

# 業 務 報 告 書

昭和61年度

滋賀県立機械金属工業指導所

彦根市岡町5番地

## ま え が き

本県における商工業も急激な円高、国際化、さらに情報化、技術革新の進展、国民ニーズの多様な変化など著るしい環境の変化に対して、大きな試練の場に直面している事は御承知の通りであります。特に非産地完結型の地場産地にとりましては、その影響は計り知れないものがあります。

このような激しい環境に対処し、生き残って行くためには今以上に高度な技術を持ち、新たなニーズに答えて行く以外にありません。

当所はバルブ産地を中心に各種の事業を展開しておりますが、その一端として「新材料によるバルブの開発研究」で、腐食に関する研究を行うとともに「高品質化バルブの切削加工に関する研究」で、ステンレス製ボール弁のMCでの最省力型の加工プログラミングの研究を行うなど、諸事業を積極的に推進してまいりました。

物の流れる所には必ずバルブはいります。しかしその流れる環境も常識の域を超えた超低温などの過酷な雰囲気が増えつつあります。この環境に適応するには、極低温、超低温、真空、高圧、超高圧、さらには腐食に耐え得るバルブの開発が待たれるところであります。

ここに61年度の業務実績を年報としてまとめましたので、関係各位に御高覧いただき、御意見賜われれば幸いに存ずる次第であります。

昭和62年8月

滋賀県立機械金属工業指導所

所長 上田成男

## 目 次

I 概 要	
1 沿 革 .....	1
2 規 模 .....	1
3 組 織 .....	3
4 職 員 .....	3
5 予算および決算 .....	4
6 試験研究設備の整備状況 .....	6
7 主要設備 .....	7
II 依頼業務	
1 依頼試験数および手数料 .....	11
2 設備使用件数および使用料 .....	11
III 指導業務	
1 技術アドバイザー指導事業 .....	13
2 一般巡回技術指導 .....	13
3 簡易巡回技術指導 .....	14
4 技術相談 .....	14
5 調 査 .....	15
6 技術普及講習会 .....	15
7 新技術技術者研修 .....	15
8 出版刊行物 .....	16
9 生産技術研究会 .....	16
IV 研究業務	
1 新材料によるバルブの開発研究（コーティングと腐食状況） .....	17
2 高品質化バルブの切削加工技術に関する研究 .....	30
3 パーソナルコンピュータによる依頼試験事務ネットワークシステムの 開発に関する研究 .....	40
4 バルブ材料の熱疲労と引張強度に関する研究 .....	59

## I 概 要

1. 沿 革
2. 規 模
3. 組 織
4. 職 員
5. 予算および決算
6. 試験研究設備の整備状況
7. 主要設備

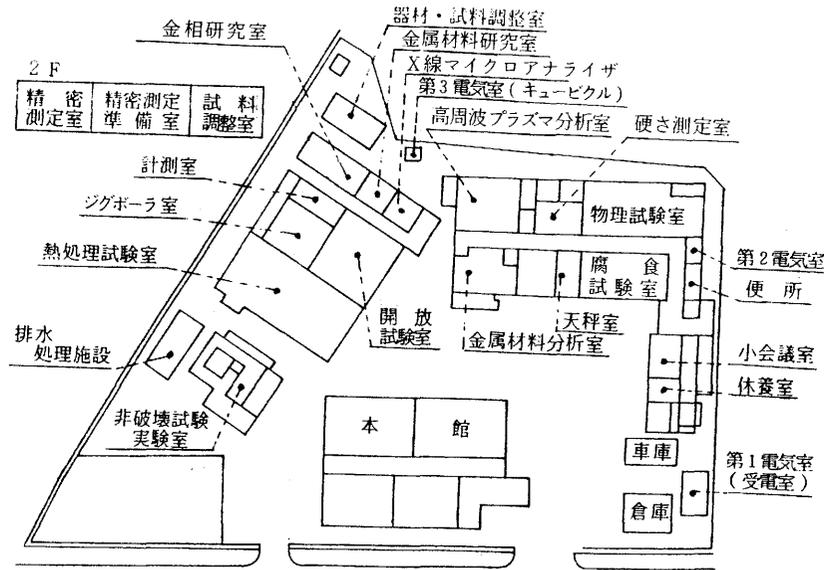
## 1. 沿革

- 昭和21年 4月 長浜市に県立長浜工業試験場を設置、機械、繊維の2部制とする。
- 昭和27年 4月 工業試験場を機械部門と繊維部門に分割し、機械部は滋賀県立機械金属工業指導所と称す。
- 昭和34年 4月 本指導所の整備計画ならびに彦根市に移築を決定
- 昭和35年10月 庁舎竣工新庁舎にて業務を開始（現別館）
- 昭和38年 3月 実験研究棟（精密機械加工室、熱処理中間試験室、ジグボアラ室、その他）を増築
- 昭和43年 1月 全上2階実験研究室を増築
- 昭和49年10月 本館 竣工

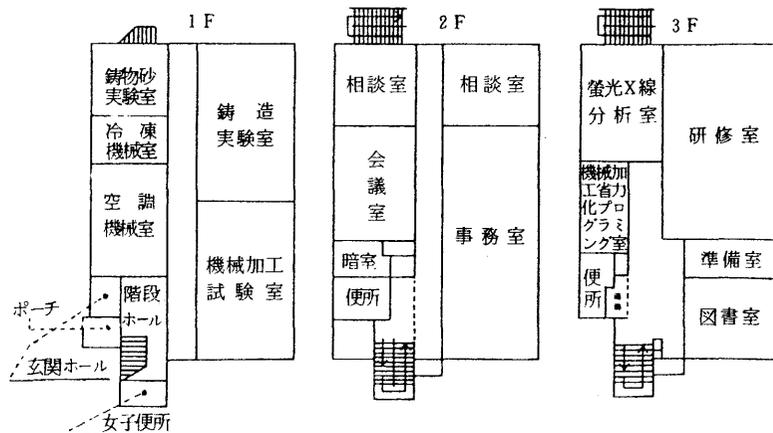
## 2. 規模

敷地面積	3,400.69 m <sup>2</sup>
建物総面積	2,273.42 m <sup>2</sup>
本館	1,017.96 m <sup>2</sup> （鉄筋コンクリート三階建）
別館	562.96 m <sup>2</sup> （鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建）
実験研究棟	487.96 m <sup>2</sup> （鉄筋コンクリート補強ブロック一部二階建）
その他	204.97 m <sup>2</sup>

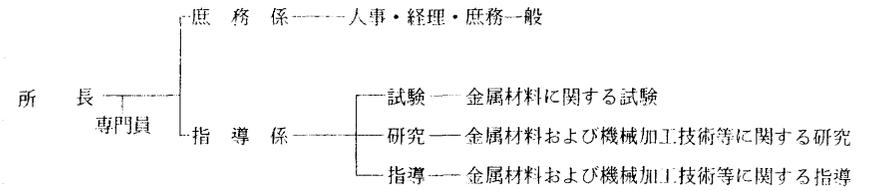
建物配置図



本館の各室配置図



3. 組織



4. 職員

4.1 職員構成(昭和61年4月1日現在)

所長	瀬利幸次
専門員	河崎勲
庶務係	主査 川瀬邦治
指導係	係長 村口明義
	主査 松川進
	樋口英司
	佐藤真知夫
	主任技師 宮川栄一
	技師 酒井一昭
嘱託	宮田しず子

4.2 職員の異動(昭和62年4月1日)

	職名	氏名	新所属	旧所属
転入	所長心得	上田成男		(財)滋賀県工業技術振興協会
昇任	専門員	村口明義		
"	指導係長	松川進		
転出	主査	川瀬邦治	彦根県事務所	
転入	"	佐藤清実		湖北福祉事務所
昇任	主任技師	酒井一昭		
退職	所長	瀬利幸次		

5. 予算および決算

(1) 昭和61年度 歳入予算執行状況

科 目				予算通知額	調定額	収入済額	収入未済額
款	項	目	節				
06	01	07	03	22,000	25,200	25,200	0
使用料及 手数料	使用料	商工使用料	機械金属 工業指導所				
06	02	05	04	13,600,000	13,820,500	13,820,500	0
使用料及 手数料	手数料	商工手数料	機械金属 工業指導所 試験				
12	06	05	11	78,000	78,000	78,000	0
雑収入	雑入	雑入	経営技術等 研修講習料				
合 計				13,700,000	13,923,700	13,923,700	0

(2) 昭和61年度 歳出予算執行状況

科 目				令達予算額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節				
02	01	07	15	495,000	495,000	0	
総務費	総務管理費	財産管理費	工事請負費				
07	01	03		1,523,099	1,523,099	0	
商工費	商工業費	工業振興費					
			01	420,000	420,000	0	
			報 酬				
			08	125,000	125,000	0	
			報 償 費				
			09	696,253	696,253	0	
			旅 費				
			11	6,000	6,000	0	
			需 要 費				
			01	266,926	266,926	0	
			食 糧 費				
			02	8,920	8,920	0	
			そ の 他 費				
			12				
			役 務 費				
07	02	02		369,000	369,000	0	
	中小企業費	中小企業 指導費					
			08	49,500	49,500	0	
			報 償 費				
			09	67,500	67,500	0	
			旅 費				
			11	222,000	222,000	0	
			需 用 費				
			02	20,000	20,000	0	
			そ の 他 費				
			12				
			役 務 費				

科 目				令達予算額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節				
			14	10,000	10,000	0	
			使 用 料 及 び 賃 借 料				
07	02	06		17,898,527	17,898,527	0	
		機械金属工 業指導所費					
			01	700,300	700,300	0	
			報 酬				
			08	47,000	47,000	0	
			報 償 費				
			09	1,425,282	1,425,282	0	
			旅 費				
			11	249,712	249,712	0	
			需 用 費				
			01	11,650,543	11,650,543	0	
			食 糧 費				
			02	1,893,030	1,893,030	0	
			そ の 他 費				
			12				
			役 務 費				
			02	199,920	199,920	0	
			そ の 他 役 務 費				
			13				
			委 託 料				
			01	180,000	180,000	0	
			電 気 保 安 業 務 委 託 料				
			02	430,800	430,800	0	
			恒 温 恒 湿 点 検 委 託 料				
			03	65,100	65,100	0	
			警 備 業 務 委 託 料				
			04	75,000	75,000	0	
			浄 化 槽 経 維 持 管 理 業 務 委 託 料				
			05	34,800	34,800	0	
			ボ イ ラ ー 整 備 検 査 委 託 料				
			06	108,000	108,000	0	
			火 災 報 知 設 備 保 安 検 査 委 託 料				
			07	155,000	155,000	0	
			排 出 水 の 分 析 委 託 料				
			08	17,440	17,440	0	
			冷 凍 機 保 安 点 検 委 託 料				
			14	659,600	659,600	0	
			使 用 料 及 び 賃 借 料				
			18				
			備 品 購 入 費				

科 目					合達予算額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
			19 負担金補助 及び交付金	01 冷凍設備 保安協会 負担託金	70,000	70,000	0	
合 計					20,285,626	20,285,626	0	

### 6. 試験研究設備の整備状況 (昭和61年度)

品 名	数量	型 式	製 造 者	備 考
横形マシニングセンタ	1台	HC-400	日立精機(株)	中小企業庁補助物件
NC自動プログラミング装置	1式	SYSTEM PMODELG	ファナック(株)	"
電子平秤	1台	JP-160	チョウバランス(株)	単

### 7. 主要設備

品 名	規 格	購入年月日	備 考
万能研削盤	三井精機製MUG 25×50	37. 6. 29	日本自転車振興会 補助物件
治具中ぐり盤	三井精機製JBD型No.3	38. 6. 17	"
平面研削盤	三正製作所製G-D64型	38. 12. 20	"
万能工具研削盤	牧野フライス社製C-40	38. 12. 23	"
ブロックゲージ	津上製PTW A級	39. 8. 18	"
万能顕微測定器	三井精機製MLD 1000	40. 1. 14	"
万能工具顕微測定器	津上製T-MCL 2型	38.	"
旋 盤	大阪工作所製360HB-X型	43. 3. 19	"
超硬工具研磨盤	アサヒダイヤモンド工業製 SDG型	43. 9. 10	"
表面粗さ計	テーラーホブソン社製 タリサーフ4型	43. 11. 30	"
万能フライス盤	日立精機製MS型U	43. 12. 28	中小企業庁補助物件
プロジェクション オペチメーター	カールツアイスイエナ社製 MOD20/20	44. 10. 21	日本自転車振興会 補助物件
キヤス試験機	東洋理化製CASSER-1	44. 10. 29	"
流速効果腐食試験装置	山崎精機研究所VF-1	"	"
カット・オフ(帯鋸盤)	アマダ製CRH-300S	45. 8. 30	"
ショア硬さ試験機	三光計器製S44計量研型	45. 9. 25	中小企業庁補助物件
ブリネル硬度計	三精工業製SDLB計量研型	45. 9. 29	"
工業用赤外線温度計	旭産業製TA-1	45. 10. 20	日本自転車振興会 補助物件
デジマイクログ	オリンパス製DM253 顕微鏡STM	45. 10. 30	中小企業庁補助物件
液化炭酸超低温装置	柳本製作所製OTS-60	45. 10. 31	日本自転車振興会 補助物件
オートコロメータ	ニコン6D型	46. 8. 16	"

品名	規格	購入年月日	備考
島津万能試験機	電子管式REH-100型	46. 9. 29	中小企業庁補助物件
周波数自動分析記録装置	国際振動研究所製SM-2200	47. 9. 28	日本自転車振興会 補助物件
エレマ電気炉	東海興商製CE-20	47. 10. 30	"
高温铸件砂試験機	東京衝機製力量500kg	47. 10. 31	"
直立式铸件砂熱膨張計	小沢製作所製EOS-1	47. 11. 20	"
曝熱試験器	小沢製作所製MO-1	"	"
定電位電解分析装置	柳本製作所AFS-4 4連式	47. 9. 8	"
ばいじん量測定装置	D-20SC	49. 8. 12	中小企業庁補助物件
メモーション測定装置	松下電器製	49. 7. 31	"
万能基準硬さ試験機	明石製作所製 計量研型 SHT-3型計算装置付	49. 10. 28	"
高周波誘導電気炉	FTH-30Mサイリスタ式	49. 10. 31	"
蛍光X線分析装置	理学電機工業製 ガイガーフレックス3063 P4	52. 3. 30	"
CEメーター	リーズ・アンド・ノースロップ社 TECTIPマークⅢ-H	52. 3. 23	"
可傾式金型鑄造機	新東工業PLS-33R	53. 8. 11	"
自動平衡型温度記録計	千野製作所EK100-06	53. 8. 25	"
塗型用噴霧機	岩田塗装製	53. 12. 20	"
PHメーター	東亜電波製HM-20B	53. 7. 10	県 単
シャルピー衝撃試験機	島津製30kgf-m	54. 1. 17	"
普通騒音計	㈱ノードDS-101C	54. 8. 20	中小企業庁補助物件
高周波誘導焼入装置	富士電波工業製 FRT-40H、FQB-800	54. 11. 10	日本自転車振興会 補助物件
精密低温恒温槽	田葉井製作所製 K-3473-D1	54. 10. 31	"
ストレンメーター	新興通信工業DPU-100 PS-7513-50	54. 9. 5	"

品名	規格	購入年月日	備考
分光光度計	島津製作所UV-150-02	54. 8. 10	日本自転車振興会 補助物件
STメーター (残留ひずみ測定器)	福井技研標準型	54. 10. 5	"
水圧ポンプ	山本水圧工業製PH-60	54. 7. 14	県 単
ジェットエロージョン 試験機	㈱山崎精機製JVE-12	55. 8. 10	中小企業庁補助物件
ピンホール探知器	㈱サンコウ電子製TRC-20A	55. 7. 17	"
静電粉体塗装装置	小野田セメント㈱製 GX101、TYPE6132-1	55. 7. 25	"
C-S同時定量装置	米国LECO社製 LECO-CS-144型	55. 8. 9	日本自転車振興会 補助物件
かじり摩耗試験機	㈱京都試作研究所製	55. 10. 31	"
空気圧実習装置	太陽鉄工㈱製 当所仕様	56. 7. 30	中小企業庁補助物件
ブリネル硬さ試験機	㈱島津製作所製 最大荷重 3,000kg	56. 9. 16	日本自転車振興会 補助物件
万能試験機	㈱島津製作所製 オートグラフDCS-25T型	56. 9. 19	"
電動ビッカース硬度計	㈱明石製作所製 AVK-A型	56. 10. 31	"
高周波プラズマ分析装置	㈱島津製作所製ICPV-1000型	57. 12. 10	"
マイクロコンピュータ システム	シャープ㈱MZ-2000	58. 1. 14	"
X線マイクロアナライザ	㈱島津製作所製EPM-810I	58. 11. 21	"
小型超低温恒温器	タバイエスベック㈱製 MC-71型	58. 11. 22	"
微小硬度計	㈱明石製作所製 MVK-Eシステム	58. 11. 25	"
オシロスコープ	菊水電子工業㈱COS-5060	58. 7. 29	県 単
マイクロロボットムーブ マスタ	三菱電機製RM-101	59. 9. 21	"
顕微鏡試料作成装置一式	ビュラー社	59. 12. 26	中小企業庁補助物件
倒立型金属顕微鏡	ニコンEPIPHOT-TME	59. 12. 26	"
冷熱衝撃試験機	タバイエスベックTSR-63型	59. 12. 17	"

