6.9	6.9	0.3180	1.6
60	27	8.9	8.3	8.5	8.7	9.2	9.1	9.0	9.1	9.4	8.9	8.9	0.3516	1.1

解析の結果は、室内精度のバラツキが1.5%と小さいが、室間精度は15.9%と大きい。

CODは特定条件下における反応量を求めた試験法であり、反応条件が異なると酸化率が変化し測定値バラツキの原因となる。反応条件として、加熱時間・過マンガン酸カリの消費量を変化させ、配布試料のCOD値を調べた結果を表8・表9に示す。

表8から、加熱時間を20~40分の範囲で変化したCOD値の変動係数は6.6%。表9から、残留過マンガン酸カリの容量を検水量で調節、1.7~8.6mlの範囲で変化させると19%であった。このことから、COD値測定上の留意事項として次の事があげられる。

1. 分析所間で水浴の熱サイクルが異なる。水浴熱源が電熱の③とガスである④分析所を比べると、フラスコ内部の反応温度が上昇する所要時間は、前者が10分(max 92℃)後者は5分(max 98℃)である。

2. 分析所間ではフラスコ収容能力が4~20ヶ掛の装置が使用されている。収容能力の差は分析作業の迅速性に関連し、加熱時間に影響する。

3.4 BOD

BODの測定状況調査表によると、検水稀釈法として直接法と一般法が採用され、BOD値との相関は直接法のBODが27ppm・室間精度13.7%、一般法ではBODが30ppm・室間精度11.4%であった。

4. おわりに

今回の測定精度管理調査は、共通試料としてクリーニング工場排水を採用、環境・排水水の有機汚濁指標であるCOD・BODについて実施した。

COD・BODは、試料の種類によって酸化率が異なり、他の調査例との比較による評価は困難である。

配布試料の測定結果は、室内精度に比べると室間精度のバラツキが大きかった。今後、統一精度向上のためには各分析所の努力により、分析法の規定をさらにきめ細かく遵守する必要がある。

低周波空気振動実態調査について

検 垣 和 生 ， 永 山 博 夫
大 下 巖

1. 緒 言

近年、音は聞こえないし、また地面も振動していないのにガラス戸、棚、障子がガタガタと振動する、いわゆる低周波空気振動に対する苦情の発生件数が増加しつつある。

低周波音とは可聴周波数帯域よりも低い周波数帯域の空気振動を対象とするもので、低周波音の特長としては、その影響の及ぼす地域が広範囲にわたる場合が多く、その対策は通常行われる騒音対策、例えば健康による防音あるいはしゃ音響などの防音設計では、ほとんどの場合不十分で音源の発生機構そのものの対策を考慮する必要がある。

低周波音の及ぼす影響には生理的影響、心理的影響、物的影響などが考えられ、それらの評価をどのようにすべきか、規制の方向づけ、あるいは測定方法、有効な防止対策はどのようにすべきかという問題があり多くの調査、研究が必要とされる。そこで、低周波音を発生すると考えられる設備を対象とし、その実態を把握し、今後の公害防止技術指導の一助に資することを目的として調査を行った。

2. 調査方法

調査は広島県内の工場を東部（8社）、西部（8社）内陸部（4社）の計20社について低周波音を発生すると考えられる設備を有する工場を業種別に選択し現地調査を行った。調査の内容は次のとおりである。

- 1) 工場の立地条件
- 2) 工場の保有する機械設備
- 3) 工場から発生する音源のパワーレベルと周波数分析
- 4) 低周波音の特性および周波数分析
- 5) 苦情の実態
- 6) 防音対策

なお測定は音源となる機械設備の近く、工場敷地内

工場周辺の適当な地点について振動（振動加速度レベル）、騒音（Lin特性による測定）、低周波音（低周波マイクロホンによる測定）を記録、分析した。なお使用した測定器、記録計を図1に示す。

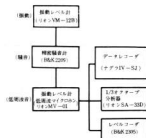


図1 使用測定器および測定ブロック図

3. 調査結果

調査対象業種ごとの製造工程および低周波音発生施設について図2に示す。

低周波音に対する住民の反応は物的被害、心理的被害、生理的被害など多種多様であるが、今回行った調査の結果からその代表的なものを挙げてみると、まず鋳造工場において集塵機（7.5KW）から発生する低周波音（集塵機から30m離れた地点で12.5～16Hz、80dB）に対し窓ガラスがビリビリするという苦情、燃焼バーナー（プラントから50m離れた地点で81.5Hz、75dB）の早朝および夜間作業に対し睡眠の妨害、考え事の邪魔になるなどの苦情、または印刷製本業において同様の苦情、木材木製品製造業におけるバッグフィルターの騒音に対し身体的苦情を訴えるなどの苦情が発生していたが、これらの共通した特長として、いずれも暗騒音の低い閑静な地域あるいは早朝・夜間など暗騒音の低い時間帯において低周波音が問題となっている。