品名	規格	購入年月日	備考
検力器負荷式 応力腐食試験機	東京衡機製ブルーリング型	60. 12. 10	中小企業庁補助物件
全自動分極測定装置	北斗電工製 HZ-1A	60. 12. 10	"
浸漬乾湿 複合サイクル試験機	スガ試験機製 DW-uD-3	60. 12. 18	"
パーソナルコンピュータ ネットワークシステム一式	---	61. 3. 31	県 単
ループ検力計	0.05LD, 0.15LD	61. 3. 7	"
電気マッフル炉	ヤマト科学 FM-36	60. 7. 16	"
光学式変位測定器	リード電機製 PA-1800 PA-1810	61. 1. 11	"
電子天秤	チョウバランス機 JP-160	61. 6. 4	"
横形マシニングセンタ	HC400-40	62. 1. 10	中小企業庁補助物件
NC自動プログラミング 装置	SYSTEM PMODELG	"	"

## II 依頼業務

1. 依頼試験数および手数料
2. 設備使用件数および使用料

## 1. 依頼試験数および手数料

手数料	13,820,500円	
(1) 材料試験	2,897 試料 (6,933 試験)	
(試験項目)	抗 折	808 試験
	引 張	2,488 "
	耐力・降伏点	693 "
	伸 び	1,409 "
	硬さ(H B)	1,078 "
	硬さ(その他)	44 "
	そ の 他	413 "
(2) 分析試験	664 試料 (2,875 成分)	
(種 類)	ね ず み 鋳 鉄	118 試料
	球状黒鉛鋳鉄	68 "
	青 銅 鋳 物	389 "
	そ の 他	89 "
(3) その他試験	173 試料 (186 試験)	
(試験項目)	組 織	162 試験
	そ の 他	24 "
(4) 成績書複本	2,188 通	
(内 訳)	和 文	2,090 通
	英 文	98 "

## 2. 設備使用件数および使用料

使用料	25,200円 (16件)	
(内 訳)	万能工具研削盤	11 件
	鋳物砂試験器	2 "
	そ の 他	3 "

### Ⅲ 指 導 業 務

1. 技術アドバイザー指導事業
2. 一般巡回技術指導
3. 簡易巡回技術指導
4. 技術相談
5. 調 査
6. 技術普及講習会
7. 新技術技術者研修
8. 出版刊行物
9. 生産技術研究会

## 1. 技術アドバイザー指導事業

6企業 35日

実施企業	指導項目	担当アドバイザー
エスピーバルブ工業(株)	バタフライ弁の温度上昇に伴う漏れ増加量の推定値と実測値について	中石実
エスピーバルブ工業(株)	真空ポンプを使ったバルブの性能試験方法	中石実
マツイ機器工業(株)	金型寿命の延長に必要な熱処理方法	安倍駿一郎
エスピーバルブ工業(株)	電動バルブ開発に伴うIC回路の基礎	杉浦義治
大塚産業(株)	裁断用プレスの破損原因と使用上の問題点	池田寿紀
彦根鋳工(株)	スイング逆止弁の強度計算について	神沢一吉

## 2. 一般巡回技術指導

### (1) 青銅鋳物の材質および鋳造技術について

期間 昭和62年3月10日～12日

指導員 名古屋工業技術試験所

主任研究官 松原弘美

機械金属工業指導所

指導係長 村口明義

主査 松川進

主査 佐藤真知夫

主任技師 宮川栄一

実施企業 ㈱馬場合金鋳造所

大丸工業(株)

長曾根合金鋳造所

### (2) 切削・研削加工技術および計測技術について

期間 昭和62年3月13日～20日

指導員 三菱重工業(株)京都精機製作所

主務 (滋賀県技術アドバイザー)

藤本豊彦

機械金属工業指導所

主査 佐藤真知夫

主任技師 酒井一昭

実施企業 ㈱広川製作所

日精工業(株)

### 3. 簡易巡回技術指導

金属材料の機械加工技術、技術改善の手法、熱処理技術、品質管理等について

期 間 昭和61年12月9日～23日

指 導 員 滋賀県技術アドバイザー

大 槻 泰 幹

機械金属工業指導所職員

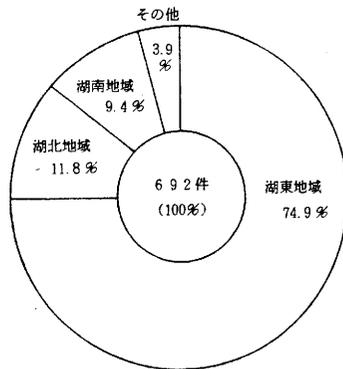
実施企業 15企業

### 4. 技 術 相 談

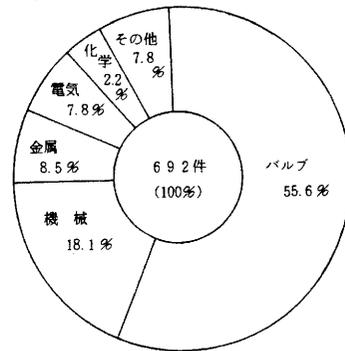
(1) 専門分野別件数

項 目	件 数	比 率
金 属 材 料	68 件	9.8%
熱 処 理 技 術	12	1.7
機 械 加 工 技 術	27	3.9
試 験 法 及 び 測 定 法	160	23.1
鑄 造 技 術	20	2.9
金 属 組 織	51	7.4
分 析 一 般	53	7.7
防 食 技 術	36	5.2
設 備 貸 与 ・ 近 代 化 資 金	19	2.7
実 施 指 導	4	0.6
そ の 他	242	35.0
計	692	100.0

(2) 地域別



(3) 業種別



### 5. 調 査

- (1) 彦根パルプ動向調査 20企業  
1～四半期ごとに年4回実施
- (2) 制度融資等に係る申込企業の事前(実地)調査
- 中小企業設備近代化資金貸付制度関係 8企業
  - 中小企業設備機械類貸与制度関係 8企業
  - 技術改善費補助金、技術開発資金関係 7企業
  - 先端設備導入資金関係 3企業
- (3) 工場診断 2企業

### 6. 技術普及講習会

年月日	期 日	講 師	場 所	受講人員
61・6・12	円高傾向のもとでの企業活性化と技術の役割	滋賀大学経済学部 教授 越後 和典	彦根市 民会館	33名
61・9・26	CVD法・PVD法を中心とした最近のコーティング技術	日本コーティングセンター(株) 技術部長 池永 勝	指導所 研修室	34名
61・10・30	昭和60年度技術開発研究成果普及講習会	京都府、沖縄県、滋賀県の 各担当者	〃	40名
61・11・28	昭和60年度所内研究成果発表会	指 導 所 職 員	〃	27名
62・1・28	'87日本経済の展望と滋賀	日本経済新聞社 大津支局長 泉 一	彦根商工 会議所	32名
62・3・19	マシニングセンターの加工実例と治具について	日立精機(株)大阪営業所 浅石 昌美 日立精機サービス(株) 大阪センター 穴倉 次郎	指導所 研修室	35名

### 7. 新技術技術者研修

- (1) コース名 CAD/CAM基礎コース
- (2) 研修期間および時間数  
昭和61年10月20日(月)～21日(火)  
11時間
- (3) 場 所 滋賀県立機械金属工業指導所
- (4) 受講者および修了者  
受講者 13名  
修了者 13名
- (5) 講 師 立石電機(株)

技術本部、プロジェクト推進センター 田 中 護

(6) 科目と時間配分

科 目	内 容	時間数
CADシステム概論	1. CAD/CAMシステム概論 2. CADについて(実習) 3. IGESについて(実習)	6 hr
CAMシステム概論	1. CAMについて(実習) 2. 質疑応答	5 hr

8. 出版刊行物

昭和60年度業務報告書

機工指だより No.30 No.31 No.32

9. 生産技術研究会

(1) 昭和61年度 役員

会 長 北 川 一 男 (相川バルブ製作所)  
幹 事 吉 居 久 光 (清水工業)  
松 井 繁 徳 (大日本スクリーン)  
西 川 俊 夫 (広瀬バルブ工業)  
吉 村 孝 史 (広瀬バルブ工業)  
松 川 進 (機械金属工業指導所)  
(事務局) 村 口 明 義 (機械金属工業指導所)  
会計監事 川 部 朝 男 (川部バルブ工業)  
森 田 幸 彦 (清水鉄工所)

(2) 事業内容

ア. 技術講習会 4回  
イ. 工場見学会 1回  
大日本スクリーン製造㈱  
ウ. 研究会 1回  
エ. 総会・幹事会等 4回  
オ. 会報発行 2回

## IV 研 究 業 務

1. 新材料によるバルブの開発研究  
(コーティングと腐食状況)
2. 高品質化バルブの切削加工技術に関する研究
3. パーソナルコンピュータによる依頼試験事務  
ネットワークシステムの開発に関する研究
4. バルブ材料の熱疲労と引張強度に関する研究

# 新材料によるバルブの開発研究

(コーティングと腐食状況)

主査 松川 進

## 1. はじめに

バルブ業界を取巻く環境は一段と厳しく、一昨年末以来の円高傾向によって国内需要、輸出ともに低調である。

彦根産地は一般低圧弁を中心とした鑄鉄バルブを主としているため、技術進歩の著しい韓国・台湾などと競合していることも低迷の大きな要因である。

この現状から脱皮するためには経済環境の好転はもちろんのこと、より高品質、高付加価値製品の開発が急務である。

その一つとして、耐食性バルブが考えられる。すなわち、化学プラント、あるいは大型ビルの空調用などに使われるバルブは劣悪な腐食環境下にさらされることが多く、苦慮しているのが現状である。

耐食性を具備さす方法としてオーステナイト系ステンレス鋼などの耐食材料を使うことも考えられるが、加工性とコスト面に難点がある。

そこで今回はこれらの点で比較的好都合な鑄鉄にセラミックスなどの耐食材をコーティングし、その耐食性を調べた。

ただ単に腐食量の測定だけでなく、腐食過程の観察などによって各種コーティング材および塗装条件と耐食性の関係を明らかにするとともに、耐食性バルブの開発の基礎資料を得ることを目的とした。

## 2. 試験片

### 2・1 サイクル腐食試料

フライス仕上げした75mm×25mm×10mmの板(ねずみ鑄鉄製)に表1のような塗装を施した。塗装後の試験片は試験機のホルダーに吊すため、上部に5φの穴をあけた。

表1 サイクル腐食試料の塗装条件

塗装	塗装面の仕	膜厚(mm)	塗装方法
未塗装	—	—	—
黒ワニス	フライス仕上	0.1	ハケ塗り
エポキシ樹脂	〃	0.4	静电粉体塗装
フッ素樹脂	〃	0.2	〃
セラミックス	セラミックスショット仕上	0.15	プラズマ溶射

### 2・2 エロージョン腐食試料

100mm×100mm×10mmの板(球状黒鉛鑄鉄製)に図1に示すようなセラミックス溶射を施した。

表2 エロージョン腐食  
試料の前処理

鑄	放	し
セラミックスショット仕上 (前処理有)		
フ ラ イ ス 仕 上		
80 # ペ ー パ ー 仕 上		
5 μ 研 磨 仕 上		

Under coat 50μ  
Over coat 100μ  
Under coat 100μ  
Over coat 100μ

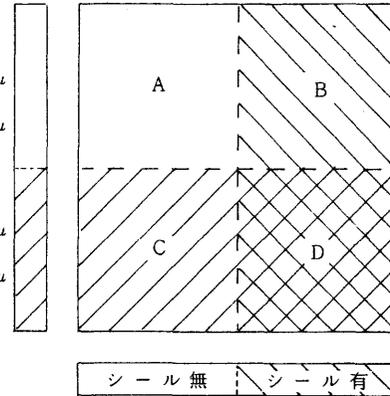


図1 セラミックス溶射の明細

プラズマ溶射機はMETCO社(米国)製であり、セラミックスパウダーはUnder coatがMo-Ni-Al系で、Over coatがAl酸化物系である。

また、シール剤はMETCO社独自のものを使った。これは溶射後ハケ塗りした。なお、溶射面の前処理は表2に示す5種類とした。

この溶射後の試料から42mm×21mm×10mmの寸法に切出し、腐食試験片とする。溶射面以外は試験の精度を高めるためにペイント塗装を施した。

### 3. 腐食試験条件および方法

#### 3.1 サイクル腐食試験

バルブが実際に稼動し、弁の開閉を繰り返している状態を想定し、表3に示す条件で試験を行った。

腐食量の算出は試験後、試料に付着した腐食生成物をワイヤブラシを用いて流水中で除去した後、乾燥させて秤量し次式で求めた。

$$W_c = (W_a - W_b) / S$$

W<sub>c</sub>: 腐食量 (mg/cm<sup>2</sup>)

W<sub>b</sub>: 腐食後重量 (mg)

W<sub>a</sub>: 腐食前重量 (mg)

S: 試料表面積 (cm<sup>2</sup>)

なお、試験はS社製の浸漬乾湿複合サイクル試験機で行った。

#### 3.2 エロージョン腐食試験

金属表面に衝突する液体の噴流に起因するため、この腐食を乱流腐食あるいは衝撃腐食ともいわれ、乱流により腐食媒体の供給や金属表面からの溶液を通して腐食生成物の移動・引き裂きがより以上に増加するのが特徴である。

表4 エロージョン腐食試験条件

項目	内 容
試験液	3%食塩水
温度	約40℃
時間	144時間(6日間)
流速	8 m/S
繰返し	3回

バルブも高流速下で使用されることが多く、この腐食による損傷も無視できない。この状況下での腐食度を把握するため表4に示す条件で試験を行った。試験はY社製のジェットエロージョン腐食試験機を用い、試験機ホルダーのノズルの径は2.5φ、試料平面とノズルの先端とは2mmの間隙とした。

### 4. 試験結果および考察

#### 4.1 サイクル腐食試験

##### 4.1.1 サイクル数と腐食状況

塗装などの皮膜処理を施さない金属材料はサイクル数に比例して腐食が進行するが、各種の皮膜処理を施した場合は如何なる腐食過程を示すか不明である。サイクル数とこれらの関係を図2に示す。

この図からサイクル数が増すと皮膜処理をした試料でも腐食は当然進行することが判るが、皮膜が防波堤の役目を果して素材は溶液に直接触れないため、比例的に腐食が進行するというよりも、むしろ腐食は徐々に進行しながら、ある時点(皮膜の亀裂、剥離など)から急激に増加するものと思われる。

ただ今回の試料は塗装面以外は素材が露出しているために腐食量に関しては正確性に少し欠けていることは否めない。

皮膜面の腐食と皮膜の剥離状況を写真1および2に示すが、これからも未塗装試料との浸食程度の違いが明確に判明した。

皮膜試料に比べ未塗装試料は少いサイクル数から全面的に腐食し、多くなると試料のエッジ部分から腐食生成物が堆積してゆくのが見られる。

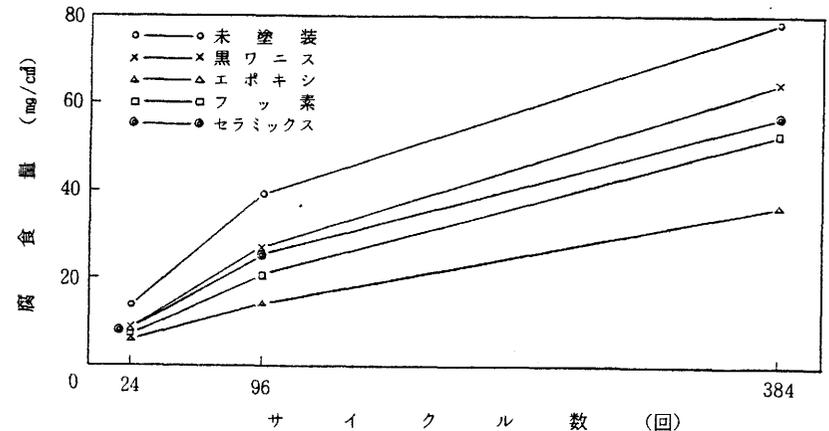
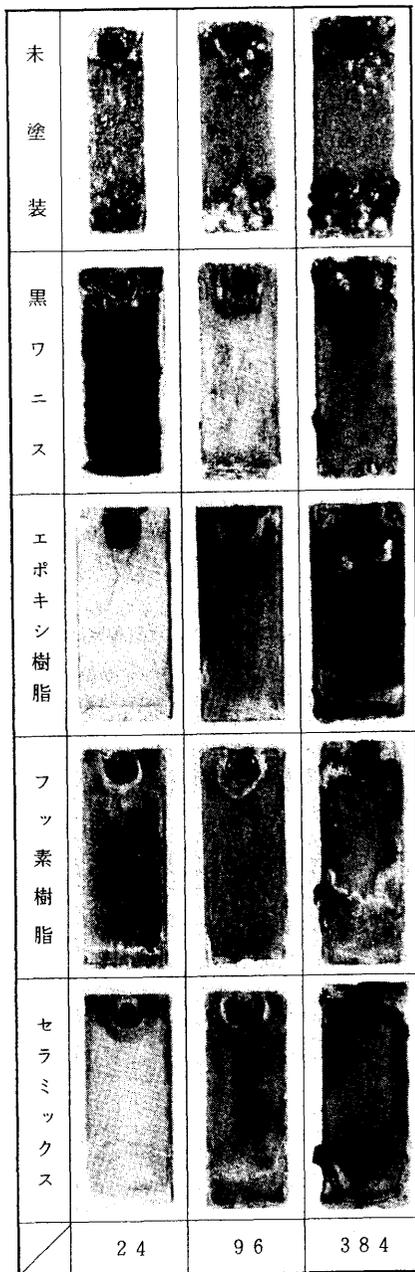
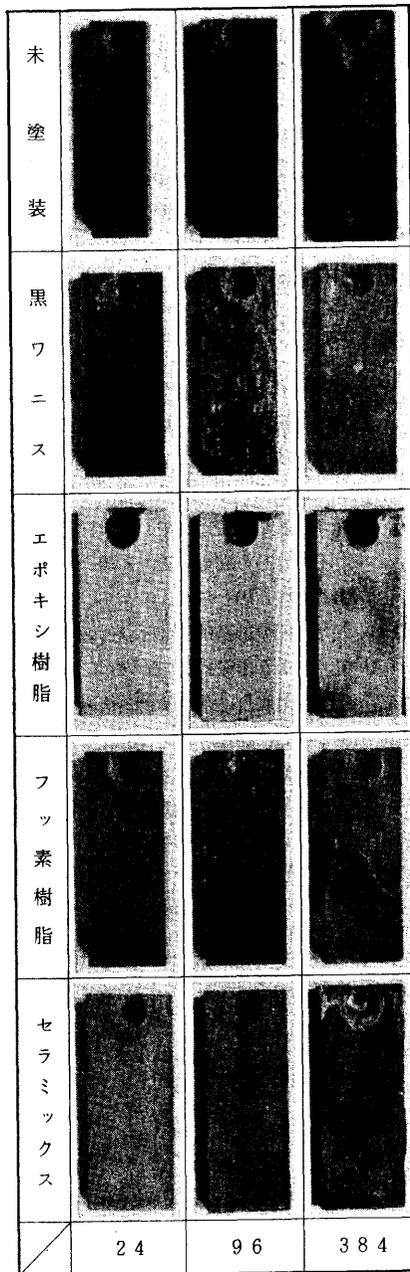


図2 サイクル数と腐食量の関係



(×0.56)

写真1 サイクル数と腐食状況 (洗浄前)



(×0.56)

写真2 サイクル数と腐食状況 (洗浄後)

洗浄前の試料から皮膜処理方法の違いによって腐食の進み方に相当の差があることが判る。すなわち、24サイクルでは各皮膜ともまったく剥離せず、腐食もほとんど生じないが、96サイクルになると黒ワニスが徐々に剥離され、フッ素樹脂は所々に膨れが発生してくる。セラミックスとエポキシ樹脂は大きな変化が認められない。

しかし、384サイクルになるとすべての試料に薄い隙間あるいは剥離が見られる。特に黒ワニスは全面的に剥離し、フッ素樹脂もエッチ部から剥離する。また、セラミックスも予想外に弱く、外周部から亀裂と剥離が生じ浸食されつつある。これらに対してエポキシ樹脂が意外に強く、ほとんど剥離されなかった。

これらの状況は前述の図2の腐食量として現れている。

#### 4・1・2 塗装(皮膜)と腐食率の関係

塗装による皮膜処理をすると腐食は改善されるが、この割合を調べたのが図3である。このグラフは未塗装試料の腐食量を1とした時の各塗装試料の腐食割合を表わしたものである。

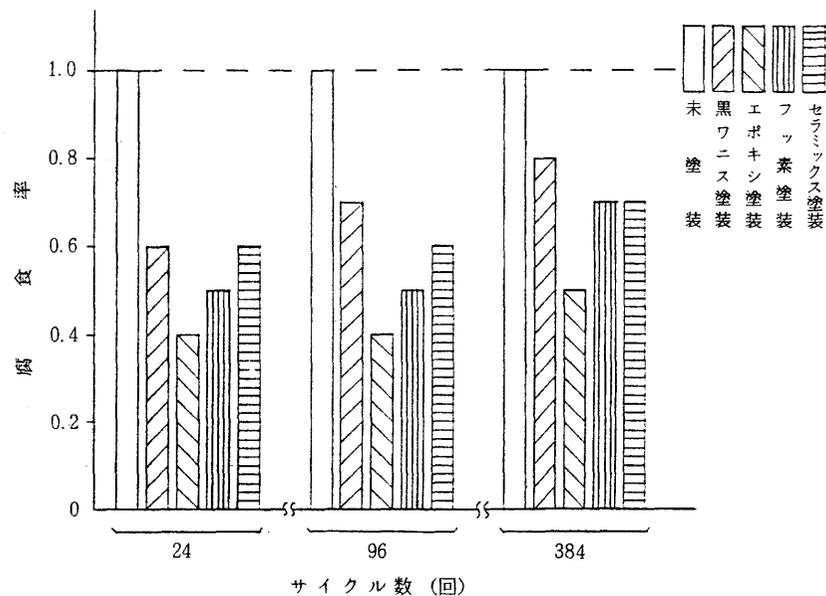


図3 各種塗装試験片の腐食率

〔未塗装試験片の腐食量を1とした場合における  
各種塗装試験片の腐食量の割合を示す〕

エポキシ樹脂が良い結果を示し、サイクル数に関係なく未塗装に対して半分以下の腐食であった。また、フッ素樹脂も少ないサイクル数では良好であったが、長時間になるに従い部分的な剥離が生じ腐食率は上昇する。概してこの両樹脂が低腐食率(腐食されにくい)であるのは塗装時に素材を150℃前後に加熱しているために、塗料は溶融しながら付着するという一種の焼

付塗装となり高接着強度が得られることに起因すると推察される。

一方、セラミックスが0.6~0.7の腐食率という予想外に悪かった。この理由として、皮膜が浸かされたのではなく、溶液中に浸漬あるいは乾燥を繰り返すことによって素材から皮膜が剥離あるいは亀裂したためと考えられる。このことは前処理の改善・工夫によって皮膜の接着強度を高めれば良好な結果が得られることを示唆している。

他方、黒ワニスは初期の段階から浸食され、サイクル数と比例して剥離が進み、ある時点で達すると未塗装試料と同様の腐食になる。

#### 4・1・3 塗装断面状況

前述の結果をより鮮明にしたのが写真3に示す断面の浸食状況である。腐食後の写真は384サイクル後のものである。

エポキシ樹脂の良好さと黒鉛化腐食を起こしている未塗装、および黒ワニスが対象的である。また、フッ素樹脂が膨くれのような剥離により浸食しかけていることと、セラミックス皮膜が素材と完全に剥離し、激しく浸食しているのがよくわかる。

#### 4・2 エロージョン腐食試験

##### 4・2・1 前処理条件と腐食状況

セラミックスの溶射においても素材の前処理が重要なファクターになることは前述の試験結果からも明らかである。2・2で示したように5種類の前処理を施した試料にセラミックスを溶射し、それぞれの腐食量の違いを調べたのが図4である。

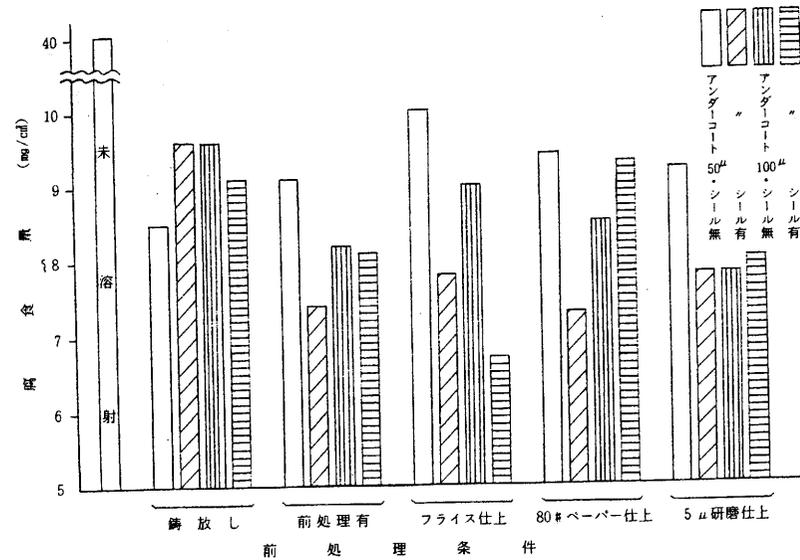


図4 前処理条件と腐食量の関係 (オーバーコート100μ)

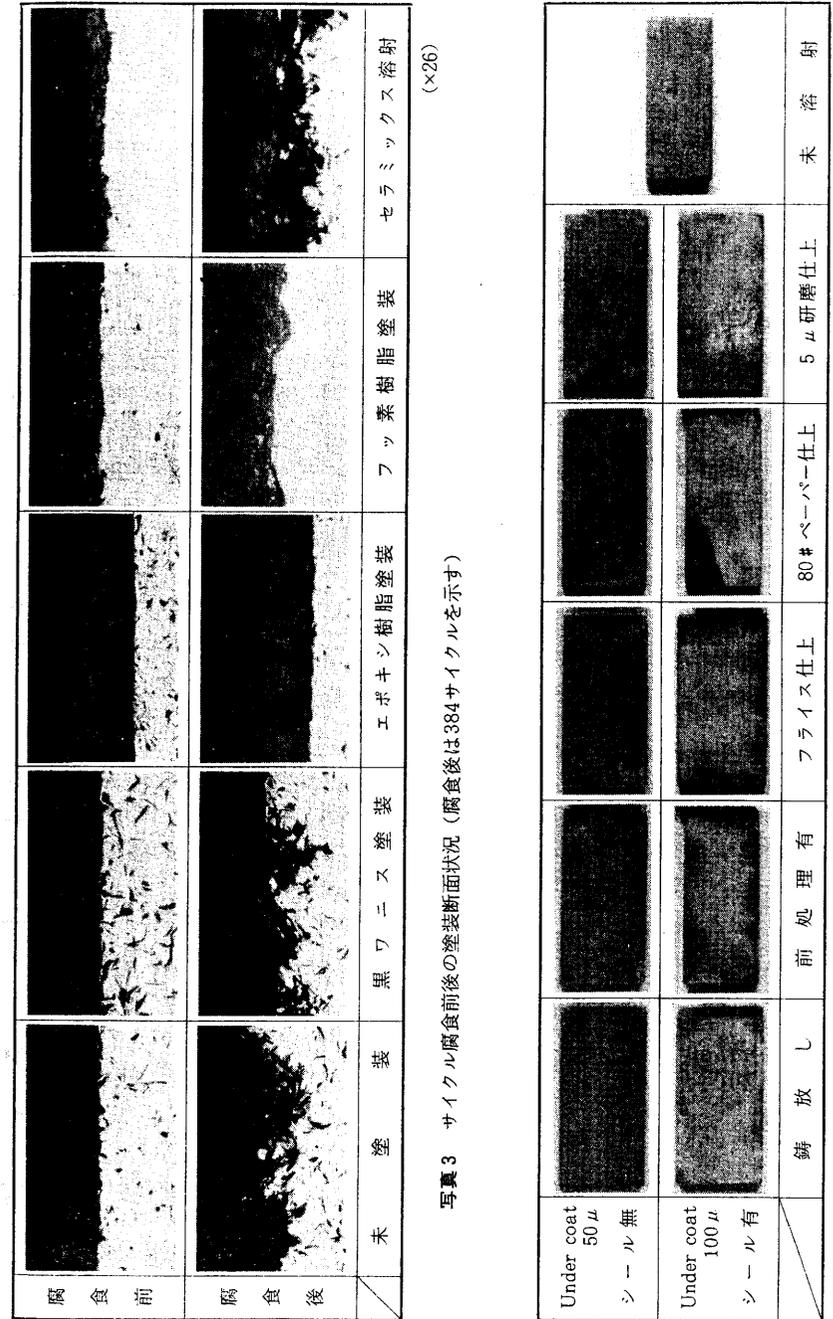


写真3 サイクル腐食前後の塗装断面状況 (腐食後は384サイクルを示す)

写真4 溶射における前処理条件とエロージョン腐食状況 (洗浄後)

溶射膜厚あるいはシール状況によって差があるものの概ね次のような順で腐食量が増える。

セラミックスショット5 $\mu$ 研磨仕上<フライス仕上<80#ペーパー仕上<鑄放し

このことは未溶射試料に比べセラミックスを溶射すると約1/2に腐食量が減少すること、前処理の影響は単なる素材の表面粗さのみで決まるのではなく、それぞれの処理によって素材に付着している酸化物、あるいは油脂分などをどれだけ取り除いたかがより以上に影響されるようである。

すなわち、上記の順序に示すように最も腐食されている鑄放し試料は素材メーカーでショット掛けをしており、素材の表面粒度は粗く、接着強度は比較的強いと思われる、エロージョンに対しても優れているように考えられるが、結果は逆であり、ラフな仕上げのため表面に相当量の付着物が残存し、これが影響し、ミクロ的には皮膜にピンホールのような微細な空洞ができ、ここから溶液が浸入し、腐食が進行するものと思われる。

これに対して、セラミックスショットで前処理した試料は適度の表面粗さと清浄な表面状態に仕上がっており、これに溶射しているため接着面は緻密で高強度と考えられ、溶液の浸入を大幅に防いでいるものと思われる。また、5 $\mu$ 研磨仕上の試料も表面の清浄さにより、Under coat 50 $\mu$ （シール無）を除き平均して腐食量が少ない。

他の前処理試料も同様な理由で上記のような順序になったものと思われる。

エロージョン後の試料表面状態を写真4に示す。これからは前述のことは明確に判断できないが、未溶射試料の激しい腐食とシールの有無による違いが確認された。すなわち、シール無はエロージョンによりノズルからの高速流体が直接あたっている箇所が激しく浸食しているのが判る。

#### 4・2・2 溶射膜厚と腐食状況

図5および図6に示すようにシールを施さない場合は膜厚が増せば腐食量が減少するという反比例の関係が成り立つが、シールをすれば膜厚の影響はほとんどなくなり腐食量は減少する。すなわち、膜厚の違いによってピンホールなどの溶液浸入助長因子が存在しても、溶射皮膜上に適度なシールを施せば腐食は未然に防げることを示している。