通常、騒音対策は可聴周波数帯域の騒音に対し行わ

表1 低周波音発生施設の騒音・振動測定値

単位 dB

調査施設	測定位置 (m)	音圧レベル (Lin)	騒音レベル (A)	振動加速度 レベル	低周波音圧 レベル
コンプレッサー (30 KW)	1	92	68	68	88
コンプレッサー (75 KW)	1	114	92	76	110
集塵機 (30 KW)	3	97	77	61	91
キューボラ・コンプレッサー	3	96	90	—	89
重油加熱炉	3	91	81	80	79
電気炉 (3.5トン)	5	88	72	52	75
アスファルトプラント	5	100	87	75	98
レンガ焼成炉	10	86	76	—	80
パッチャープラント	20	80	79	—	72
鋳型造型機	5	—	94	75	91

<p>鉄鋼業 (鑄造)</p> <p>砂型製造 — 型合せ — 注湯 — 型ぼらし — 砂落とし — 選別・清掃 — 仕上げ検査</p> <p>(キューボラ・集塵機・コンプレッサー)</p>
<p>鉄鋼業 (熱処理)</p> <p>焼入れ — 焼戻し — 表面加工 — 検査 — 風張り</p> <p>(重油加熱炉)</p>
<p>金属製品製造業</p> <p>材切 — 塑性加工 — 溶接 — 研削 — 塗装 — 仕上げ</p> <p>(コンプレッサー)</p>
<p>窯業・土石製品製造業</p> <p>材料ふるい分け — 計量 — 混練 — 成形 — 仕上げ養生</p> <p>(レンガ焼成炉・パッチャープラント・アスファルトプラント)</p>
<p>木材・木製品製造業</p> <p>原木 — 横割り — 木皮とり — 薪割り加工 — 選別 — 貯蔵 — 出荷</p> <p>(チッパー・ドラムバーカー)</p>

図2 業種別製造工程および低周波音発生施設

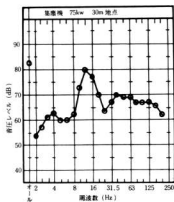


図3 コンプレッサー低周波音分析

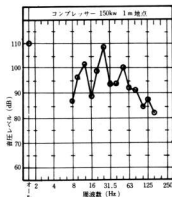


図4 集塵機低周波音分析

れる場合が多く、今回の調査でもほとんどが可聴周波数帯域の騒音に対して行われたものである。

対策の主なものを列記すると

- キュボラ 羽口比を変えることで鳴動が停止した。
電気炉に変更した。
 - ボイラー 重量建材で囲い込みをした。
 - コンプレッサー サイレンサーを取り付けた。
 - アスファルトプラント 低騒音重油バーナーに変更した。
早朝・夜間作業の停止。
 - レンガ焼成炉 排風ダクトに膨張型サイレンサーを設置した。
- などとなっている。

表1に低周波音を発生すると考えられる設備の騒音振動の測定結果の一部を示す。また図3に窓ガラスがビリビリと振動していたコンプレッサーから発生する低周波音の周波数分析結果を、同様に図4に集塵機の騒音の周波数分析結果を示す。

戸障子がガタガタと振動しはじめる限界は鍵具の構造によって異なるが16 Hz - 80 dBではすでにガタつきがはじまっている。

低周波音はその波長が長いので音の指向性が小さくまた建物、地形などの障壁の影響を受けにくい性質を有しているため遠方まで音が伝播する。音の伝播の様子を図5に示す。

図5からわかるように音源からの距離が2倍になると約6dB音圧レベルが低減しているが、この傾向は音源から相当離れた地点までつづいていることがわかる。また、低周波音は遮音壁など障壁の影響を受けにくいことは遮音壁の効果を検討することで容易に判断されるが、表2は実測した結果を示す。

なお今回の調査の結果、低周波音に対し効果的であった対策例は24時間操業の工場で排風機のウナリ音に対し、夜間において苦情が発生していたもので、風道の一部に膨張型サイレンサーを設置することにより、対策による効果は約15dB、費用は約820万円であった。

4. 結 言

低周波音に対し現在のところ法的規則はない。その

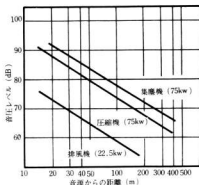


図5 低周波音の距離減衰

表2 遮音壁の効果

(高さ3m, 透過損失約20dB)

測定位置	音圧レベル (Lin)	騒音レベル (A)	低周波音音圧レベル
遮音壁内側 (音源側)	85	68	72
遮音壁外側 (民家側)	82	55	68

(備考; 騒音 68~80Hz)

ため、低周波音を対象とした対策例はわずかで、ほとんどが可聴周波数帯域の騒音を対象としたものである。しかしながら事例にみられるように周囲の暗騒音が低くなると低周波音が問題となる場合が多い。したがって騒音防止対策を行うことにより、あらたに低周波音が問題となるケースが生ずることも予想される。また低周波音対策は音源の発生機構そのものの対策を行わない限り効果は小さい。したがって今後は可聴周波数帯域騒音および低周波音を総合的に考慮した上で騒音防止対策を検討してゆくことが必要となる。

昭和55年10月5日印刷

昭和55年10月15日発行

編集兼
発行

広島県立呉工業試験場

〒737 呉市西中央3丁目6-21

TEL呉局(0843)②643840

支場 〒720 福山市山手町砂畑

TEL福山局(0849)②2732

印刷所 松広印刷株式会社

呉市東中央3丁目4-4

TEL②2175-③0989