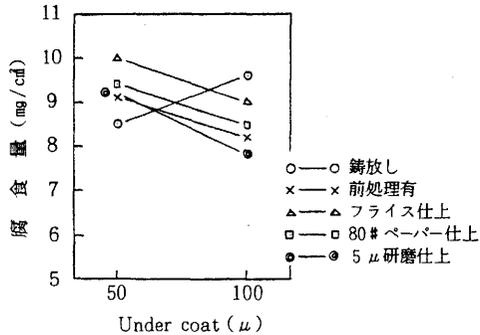


図5 溶射膜厚と腐食量の関係  
〔Over coat 100 $\mu$ 〕  
〔シール無〕

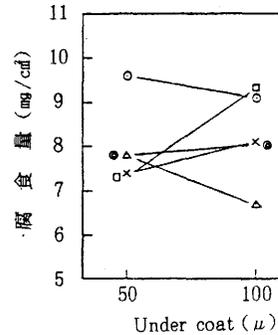


図6 溶射膜厚と腐食量の関係  
〔Over coat 100 $\mu$ 〕  
〔シール有〕

前処理	鑄放し	セラミックス 溶射面	セラミックス 溶射面	ペイント 塗装面	セラミックス 溶射面	ペイント 塗装面	シール有	Under coat 100 $\mu$
							シール無	Under coat 100 $\mu$
前処理	#80ペーパー仕上	セラミックス 溶射面	セラミックス 溶射面	ペイント 塗装面	セラミックス 溶射面	ペイント 塗装面	シール有	Under coat 50 $\mu$
							シール無	Under coat 50 $\mu$

写真5 溶射膜厚とエロージョン腐食状況（洗浄前）（ペイント塗装面は膜厚条件に関係なし）  
（ $\times 0.74 \sim 0.96$ ）

腐食後の表面状態を写真5に示すが、全体に腐食量が少ないためにほとんど差は認められない。

ただ、溶射面とペイント塗装面の違いは明らかであり、ペイント塗装面は全面に空洞のような膨れが生じ、これが次第に大きくなり、やがて剥離して加速度的に腐食が進行するものと思われる。

#### 4・2・3 シールと腐食状況

4・2・2で述べたように適度なシールは耐食性を著しく向上させるが、そのことを明確に示したのが図7および8である。

すなわち、膜厚の薄い時に効果があり、Under coatが50 $\mu$ の場合、シール無の9.2mg/cdに比べシール有は8.0mg/cdと相当耐食性が改善される。これは前述したように膜厚が薄く、ピンホールなどの腐食促進因子が多い場合にシールでその欠陥を補う(塞ぐ)ことができるためである。

ただ、鑄放し試料に逆の結果が出ているが、これは素材表面が粗いため膜厚が不均一になり、シールにもムラができるためと思われるが、このデータからは明確な判断はできない。

また、Under coat 100 $\mu$ の場合は前者ほど明確な効果は出していないが、やはりシールをすれば耐食性が向上することは示している。

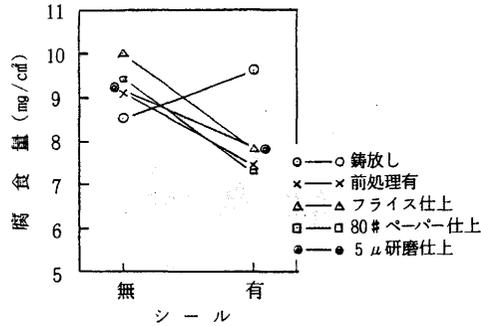


図7 シールと腐食量の関係  
(Under coat 50 $\mu$   
Over coat 100 $\mu$ )

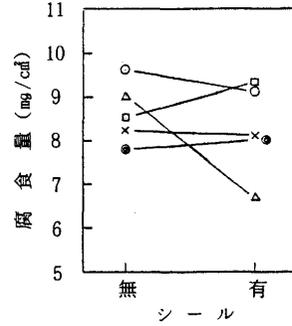


図8 シールと腐食量の関係  
(Under coat 100 $\mu$   
Over coat 100 $\mu$ )

#### 4・2・4 溶射断面状況

エロージョン腐食前後の状況を写真6に示す。これから素材と溶射膜との境界面に空洞(ピンホールあるいは皮膜の亀裂などによる隙間)ができた場合に、その箇所から浸食されてゆくのがよく判る。特にフライス仕上あるいは5 $\mu$ 研磨仕上の試料にシールの有無の差が明確に出ている。

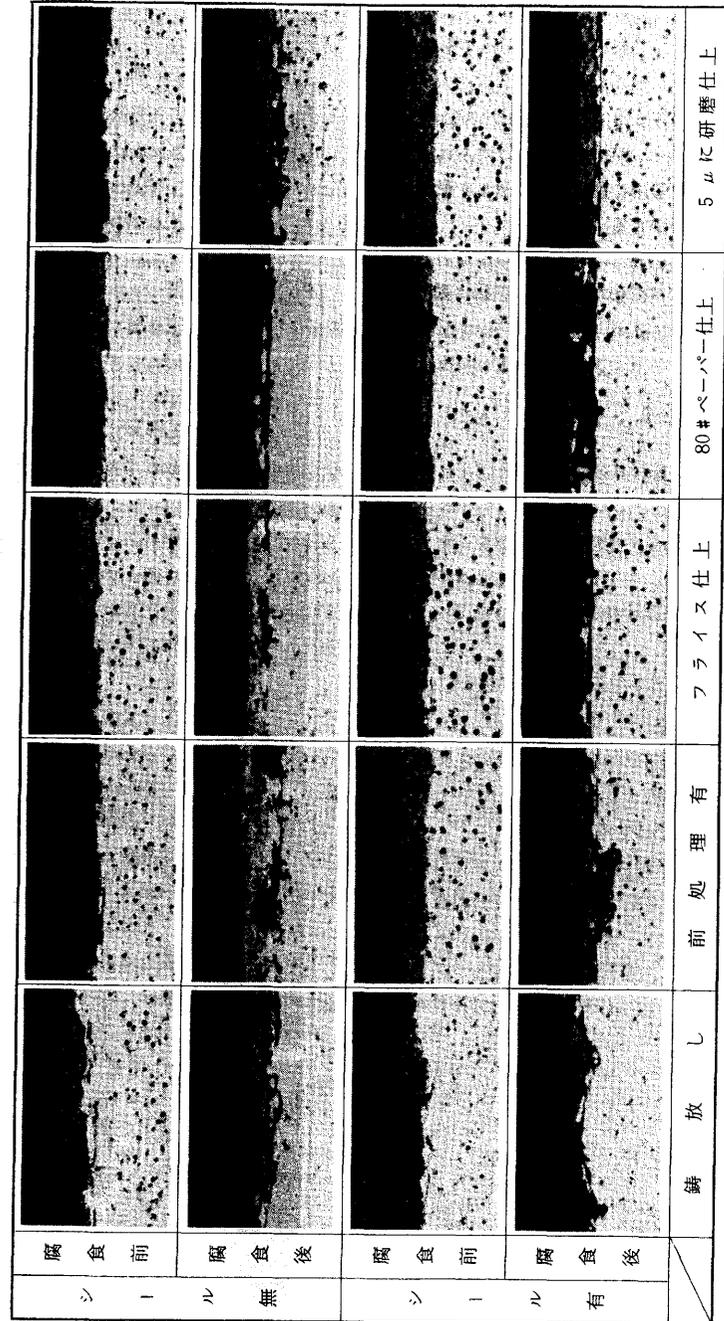
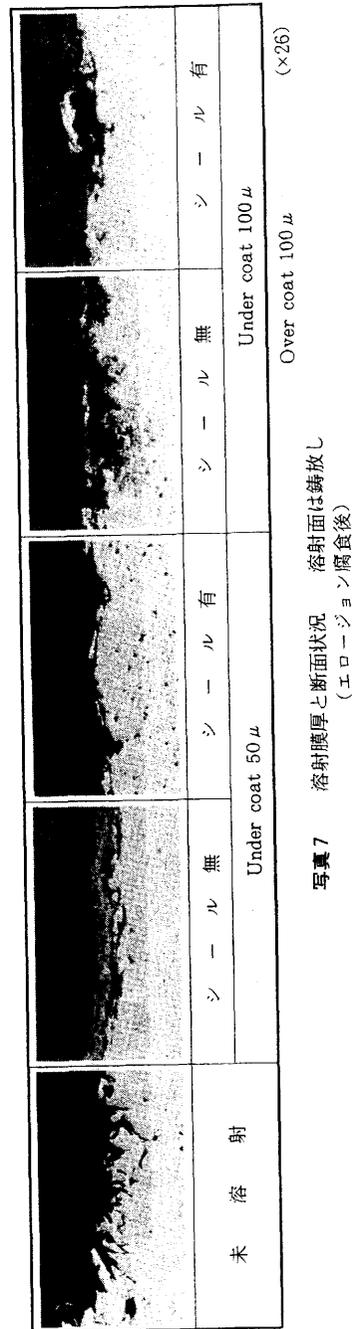


写真6 セラミックス溶射断面のエロージョン腐食前後の状態

また、写真7は前処理無（鑄放し）の試料における溶射膜厚の影響を観察したものである。これからは膜厚による差は明確でなく、むしろ、シールの有無の差が出ている。特に Under coat 100 $\mu$ でシール無の断面は激しく浸食され、黒鉛化腐食が素材の中心部へ向って激しく進んでいることがうかがえる。

未溶射試料の断面は当然のことながら溶射試料とは比べものにならないほどの黒鉛化腐食である。



## 5. まとめ

低コストで、しかも高付加価値バルブを開発するための基礎資料とすべく若干の腐食試験を実施し、検討を加えてきたがそれらを要約すると次のようになる。

- ① サイクル数と腐食量は比例関係にあるが未塗装試料に比べると不規則であり、ある時点で達すると皮膜に亀裂あるいは剥離が生じ、急激に腐食する。
- ② 塗装などの皮膜処理を施した試料のサイクル腐食順位は次のとおりであり、皮膜の接着強度と比例の関係になる。

大 ← 接着強度 → 小

（良）エポキシ樹脂 < フッ素樹脂 < セラミックス < 黒ワニス < 未塗装（悪）

- ③ セラミックスを溶射すると未溶射試料に比べて耐食性が5倍以上と大幅に向上する。
- ④ セラミックス溶射試料のエロージョン腐食は前処理の影響が大きく、次の順位となる。

（良）セラミックスショット < フライス仕上 < 80#ペーパー仕上 < 鑄放し（悪）  
5 $\mu$ 研磨仕上

- ⑤ 前処理にとって重要なことは溶射表面の表面粗さよりも酸化物などの付着物を如何に除去するかであり、この差によって溶射膜の緻密性、あるいは接着強度が変わってくる。

- ⑥ 腐食に対しては膜厚の大小よりも、むしろシールの有無の方が影響が大きく、適度なシールは耐食性を著しく向上する。特に膜厚の薄い時にその効果が顕著である。

以上のようにサイクル腐食あるいはエロージョン腐食ともに何らかの皮膜処理をすることによって、耐食性が大幅に改善することが判明した。

特に、セラミックスの溶射は大きな効果があり、耐熱性・耐摩耗性などを併せて具備しているため、バルブの弁体シートなどに有効と考えられる。ただし、溶射の前処理を如何にうまく行うかが今後の課題となる。

## 【参考文献】

- 1) 小岩正倫：金属の腐食損傷と防食技術。アグネ、1983
- 2) 増子 昇：防錆防食技術マニュアル。日本規格協会、1984
- 3) 鑄物の腐食特性。素材センター、1984
- 4) 山川宏二：腐食防食の基礎
- 5) 松川・西内：滋賀県立機械金属工業指導所研究報告。1983、1984
- 6) 松川・樋口・宮川：バルブ材料の腐食に関する研究。1985

# 高品質化バルブの切削加工技術に関する研究

主 査 樋 口 英 司  
 主 査 佐 藤 真 知 夫  
 主任技師 酒 井 一 昭

## 1. 緒 言

最近の生産方式は、製品の多様化、個性化が急速に進んでいる。一方、中小企業では製品の多品種、高品質、短納期、大幅コストダウンへ対応が迫られ、これらの対応が企業存続へのカギともなっている。したがって企業では加工部品の多品目化と多品種少量生産および短納期化に即応しながら、工場内の省スペース化と専用機から汎用機のフレキシビリティを図るためにマシニングセンターの導入が盛んで、企業によってはFMSを検討しているところも出始めている。

当所においても製品の高品質化を図るため、難削材のひとつに数えられるオーステナイト系ステンレス鋼の旋削加工条件に関する研究を行ってきたが、今年度はこれらの研究成果を実際のバルブ製品に適用するための研究を行い、業果へ技術普及と指導を積極的に図る目的から、今回、中小企業庁の補助を得て横型マシニングセンターを導入し、本研究を行ったので報告します。

## 2. 加工製品と取付け治具

### 2・1 加工製品

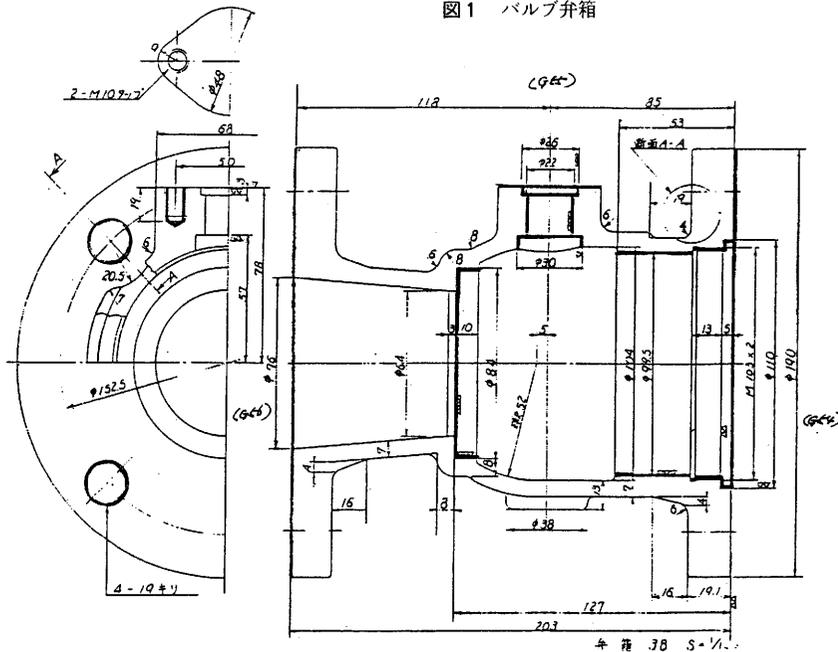


図1 バルブ弁箱

昭和56年から産地中小企業対策臨時措置法の指定を受けて、新商品開発が進められ当産地で開発されたステンレス製ボールバルブ口径75mmの弁箱を選んだ。図1にその製品を示す。

### 2・2 取付け治具

#### ①設計の概念

- イ. 省段取化
- ロ. 多様化
- ハ. 剛性
- ニ. 自作

この4点を基本に治具の設計を行った。

#### ②治具の作製

治具用部材や部品等については、すべて一般的な市販品を使用した。特にプレートやフレーム等の部材は金型用プレート・治具部品用プレートが材種も豊富で加工時間が短縮できる利点がある。また、部材等の加工については現有設備によって加工内容の制約を受けるため、設計の段階でこれらを考慮しなければならない。したがって今回作製した治具は、基準となる面や台はロックピンやキャップボルトで固定、その他の部分については溶接とした。写真1にその治具を示す。

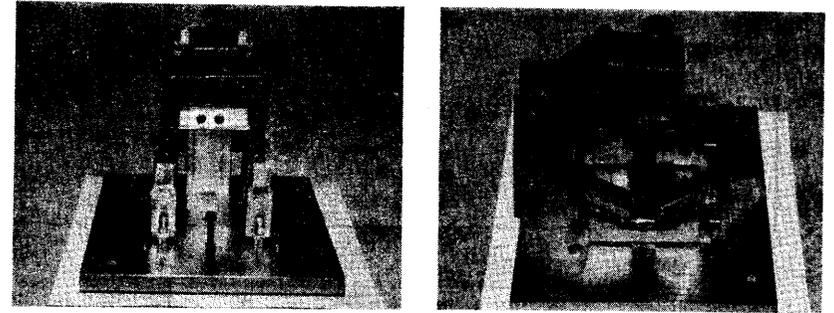


写真1 取付治具

## 3. 導入設備

出荷量が多いバルブの中から比較的小口径の前述したバルブを加工製品に選んだ点、さらに設置場所や保有電気容量、生産実績および機械の加工精度を重視して日立精機(株)製横型マシニングセンター、HC400-40を導入した。この設備の仕様を表1・2に示す。

表1 機械本体仕様

仕様			
テーブル	作業面の大きさ	mm	400 × 400
	割出数 (最小1°)		360
	テーブル角度呼び出し方式		アブソリュート近回り、B3桁
	許容積載重量 (パレット)	kg	400
	主軸中心からテーブル上面	mm	50 ~ 500
	主軸端からテーブル中心	mm	175 ~ 625
	左右移動距離 (X)	mm	500
主軸頭	上下移動距離 (Y)	mm	450
	前後移動距離 (Z)	mm	450
	主軸穴形状		NT40
	主軸回転数変換数		全自動無段階
	主軸回転数	rpm	60 ~ 6000
送り	最小設定単位	mm	0.001
	切削送り速度	mm/min	1 ~ 2000
	JOG送り速度	mm/min	0 ~ 2000
	早送り速度	mm/min	12000
電動機	主軸用	KW	5.5 / 7.5
A T C	工具本数	本	30
	最大工具径	mm	∅95
	最大工具長さ	mm	300
	最大工具重量	kg	10
	最大ツール径		∅95 連続してツールをつけた場合 ∅160 両どりのツールを抜いた場合
A P C	交換方式		パラレルシャトル

表2 NC装置仕様 (SEIKI-SEICOS MY) (YASNAC-MX2)

項目	仕様
制御軸	3軸 同時3軸
補間機能	位置決め 直線補間 円弧補間
指令方式	アブソ/インク併用
設定単位	0.01/0.001 mm
テーブルコード	EIA/ISO自動判別
各機能	準備G2桁 補助M2桁 工具T2桁
主軸速度指令	Sコード回転数直接指定
送り速度指令	Fコード送り量直接指定
送りオーバーライド	0 ~ 200%
オーバーライドキャンセル	
早送りオーバーライド	1% 25% 50% 100%
手動送り機能	早送り ジョグ・ハンドル送り
手動パルス発生器	倍率3段切換

4. 加工工程と切削条件

4.1 工程

図1の右、穴径110mm側に加工工程が集中している。したがってテーブルインデックス面の0.90、180の3方向に製品の穴径∅110、∅26、∅76をセッティング。表3に示す工程順を決定した。

4.2 切削工具

旋盤、ボール盤等の加工であれば一般的な汎用工具を使用すれば切削加工は可能であるが、マシニングセンタの場合は機械の主軸穴にマッチした専用のツーリングが必要で、その上、それぞれの工程に適応させた切削工具を選定しなければならない。このことは導入時、加工対象ワークを重点に機械メーカーとの十分な検討を行いながら決定した。特に加工製品が難削材であるSCS13を対象にしているため、ツーリング関係には高剛性が必要なため、これを基本に特殊なボーリング用ツールホルダーを多様している。特注のボーリングホルダーの一種を図2に示す。

No.	TOOL NAME 工具名	TOOL NO. 工具番号	TOOL LENGTH 工具長さ	M	FE	H/D
1	∅100 FC	29				
2		1				
3	∅76 B	3				
4	∅83.8 B	4				
5	∅88 B	5				
6	∅90 Z	6				
7	∅92.3 B	7				
8	∅99.5 B	8				
9	∅101 B	9				
10	∅103 FL	10				
11	∅107.8 B	11				
12	∅110 B	12				
13	∅105x160 T	13				
14	∅20 E	23				
15	∅17.8 B	14				
16	∅25.8 B	15				
17	∅22 B	16				
18	∅26 B	17				
19	C.N	18				
20	∅19 B	19				
21	∅8.5 D	20				
22	∅10 T	21				
23	∅20 B	22				

表3 工程

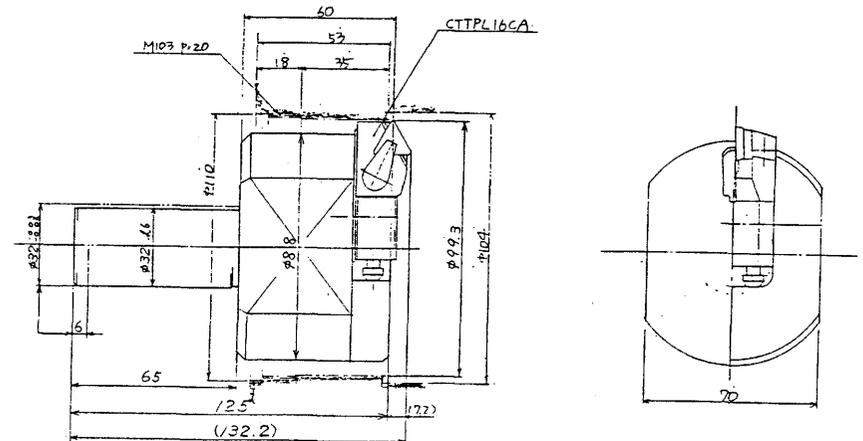


図2 特注のボーリングホルダー

工具材種については、今までの研究結果からP30を主体に検討を行ったが、本製品は断続切削が含まれることからポジティブ型を使用した。

#### 4・3 切削条件

加工工程からも理解できるとおり、種々の切削工具を使用するため、その工具に合った切削条件を選定しなければならない。しかし私達も使用するすべての工具の切削を経験しているわけではないので、工具メーカのカatalogや文献等から適合した条件を選び表4の切削条件とした。

MACHINE NO. HCG60-60		NC 元器 SE/COS MY		NC MACHINE DATA 加工指示書									
PART NO. 23		NUMBER OF TOOL 23		DRAWING 加工図		DATE 10.2.25		NAME		TIME		TOOL	
PART NAME 本機用バネ		CYCLE TIME 27		START POINT		COOLANT		OFFSET		FACE		TIME	
MATERIAL IT		加工用材		加工用材		加工用材		加工用材		加工用材		加工用材	
PROCESS 23		加工工程		加工工程		加工工程		加工工程		加工工程		加工工程	
TAPE NO.		加工テープ		加工テープ		加工テープ		加工テープ		加工テープ		加工テープ	
No.	TOOL NAME	TOOL NO.	TOOL LENGTH	TOOL OFFSET	SPINDLE	FEED	TYPE OF TOOL	TOOL	FACE	TIME			
1	φ100φ77.75	29	424	H	100.976	290	91	23	0.07	φ76φ-74φ112φ	1475	002	
2	"	1	"	"	100.976	600	188	220	0.07	"	1475	002	
3	φ76φ47.75	3	"	"	20.975	250	58	20	0.07	SLA22-70	440	004	
4	φ80φ8	4	"	"	20.725	225	59	18	0.07	"	440	004	
5	φ140φ	5	"	"	210.183	300	39	220	0.07	"	1475	002	
6	φ200E	6	222	"	225.117	370	28	25	0.23	SLA25-90	φ200φ210E	"	
7	φ77.75	7	"	"	150.0	225	70	22	0.1	SLA22-90	φ77.75φ160	"	
8	φ77.5φ	8	"	"	180.245	255	80	26	0.1	"	φ77.5φ180	"	
9	φ101.0	9	"	"	100.62	220	20	22	0.1	"	φ101.0φ160	"	
10	φ100φFL	10	222	"	135.142	100	19	90	0.7	SLA24-120	φ100φ225φ	"	
11	φ100φ	11	"	"	142.71	200	69	20	0.1	SLA22-90	φ100φ160	"	
12	φ110φ	12	"	"	180.404	260	80	26	0.1	"	φ110φ180	"	
13	φ100φFH	13	222	"	122.50	110	21	500	0.25	SLA25-120	φ100φ160	"	
14	φ21.5φ	14	"	"	100.079	860	59	60	0.07	SLA25-90	φ21.5φ22E	004	
15	φ25.8φ	15	"	"	126.476	720	59	70	0.1	"	φ25.8φ22R	"	
16	φ22.0φ	16	"	"	126.371	800	55	65	0.07	SLA22-90	φ22.0φ22R	"	
17	φ22.0φ	17	"	"	109.966	680	56	60	0.07	"	φ22.0φ180	"	
18	φ11	18	"	"	400.423	800	"	50	0.07	C12-90	φ11φ220	002	
19	φ19φ	19	"	"	227.441	235	14	67	0.2	M7A2-60	M7φ19	004	
20	φ8.5φ	20	"	"	222.167	550	15	80	0.15	J7A6-45	13-J7φ	004	
21	M10 T	21	"	H	179.629	160	5	240	1.5	Z12-90	M10 T	004	
22	φ20φ	22	"	"	125.220	200	15	0.03	SLA22-90	φ20φ118R	"		
23	φ20φ	23	"	"	157.150	400	25	40	0.1	SLA22-90	φ20φ118L	"	
24	φ50φC	27	"	"	131.796	"	"	"	"	SLA22-70	FPE200R	"	
25	φ20φ	6	"	D	151	"	"	"	"	"	"	"	
26	φ100φFL	10	"	"	20.9	"	"	"	"	"	"	"	
27	φ100φFH	13	"	"	20.9	"	"	"	"	"	"	"	

表4 切削条件 (その1)

#### 4・4 切削油剤

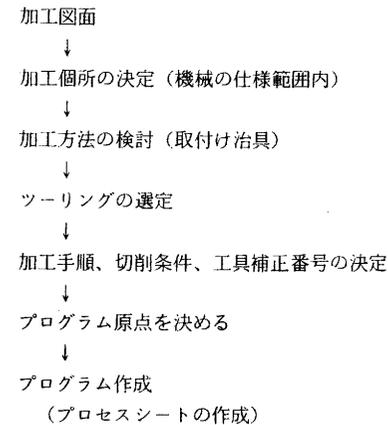
水溶性切削油の使用についても考慮したが、油剤の腐敗やサビあるいは不水溶性油剤との入換え時の不都合、加工材種から不水溶性切削油 (JIS-2 種16号該当) で活性硫酸塩型、発火点192℃の切削油剤を選定した。

### 5. プログラミング

4・1項で述べたとおり取付け治具にワークをセットしたときテーブルインデックス面の0度側に製品の穴径φ110がくるよう設計したので、ワーク座標系のG54を穴径φ110、G55を穴径φ26、

G56を穴径φ76の穴に設定した。ワーク座標は機械原点から見たプログラム原点までの寸法を設定するもので、バルブの様に3方向の加工が必要な場合にはテーブルインデックスの中心にその加工物の中心がセットできる治具を作らなければならない。治具によって加工物のセッティングが確実にできればテーブルに取付ける前に治具プレートの下面から鋳抜きφ99.5の中心までの高さからY軸の機械原点の高さ (テーブル面から50mm) を引いた値が、3方向のY軸設定値 (主軸の上下方向) である。X軸 (テーブルの左右方向) は機械原点 (テーブルの旋回中心) がG54、G56の設定値となりG55は加工物の中心からづれている方向とづれている寸法が設定値となる。またZ軸 (主軸の前後方向) は機械原点 (テーブルの旋回中心) と主軸端面までの寸法から3面の加工物中心からの寸法を引いた値がそれぞれのワーク座標系の設定値となる。プログラムの作成は工程順に従って加工個所の座標値、切削条件および工具補正番号等をメインプログラムに入れ、特殊な加工内容やツール交換位置、テーブルインデックスの安全位置およびテーブルの搬入、搬出パターンをサブプログラムに入れてメインプログラムに呼出す方式が一般的である。

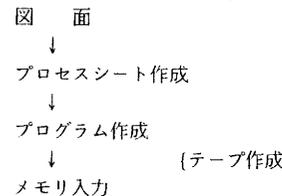
一般的なプログラミングの流れは次のとおりである。

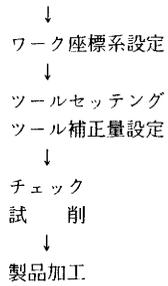


### 6. 結果と考察

#### 6・1 結果

プログラム作成を終った後、ツールセッティング、ツール補正量の設定およびワーク座標系の設定を行わなければならない。加工までの一般的な手順は次に示すとおりである。





試削に入れば治具剛性の適、不適が明確にされる。本研究でも試削した治具の剛性がテーマの大半を占めるため最重視していたところであるが、最初から多様化を求めた治具設計と使用部材の強度不足、さらに治具接合部がボルト止めであったことから最初の試削は失敗に終わった。このことから次への改良点として次項を挙げる事ができる。

- ①部材強度のアップ
- ②十分な剛性を持たせるため一体形式で組合せ、ボルト接合部を最少限に止める。
- ③標準部品の活用

この3項を重点に治具の再製作を行った。特に部材強度のアップを図るため部材の厚みを2倍にすると同時に、工数の低減と剛性を持たせるため溶接を多用して一体化を図った。再製作した治具を写真2に示す。

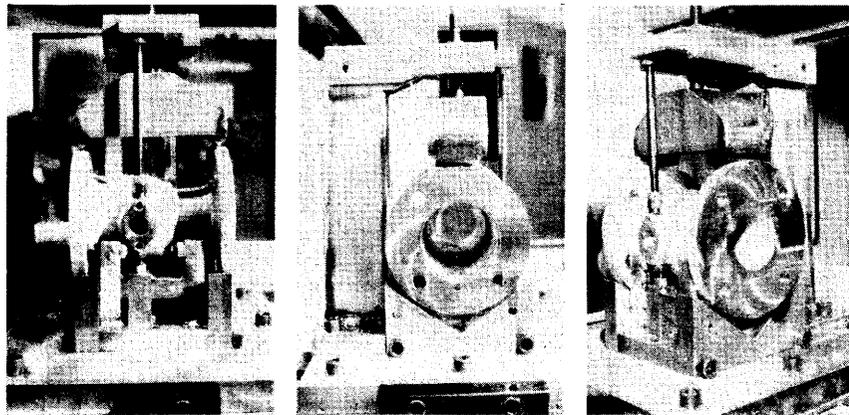


写真2 改良治具

バルブの様なボーリング工程の多い製品の場合、特に試削段階ではボーリングの内部が観察できないため、手動操作で寸法確認を十分行いながら作業を進めなければならない。2回目の試削を表4の切削条件で実施したが治具の剛性、部材補強の効果が顕著で切削時の問題はほとんど表われなかった。

そこで最初の治具と2個目の治具との簡単な比較をしてみると表5のとおりである。

表5 治具の比較

項目 \ 治具	治具 No.1	治具 No.2
材料費	26,890円	52,755円
製作日数	25日	14日
治具構造	段取替えの容易な組立式メカニカル構造	溶接方式による一体化構造
剛性	弱い	強い

このことから治具製作コストや治具の剛性等いずれを取ってもNo.2の治具が良いことが理解できる。

### 6・2 考察

治具の締付け力による影響を調べるため3種類の切削条件で平行度、真直度、直角度、真円度、表面あらさの5種類を特性値のデータとして比較すると図3のようになる。しかし、残念ながら治具締付け力を数値として取っておらず、感覚的に図2中の①を六角棒スパナで普通に締めた(小)、②は①よりも強く締めた(中)、③は六角棒スパナにパイプを差込んで締めた(大)とした。一方加工条件では①が $\phi 99.5$ 穴のエッジ部のバリを取るため仕上げ切削のあと再度、仕上げ加工の同一条件で切削している。②はバリ取りを除くため工程の変更を行い、③は工程を②と同様にして切削時間の短縮を図るため切削条件を変更している。

図2から加工条件に対する特性値の傾向を読むことはできるが締付け力の影響を判別することはできない。しかし、加工条件の違いによって傾向的に類似する特性値があることが理解できる。また締付け力に大きく影響を与える治具の剛性度合いを如何に測定するかが大きな課題

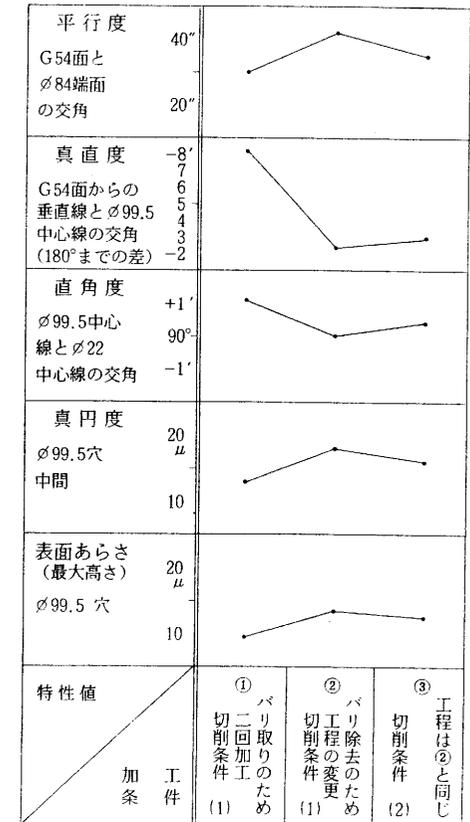


図3 特性値の比較

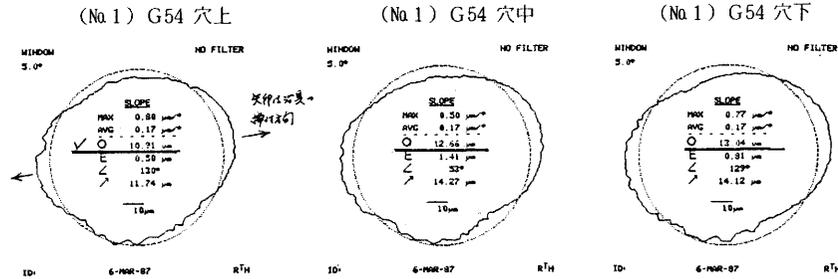


図4  $\phi 9.95$  穴の真円度

であり、個々の加工製品の最適加工条件を設定する上で重要な問題である。

さらに治具および締付け力に関係する特性値として真円度の変形方向が挙げられる。図4は真円度を測定した一パターンであるが図の様に卵形に加工された直径の大きな方向について検討したところ、その方向が治具の構造上極めて剛性が弱いと考えられる締付け方向の反力と合致する方向に変形していることがわかる。ただどこでも疑問が残る点は真円度を測定した $\phi 9.95$ の穴の位置(外側、中間、奥)と治具に取付けて製品を締付けている両側フランジ部との位置が穴のG54面(外側)側で一致していても円周方向片側約40mmの厚みと外周3点支持から二方向の真円度変形が締付け力による変形とは考えられない。ではその変形の要因は何なのか、行きつくところはやはり治具の構造上弱いと考えられる締付け部のアーム、つまりアーム部の剛性が弱いため起きるのであろう。今後はこの部分の構造を変更して真円度の変形原因を究明しなければならない。

切削時間について検討を行ったが、導入当初は機械の不慣れから切削条件を落さざるを得なかったが徐々にアップさせて、一般的な切削条件に近づけて行った。先の表4に示した切削条件で加工した場合の切削時間は66.5分を要しているが、切削状況や刃先の摩耗状態等を観察しながら切削条件をその都度向上させて行き、現状の最高切削条件では10分~20分の短縮で約50分の切削時間で加工を完了することが出来た。

机上の計算や各種文献のデータを参考にして切削条件を選定しても、その値通りに加工出来ないのが常識である。今回のバルブの加工条件においても今までの実験データや参考文献等を参考に選定をしているが実製品の切削では、いずれの場合も20%~30%ダウンさせた切削条件が適する傾向にある。現状での最適な切削条件を表6に示す。

## 7. まとめ

ステンレス鋼製ボールバルブ口径75mmの弁箱加工を横型マシニングセンタで行って実製品における取付け治具や切削条件を検討してきたところであるが結果をまとめると次のとおりである。

- ① 治具の設計図面は、出来るかぎり原寸で1.5 mm程度の誤差内で製図する。
- ② 治具の設計図面は、加工状態にある治具を作業者からみた平面図で必ず書く。出来れば作業者が設計・製図することが最良の方法である。
- ③ クランプ等締付け機構は正確な寸法で正確なクランプ位置を図示する。

MACHINE 使用機台		NC NC 装置		NC MACHINE DATA 加工指示書		PAGE				
HC 400		S&C/COMHY		加工指示書		PAGE 1				
PART NO. 部 号		WORKS OF TOOL 使用工具数		DRAWING 加工図		DATE 日 付				
3B		23				60.3.18				
PART NAME 部 名		CYCLE TIME 1サイクル時間		START POINT 加工開始点		NAME 名 姓				
ホムバルブ弁箱		50 MIN		T		植 田				
MATERIAL 材 質		START POINT 加工開始点		COOLANT 冷却液		MEMO 備 考				
S0513		T		OFF		T12 14 8' 29"				
PROCESS 工 程		TOOL 工 具		TOOL 工 具		T13 40' 9"				
23		L		L						
TAPE NO.		TOOL 工 具		TOOL 工 具						
		FACE		FACE						
No.	TOOL NAME 工 具 名	TOOL NO. 工具番号	TOOL LENGTH 工具長さ mm	NO. IF 工 具	TOOL OFFSET DATA	SPINDLE S r.p.m	FEED F mm/min	TYPE OF TOOL 工具の形式	TOOL 工具の形式	FACE 加工面
1	$\phi 100$ FC	29				278	100	2.7	$\phi 100$ FC	
2		1				600	188	300	$\phi 100$ FC	
3	$\phi 76$ B	3				225	18	45	$\phi 76$ B	
4	$\phi 83.8$ B	4				258	60	26	$\phi 83.8$ B	
5	$\phi 88$ B	5				203	80	30	$\phi 88$ B	
6	$\phi 90$ E	6				270	25	45	$\phi 90$ E	
7	$\phi 99.3$ B	7				258	80	51	$\phi 99.3$ B	
8	$\phi 101$ B	8				215	100	63	$\phi 101$ B	
9	$\phi 30 \times 3$ FL	10				85	16	11	$\phi 30 \times 3$ FL	
10	$\phi 22.5$ B	8				219	100	22	$\phi 22.5$ B	
11	$\phi 28.8$ B	11				222	80	46	$\phi 28.8$ B	
12	$\phi 12$ B	12				287	100	29	$\phi 12$ B	
13	$\phi 105 \times 16$ TH	13				106	20	266	$\phi 105 \times 16$ TH	
14	$\phi 20$ E	23				400	25	40	$\phi 20$ E	
15	$\phi 1.8$ B	14				276	60	88	$\phi 1.8$ B	
16	$\phi 25.8$ B	15				261	60	26	$\phi 25.8$ B	
17	$\phi 22$ B	16				1157	80	116	$\phi 22$ B	
18	$\phi 26$ B	17				1220	100	122	$\phi 26$ B	
19	CN	18				600		60	CN	
20	$\phi 19$ B	19				228	20	67	$\phi 19$ B	
21	$\phi 8.5$ B	20				761	20	148	$\phi 8.5$ B	
22	$\phi 10$ T	21				160	5	260	$\phi 10$ T	
23	$\phi 20$ B	22				621	50	27	$\phi 20$ B	

表6 切削条件(その2)

④ 実製品の加工に適した切削条件は、実験データや工具メーカーのカタログ値および計算値から20%程度下げた切削条件が妥当な傾向にある。

⑤ 取付け治具等個々の製品に必要な治具は自分のところで作るのが一番。治具も大事なソフトの一種である。

## (参考文献)

- 1) 井戸 深: セールスマンも教えてくれないマシニングセンタの選び方。プレス技術21, 5, (1983) 43。
- 2) 平松 満: NC旋盤において精密加工を実現する特殊チャック。機械と工具, 27, 8, (1983) 96。
- 3) 土肥嘉夫, 森 良克: フライス加工における高速切削化への動向。機械と工具, 27, 4, (1983) 43。
- 4) 窪田雅男, 永堀英雄: 加工用ジグ, 取付具の基礎。精密機械, 48, 11, (1982) 1。
- 5) データ活用研究会編: データ活用ハンドブック, 工作編。技術評論社, (1978)。
- 6) 樋口, 佐藤, 酒井, 矢野宏: 難削材の旋削におけるチャッキング現象の評価。機械と工具, 30, 2, (1986) 76。
- 7) 太田政勝: 治具・取付け具設計のポイントと手順。機械技術, 34, 8, (1986) 124。

# パーソナルコンピュータによる依頼試験事務 ネットワークシステムの開発に関する研究

主任技師 宮川 栄一

## 1. はじめに

近年、国内・国外を問わず企業間競争が激化しており、当地の地場産業であるバルブ企業にとって、今まで以上に高精度で高品質な製品や、付加価値の高い製品への移行が望まれるようになってきた。

このような情勢の中、当所には、毎年数千件のバルブ企業を中心とした依頼試験があり、特に材料試験、分析試験に関しては豊富なデータが蓄積されている。

このため、この各種依頼試験の結果をもとに、データの集計、統計的な解析を行えば、総合的に材料評価ができ、産地全体の材料特性や、材質毎の特性を把握できるとともに、管理技術を確認し、技術的問題点を抽出しながら、品質向上への技術指導を一層充実したものにすることができる。

以上の理由と、依頼試験事務の、より正確かつ迅速な処理を行うため、4台のパソコンを導入して、一連の依頼試験の事務手続きを全てコンピュータで処理できるネットワークシステムを計画し、その事務処理部門を開発したのでここに報告する。

なお、当システムの技術計算部門は62年度中に開発する予定である。

## 2. システムの概要

### 2・1 ハードウェアの構成

図1にシステム構成を示す。

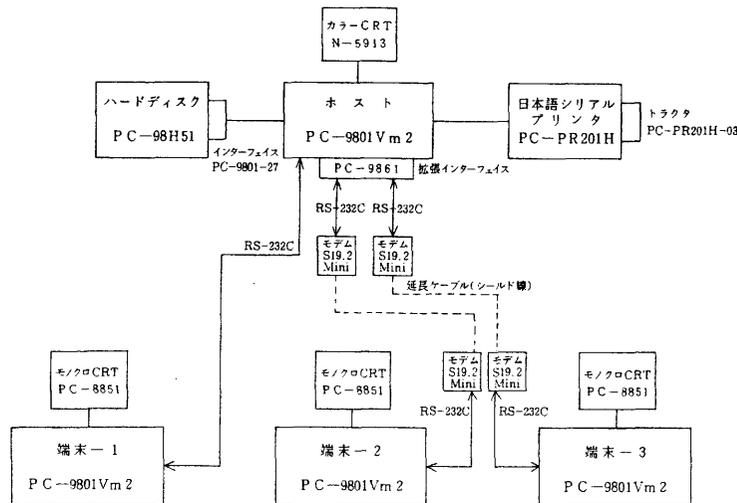


図1 システムのハードウェア構成図

当システムは、4台のパソコンから成っており、1台のホストコンピュータに3台の端末コンピュータが接続されている。端末は、各試験現場に配置されており、接続はRS-232Cインターフェイスを用いているが、遠い端末はモデムを介している。このため、ホストにはRS-232C拡張インターフェイスを備えている。

出力用としてのプリンタは日本語シリアルプリンタを使用し、第二水準ROMを備え、連続印刷のためのずれ防止にトラクタを備えている。

ディスク関係は、ホストは20MBのハードディスク1台と、1MBのフロッピーディスク2台、端末は1MBのフロッピーディスク2台を備えている。

### 2・2 ソフトウェアの構成

プログラム言語は、N88-日本語BASICを用い、ホスト側のプログラム数は13本、端末側のプログラム数は10本である。

プログラムの配置を図2に示す。

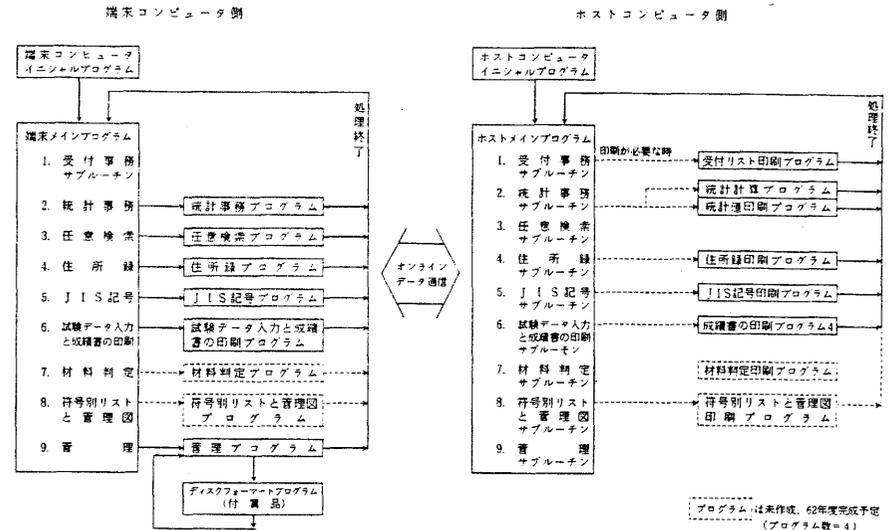


図2 システムのプログラム配置

受付事務は、メインプログラムの中に含まれており、その他の処理は単独に別のプログラムとして成り立っている。

また、ソフトウェアを開発する前に、入力すべきデータはコード分類し、その一部を次に示す。

#### ①試験内容のコード化

大分類コード番号

コード01 = 材料試験

02 = 組織試験



3・1・1

受付事務では、依頼試験の受付を行うルーチンで、企業側から申請提出された依頼書、データシートをもとに、必要な受付データを入力する。

入力する共通項目は、依頼企業名（企業コード番号）、試験の種類（試験コード番号）、試料数、試験成績書本文および図文の印刷様式と発行枚数である。

その後、各試験毎に試験項目の内容を画面の指示に従い入力する。

最後に、試料の符号およびJ I Sに基づく種類（J I Sコード番号）を入力する。

受付事項を全て入力し終われば、画面に、今まで入力したデータと計算された手数料の一覧表が表示され、最新の受付整理番号がホストから送信されてくる。入力の間違ひがないかを確認した後、ホストに送信して受付データファイルに登録を行う。

受付事務終了後は、最初のメニューに戻る。

3・1・2

受付リスト印刷では、1日の依頼試験の受付が終了した後、日付を入力し（通常は当日、他の日も可能）、受付項目の一覧表を印刷する。（参考：7.印刷様式 図10）

3・1・3

整理番号表示（最終）では、ホストの受付データファイルに登録されている、最終の整理番号を画面に表示させる。

3・1・4

整理番号表示（試験成績書未発行）では、今までの受付の中から試験成績書が未だ発行されていない受付の整理番号を捜し出し、画面にその一覧を表示させる。

3・2 統計事務

フローチャートを図4に示す。

3・2・1

統計事務では、1日の受付事務が終了した時、集計する日付を入力し（他の日も可能）各試験項目別（55項目）、地域別（50市町村、7地域）、材料別（4種類）、パルプ企業の試験項目別（55項目）について、各々、日計、月計、年計が計算され、ホストのフロッピーディスクにその集計結果が登録される。

3・2・2

統計値印刷では、3・2・1で登録された4種類の日計、月計、年計について、印刷する日付を入力し（他の日も可能）、その一覧表をプリンタに出力させる。（参考：7.印刷様式 図11）  
また、集計結果をホストから送信させて、画面表示することもできる。

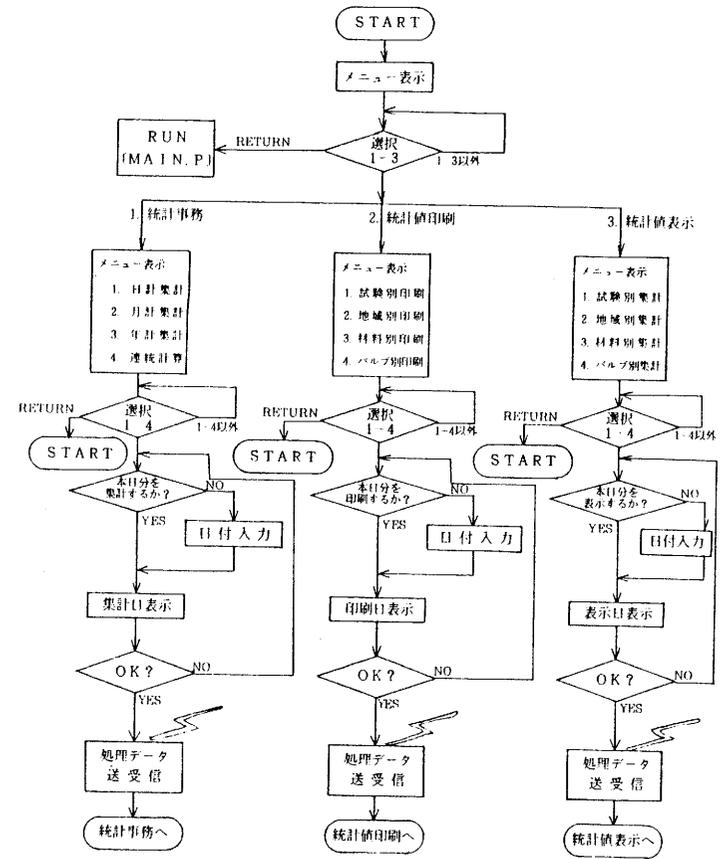


図4 統計事務フローチャート

3・3 任意検索

フローチャートを図5に示す。

この処理では、次に示すキーワードが画面表示され1つ選択する。

- キーワード
1. 整理番号
  2. 受付日
  3. 発行日
  4. 企業No
  5. 機指試No
  6. 試験の種類

キーワードとなるデータを入力すれば、キーワードデータが一致する受付データをホストが検索し、最新の受付から順にホストから送信されて、画面に受付内容および試験データが表示される。

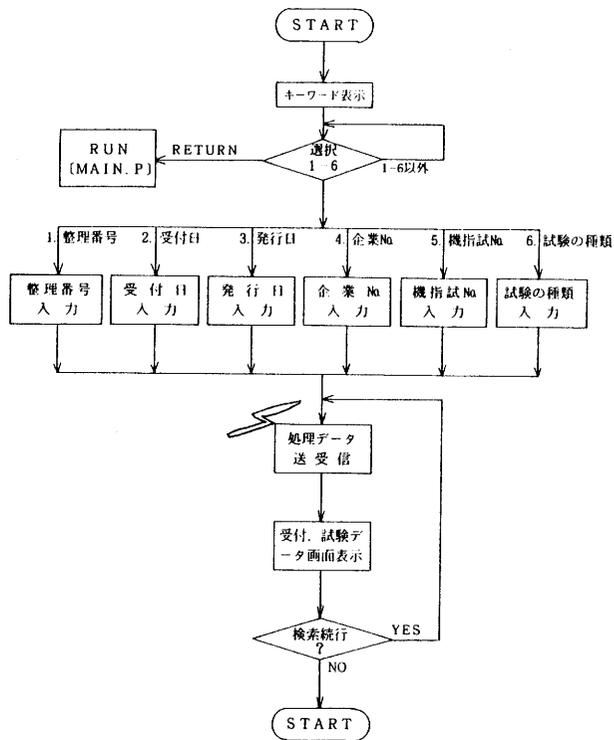


図5 任意検索フローチャート

### 3・4 住所録

フローチャートを図6に示す。

#### 3・4・1

住所録の登録・訂正・抹消では、ホストのハードディスクおよび端末のフロッピーディスクの住所録データファイルに新規に企業を登録したり、訂正あるいは抹消ができる。

登録内容は画面2ページで表示され、1企業につき、企業名、住所、電話番号、主要製品など35項目が登録できる。

#### 3・4・2

住所録の印刷では、ホストの住所録データファイルを有効利用して印刷できるメニューで、印刷様式の入力と、印刷企業データの入力を行って印刷する。

印刷様式と印刷データを次に示す。

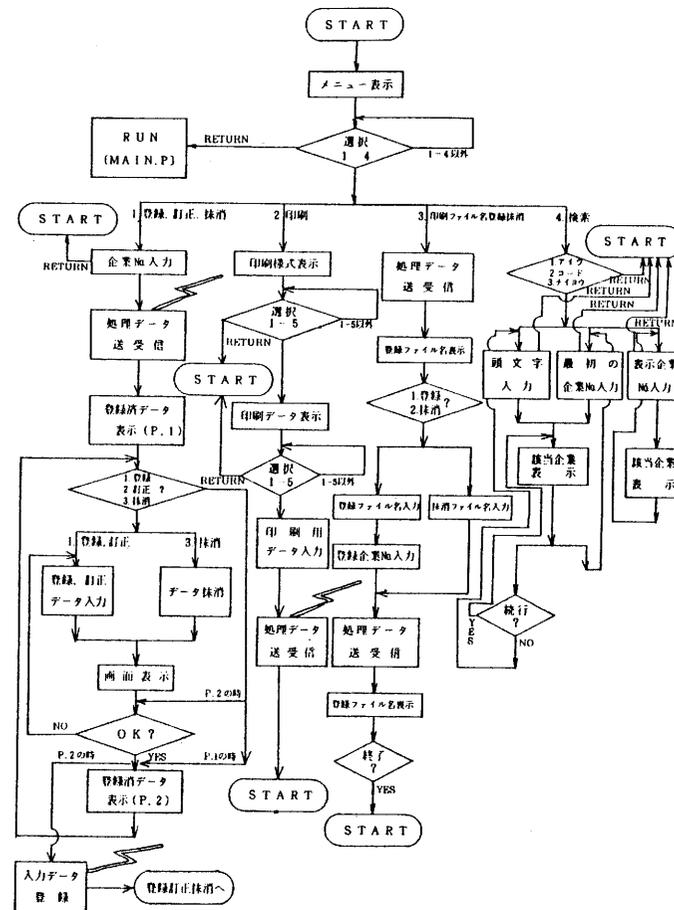


図6 住所録フローチャート

#### 印刷様式

1. 企業名、住所、郵便番号、電話番号の一覧表
2. 郵送用の宛名ラベル (タック紙)
3. 登録内容の一覧表 (35項目)
4. チェックフラッグ (11項目)

#### 印刷データ

1. コード番号 (順番)
2. コード番号 (順不同)
3. 登録ファイル名

- 4. 機工指だより
- 5. チェックフラッグ

なお、チェックフラッグは、1企業11バイト割りあて、バルブ企業、工業会員、案内等発送企業などの判別データ(1/0)である。

3・4・3

住所録の印刷ファイル名登録、抹消では、3・4・2の印刷データをあらかじめファイル名として登録するもので、1つのファイル名に最大300企業が登録できる。

3・4・4

住所録の検索では、主として端末の住所録データファイルを使用して、即座に企業名を捜し出すメニューで、キーワードとして頭文字を1文字(カナ文字)入力することにより、該当企業を順次20企業ずつ画面表示する。また、頭文字の後に“V”を同時入力すれば、そのうちのバルブ企業だけが表示される。

3・5 JIS記号

フローチャートを図7に示す。

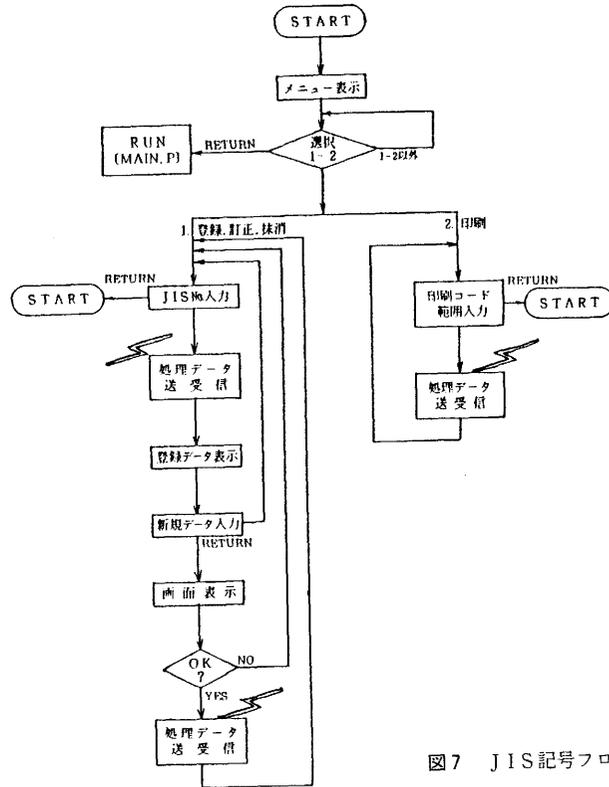


図7 JIS記号フローチャート

このメニューでは、試験成績書に印刷するJISの種類の漢字データを登録したり、訂正あるいは抹消ができる。

3・6 試験データの入力と試験成績書の印刷

フローチャートを図8に示す。

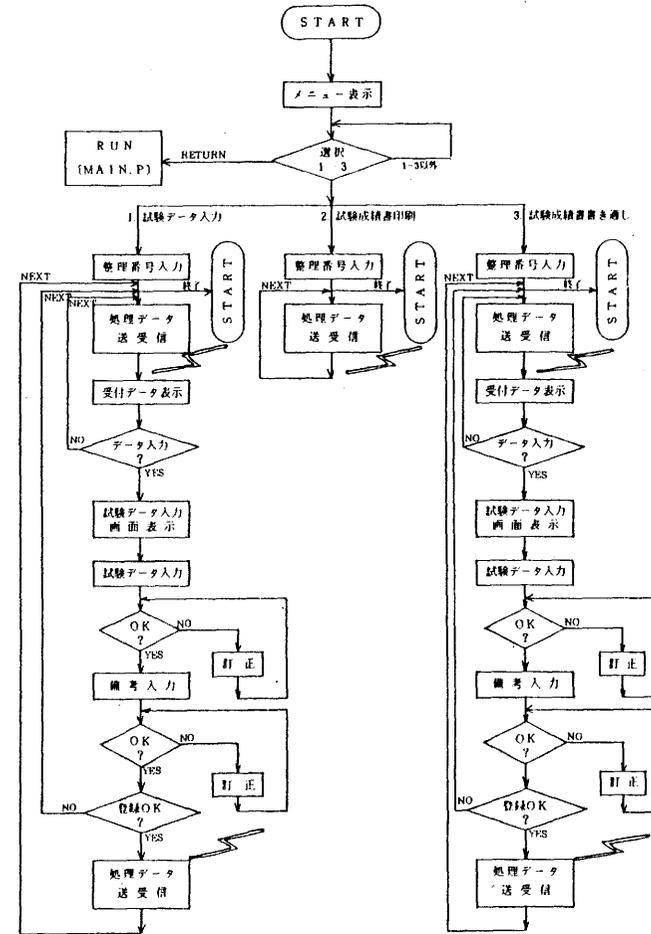


図8 試験データ入力と試験成績書の印刷フローチャート

3・6・1

試験データ入力では、受付整理番号を入力して、ホストの受付データファイルから該当する受付データを読み出せば、自動的に解釈され、各試験について必要な入力項目だけが表示され、指示に従って試験データを入力する。

試験データは登録用にデータ加工され、ホストの受付データファイルに再登録される。

### 3・6・2

試験成績書の印刷では、依頼企業の要望する様式、枚数で印刷され、連続30整理番号が印刷できる。(参考: 7. 印刷様式 図12~16)

なお、印刷後入力ミスに気づいた場合の印刷し直しも可能である。

### 3・7 管理

フローチャートを図9に示す。

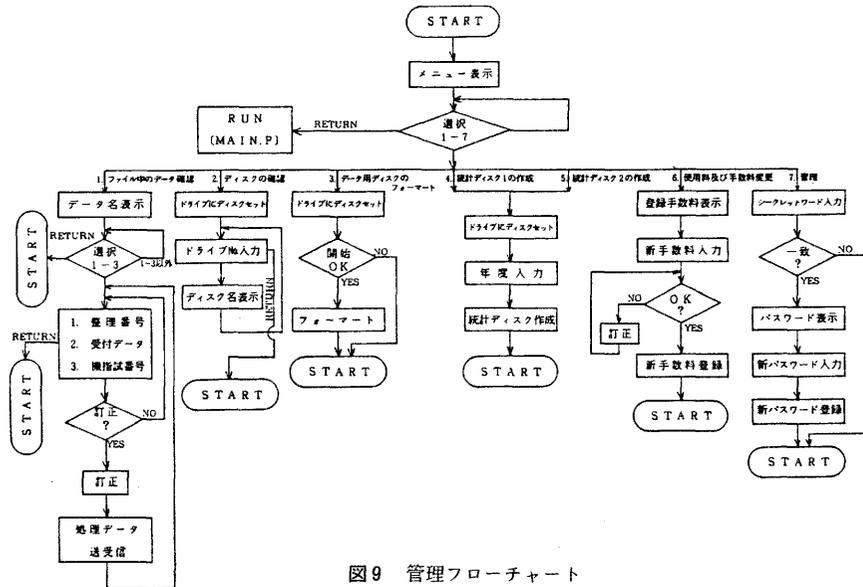


図9 管理フローチャート

ここでは、ホストのデータファイル中の登録データを、直接画面表示したり書き換えることができ、手数料の変更・登録もこのメニューで行う。

### 3・8 ホストコンピュータ単独処理

この処理は、端末とは無関係にホストのキーボード操作のみで行う処理で、通常のRS受信可能モードの時に、HELPキーを押すことによって分岐する。

この処理メニューを次に示す。

1. 受付データの保存
2. 住所録データの保存
3. JIS記号データの保存
4. 使用料および手数料の変更

5. 所長名の変更
6. 複本の印刷

## 4. データファイル

### 4・1 受付データ

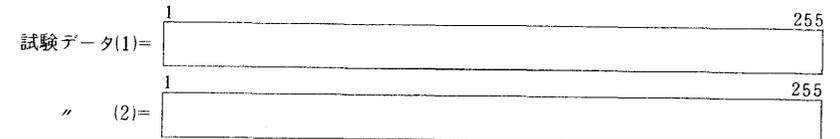
1整理番号毎に255バイトデータ1行を割り当てている。この内、200バイトは共通項目、残り55バイトは各試験項目である。



ただし、試料符号以外は全てコード化して加工している。

### 4・2 試験データ

1整理番号毎に255バイトデータ2行を割り当てている。ただし、データファイルマップは、各試験により異なり、登録の必要なデータが配置される。

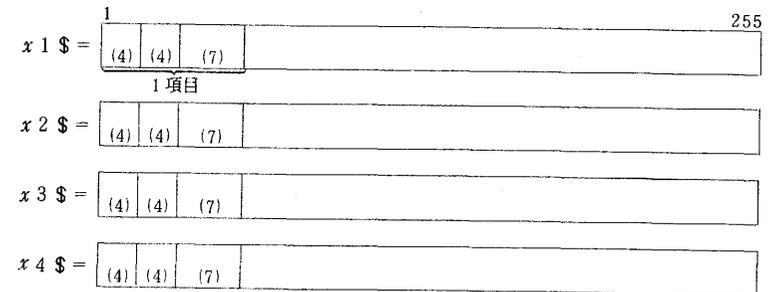


### 4・3 統計データ

#### 4・3・1 試験別集計データ

日計、月計、年計いずれも1日毎に255バイトデータ4行を割り当てている。また、1項目当りは15バイトである。

日計



月計、年計は日計と同じ(各255バイト×4行)。

4・3・2 地域別集計データ

試験別データと同じである(各255バイト×4行)。

4・3・3 材料別集計データ

日計、月計、年計いずれも1日毎に255バイトデータ1行を割り当てている。配列は、試験別データと同じである。

4・3・4 パルプ別集計データ

試験別データと同じである(各255バイト×4行)。

4・4 住所録データ

1企業毎に255バイトデータ2行を割り当てている。



5. データ通信

パソコン間のデータ通信は、RS-232Cインターフェイスにより行い、ホストには3つの端末に対応するため拡張インターフェイスを備えている。

ホストは通常、時間表示のループルーチンで待機しており、端末からの割り込み信号が発生した時に処理ルーチンへ分岐する。データファイルへのアクセス処理は、ホストメインプログラムにより処理されるが、印刷処理が必要な場合、サブプログラムがRUNされて印刷される。

また、印刷中に割り込み信号が発生した場合も(二重割り込み)、割り込み可能な処理の間(COMON)であれば、分岐処理が可能である。

ホストは、割り込み処理中は、割り込み端末番号および処理内容などが表示される。

6. 処理時間

当ネットワークシステムによる主な処理時間および印刷時間を次に示す。時間は、端末が次の処理に移れるまでの時間であり、プログラムのLOAD時間、ホスト-端末間通信時間を含むもので、すべて受付1件(1整理番号、1試料)についてかかるものである。

ただし、( )内は正味印刷時間である。

- (1) 整理番号…………… 1秒
- (2) 受付事務……………約1分
- (3) 受付登録…………… 2秒
- (4) 受付リスト印刷……………約20秒
- (5) 統計事務…………… 2分~5分

- (6) 統計値印刷……………16秒(1分35秒)
- (7) 検索表示……………10秒
- (8) 住所録登録…………… 6秒
- (9) J I S記号登録…………… 1秒
- (10) 試験データ登録…………… 8秒
- (11) 試験成績書の印刷(2枚1組)……………3分15秒(5分00秒)
- (12) その他のデータ転送・登録……………10秒以内

7. 印刷様式

当ネットワークシステムでプリンタに出力できる印刷様式は28種類であり、漢字を多用して見易くしている。

主な様式を図10~図16に示す。

受付リスト							〔昭和62年 8月 1日〕	
整理番号	企業名	依頼項目	数量	符号	種類	発行枚数	調定額	
1001	滋賀県立機械金属工業指導所	材料:抗折,引張,硬さ,	3	F1234 45678 9012	FC20 FC20 FC20	R1 *0	9,600	
1002	滋賀県立機械金属工業指導所	組織:視野1,焼増2,試験 耐寒:試験数=5	1	加1234	FCD45	T1 *0	4,000	
1003	滋賀県立機械金属工業指導所		2	—	—	R1 *0	30,000	
1004	滋賀県立機械金属工業指導所	分析:定性:指定成分 C, Si, Mn, P, S, Cu, Sn, Zn, Pb,	2	No.1 No.2	コウサイ コウサイ	R1 *0	14,200	
1005	滋賀県立機械金属工業指導所	分析:定性:全成分	3	F1234 5678 9012	BC6 BC6 BC6	T1 *0	12,000	
1006	滋賀県立機械金属工業指導所	分析:C, Si, Mn, P, S, Mg,	1	F1234	FCD45	T1 T1	12,450	
1007	滋賀県立機械金属工業指導所	鑄物:水分,透気性, 抗 圧,粘土分, 粒 度,	2	No.101 No.102	—	R2 *0	9,950	
1008	滋賀県立機械金属工業指導所	精密:ブロックゲージ 呼称長25mm未満	1	—	—	T1 *0	1,500	
1009	滋賀県立機械金属工業指導所	特殊:平面度測定	1	No.30	コウサイ	T1 *0	1,200	
1010	滋賀県立機械金属工業指導所	設備:中ぐり04,	0	—	—	—	5,600	
1011	滋賀県立機械金属工業指導所	簿本:昭和62年度受付 機指試N O=1234	0	—	—	T1 *0	350	
合計	11 企業			16 試料			100,850 円	

図10 受付リスト印刷様式

試験別集計表 [昭和62年 7月31日]

項目名(試験名)	日 計		月 計		年 計		
1. 設備使用	0件/	— /	0円	2/ 0/	1200	3/ 0/	1800
(1) 通気性試験器	0件/	0回/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(2) 鋳物砂強弱試験器	0件/	0回/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(3) 迅速水分試験器	0件/	0回/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(4) 砂 洗 器	0件/	0回/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(5) ロータップ定時篩器	0件/	0回/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(6) 光学式治具中くり盤	0件/	0回/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(7) 万能工具研削盤	0件/	0回/	0円	2/ 2/	1200	3/ 3/	1800
2. 材料試験	7件/	12N/	32100円	133/ 235/	591200	486/ 787/	1919000
(1) 硬さ試験	4件/	6N/	4800円	61/ 88/	70400	218/ 306/	244800
(2) 硬さ分布試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	8/ 8/	17600
(3) 同 11点以上	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	3/ 3/	6600
(4) 引張試験	7件/	12N/	14400円	131/ 233/	279600	461/ 755/	906000
(5) 圧縮試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	3/ 3/	3600
(6) 抗折試験	3件/	5N/	6000円	50/ 74/	88800	176/ 250/	300000
(7) 曲げ試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	5/ 9/	10800
(8) 剪断試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(9) 衝撃試験(常温)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	6/ 9/	10800
(10) 衝撃試験(低温)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(11) 降伏点試験	0件/	0N/	0円	3/ 3/	3600	10/ 14/	16800
(12) 耐力試験	2件/	4N/	4800円	40/ 81/	97200	138/ 211/	253200
(13) 伸び試験	4件/	7N/	2100円	75/ 145/	43500	259/ 444/	133200
(14) 絞り試験	0件/	0N/	0円	7/ 27/	8100	16/ 52/	15600
3. 試料調整	1件/	1N/	1500円	5/ 11/	16500	46/ 64/	96000
4. 組織試験	1件/	1N/	2000円	5/ 11/	24000	38/ 56/	151750
(1) 金属顕微鏡写真	1件/	1枚/	2000円	5/ 11/	22000	38/ 70/	140000
(2) 焼 増	0件/	0枚/	0円	2/ 8/	2000	9/ 47/	11750
5. 耐寒試験	0件/	0試/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
6. 分析試験	1件/	1N/	8000円	38/ 70/	616000	169/ 262/	2238000
(1) 定性分析(指定)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(2) 同 1成分増	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(3) 定性分析(全成分)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	3/ 3/	12000
(4) 定量分析	1件/	1N/	8000円	38/ 70/	616000	166/ 259/	2226000
(5) 同 成分数	1件/	4成/	8000円	38/ 308/	616000	166/ 1113/	2226000
7. 鋳物砂試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(1) 水分 測定	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(2) 通気性試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(3) 抗圧 試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(4) 粘土分試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(5) 粒度 試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
8. 精密測定	0件/	0N/	0円	4/ 15/	46400	5/ 17/	48400
(1) 長さ(<1/1000)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(2) 同 (>1/1000)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(3) 角度測定(>=1分)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(4) 同 (>=1度)	0件/	0N/	0円	1/ 1/	1100	1/ 1/	1100
(5) ねじの測定	0件/	0N/	0円	2/ 8/	36300	2/ 8/	36300
(6) 表面粗さ測定	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	1/ 2/	2000
(7) ブロック(<25mm)	0件/	0N/	0円	1/ 6/	9000	1/ 6/	9000
(8) 同 (>=25mm)	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
(9) その他ゲージ	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	0/ 0/	0
9. その他特殊試験	0件/	0N/	0円	0/ 0/	0	2/ 0/	22500
10. 成績書複本または証明書	7件/	11枚/	3850円	94/ 156/	55100	390/ 611/	216850
(1) 和文	7件/	11枚/	3850円	91/ 151/	52850	369/ 581/	203350
(2) 欧文	0件/	0枚/	0円	3/ 5/	2250	21/ 30/	13500
合 計	9件/	14N/	47450円	187/ 331/	1350400	714/ 1122/	4694300

図11 試験別集計表印刷様式

試 験 成 績 書

機 指 試 第 2001 号  
昭和 62 年 08 月 01 日

依頼者 住所 彦根市岡町52番地  
氏名 滋賀県立機械金属工業指導所

法 政 大 学 立  
機 械 金 属 工 業 指 導 所 長

受付日 昭和62年08月01日  
試 験 名 材 料 試 験

試験の結果は下記のとおりです。

項 目	種 類	記 号	精放 寸法 (mm)	最大荷重 (kgf)	引張 断面 (mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	硬さ H B	備 考
71234	ねずみ鋳鉄	FC20	30.6	1235	8.4	26	211	—
45678	ねずみ鋳鉄	FC20	30.5	1144	9.9	26	186	同上
99012	ねずみ鋳鉄	FC20	30.7	1290	9.4	22	169	同上
以下余白								

1. 引張試験片 JIS Z 2201(金属材料引張試験片)BC号試験片  
2. 試験方法 日本工業規格に規定する方法

図12 材料試験試験成績書印刷様式

試 験 成 績 書

機 指 試 第 2002 号  
昭和 62 年 08 月 01 日

依頼者 住所 彦根市岡町52番地  
氏名 滋賀県立機械金属工業指導所

法 政 大 学 立  
機 械 金 属 工 業 指 導 所 長

受付日 昭和62年08月01日  
試 験 名 組 織 試 験

試験の結果は下記のとおりです。

符 号	71234
種 類	球状黒鉛鋳鉄
記 号	FCD46
筒 寸	5%ナイター
倍 率	50×3.4
備 考	破損部分

図13 組織試験試験成績書印刷様式

試 験 成 績 書

機指試第 2005 号  
昭和 62 年 08 月 01 日

依頼者 住所 彦根市岡町52番地  
氏名 滋賀県立機械金属工業指導所

法 政 大 学 立  
機 械 金 属 工 業 指 導 所 長

受付日 昭和62年08月01日  
試験番号 分 析 試 験

試験の結果は下記のとおりです。

行号	項 目 種 類 記号	化 学 成 分 (%)						備 考
		Cu	Sn	Zn	Pb			
71234	青銅鋳物 HC6	84.8	4.3	5.6	5.2	—	—	—
56678	青銅鋳物 HC6	85.1	4.1	4.8	5.9	—	—	—
29012	青銅鋳物 HC6	85.3	4.4	5.0	5.2	—	—	—
以下余白								

図14 分析試験試験成績書印刷様式

Test No. 2004

RESULTS OF MATERIAL TEST

Requesting company : Shiga Prefectural Institute Date of request: August 01, 1987

Location of principal office: 52 Oka-machi Hikone-city  
Shiga Japan

Mechanical Testings

ITEM Test Mark	Diameter cast of test specimen mm	Tension test				Deflection test		Hardness test (H B)	Impact test ( J )
		Yield point kgf/mm <sup>2</sup>	Yield strength kgf/mm <sup>2</sup>	Maximum load kgf	Tensile strength kgf/mm <sup>2</sup>	Elonga- tion %	Maximum load kgf		
71234 ASTM A 126	30.6	—	—	—	26	—	1235	8.4	211

Remarks: \_\_\_\_\_

I here by certify the above to be true and correct.

Date August 01, 1987

Shigeo Ueda  
Director Shiga Prefectural  
Institute for Machine & Metal Industry.

図15 材料試験欧文試験成績書印刷様式

Test No. 2003

RESULTS OF MATERIAL TEST

Requesting company : Shiga Prefectural Institute Date of request: August 01, 1987

Location of principal office: 52 Oka-machi Hikone-city  
Shiga Japan

Chemical Composition (%)

ELEMENT	C	Si	Mn	P	S	Max.				
71234 FCD45	3.54	2.13	0.24	0.001 Max.	0.005	0.038	—	—	—	—

Remarks: \_\_\_\_\_

I here by certify the above to be true and correct.

Date August 01, 1987

Shigeo Ueda  
Director Shiga Prefectural  
Institute for Machine & Metal Industry.

図16 分析試験欧文試験成績書印刷様式

## 8. ま と め

当ネットワークシステムの特徴を示すと、以下ようになる。

- (1) 汎用のパーソナルコンピュータを使用しているため、設備費が比較的安い。
- (2) 当システムは、受付事務と試験成績書の作成について、従来の手書き作業が全てなくなり、大幅なスピードアップが図れる。
- (3) 項目や数値はキーボードからの入力によりコード化されて受付データファイルに登録されるため、年に3~4枚のフロッピーディスクの保存だけで済む。
- (4) データの入力は、全てメニューに表示され、しかも対話式であるため、誰でも使用できる。
- (5) 画面表示は、できるだけ漢字を使用しているため見易い。
- (6) 試験成績書も一部を除き、できるだけ漢字を使用しているため、従来の手書きの試験成績書と変らない。
- (7) 当所で実施している依頼試験のうち、特殊試験を除き、ほとんど対応できる。
- (8) 当システム稼働後は、試験データは全てデータファイルに保存されているため、複本の発行が簡単である。
- (9) 整理番号や機指試番号がコンピュータ自身によって管理されるため、試験成績書発行時の誤りがない。
- (10) 検索機能により、依頼者からの試験完了の有無についての問い合わせに、ただちに対応できる。
- (11) 住所録データファイルが、試験成績書の印刷以外にも利用できるため、郵送用のラベル印刷な

どができる。

⑫ 問題点として、ホストに複数の端末から全く同時に割り込み信号が入った場合、バッファオーバーフローが発生し、プログラムが停止する時があり、通信処理のソフトウェアを改良しなければならない。

## バルブ材料の熱疲労と引張強度に関する研究

主 査 樋 口 英 司  
" 佐 藤 真 知 夫  
主任技師 酒 井 一 昭

### 1. はじめに

バルブ主要材料が各種の使用温度条件下で用いられた場合の強度的な諸特性の劣化現象を知る事は設計上の重要な課題である。特に、材料が外的な拘束を受け温度変化に伴う自由膨張が阻止されるような時、これが周期的あるいは熱負荷が急激となれば材料は損傷して破壊し易くなる。

一方、企業で品質管理的に行われている強度試験は、通常、JIS規定に基づき実施され、この結果に依り概ね材質の良否を判断し、クレーム処理などで実体強度を調べる必要が生じた時でなければ製品の現物強度を知る事は少ない。しかし、規定の材質試験だけでは過酷な環境下に対する強度特性が明確化されないため、実際の強度問題を考えることに無理が生じる。

このようなことから、当所では昭和59年度から3年計画を立て、これまで、製品の实体強度を推定する時に問題となる材料の組織状態(熱処理)、試験片の形状・寸法、さらに環境条件として加熱・冷却といった温度変化の繰返しに耐衝撃に与える影響を調べてきた。今年度は計画の最終年度として、熱応力の変動が繰返し作用する温度環境下における強度特性を調べたので、以下にその結果を報告する。

### 2. 実験方法

熱疲れ現象は各種要因が複雑に絡み、その効果を定量化することは非常に困難である。しかし、熱疲労強度を支配する最も基本的因子がひずみ範囲であることから、試験片を拘束させ、これに周期的な温度変化を与えるような装置は紹介されている。<sup>1)</sup>

本実験においても、これを参考にして試験片と線膨張係数が大きく異なっている材料を用いて、試験片を拘束し、そのままの状態を熱環境下に置いた。

試験片、拘束状態、熱負荷の方法を次に示す。

#### (1) 試験片

熱応力は小さなひずみ量に起因するものであっても、破壊時に伸びをほとんど呈さない脆性材料では非常に大きな値となる。また、中常・低温用鋼の使用温度範囲内で熱変動を生じた時、この変化が急激であれば脆性材料部内において容易に破壊応力が作用することが知られている。

そこで、バルブ主要材料のうち熱疲労現象が最も顕著であると予想される鑄鉄を試験片の材質に選定した。

鑄鉄の熱疲労は、金型設計などで問題となることから既に国立の研究機関等によりそのデータが公表されているが、ここでは熱応力の効果を単一方向の引張(圧縮)応力として適確に検出させることを考え、FC15、FC D45の材料を図1のような切欠部のある薄板状の試験片に加工した。

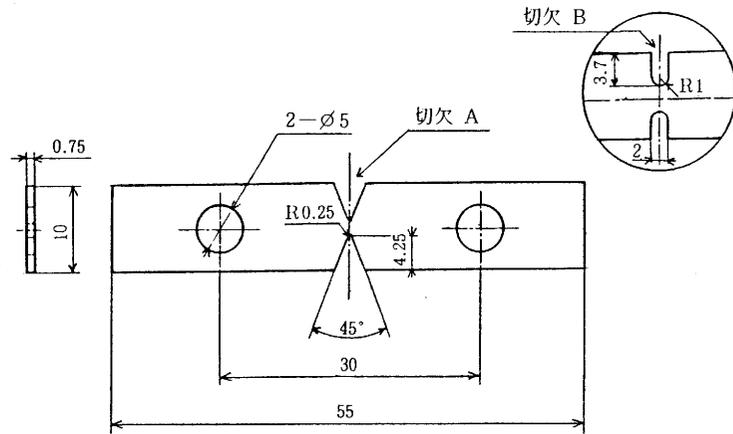


図1 試験片

(2) 拘束状態

上記の試験片を拘束するため、板状のアルミ材（寸法10×55mm、厚さは試験片の約2.5倍）にφ5の穴を施し、M5の十字穴付き小ねじでアルミ材に試験片を取り付けた。図2はその締付け状態である。このような拘束状態で注意を要するのは、2つの連結材に施した穴加工の精度が不十分なため、拘束状態が悪くなることである。つまり、穴加工において目標寸法が得られるように作業するが、実際にははめ合い寸法の都合から僅かに目標径より大きくなる。またセンター穴のズレによっても拘束が悪くなる。この種の寸法誤差で生じる拘束の鈍化を図のナットおよびボルト頭部の両座面で補正できるようボルトを締付けた。

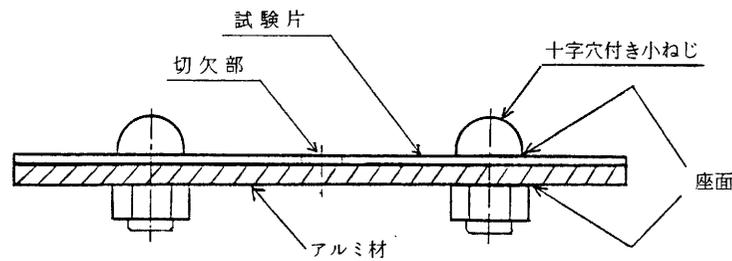


図2 拘束状態

(3) 熱負荷の方法

熱負荷に利用した設備はタイエスベック(株)製の冷熱衝撃試験器、TSR-63型である。

図3はその構造を示す。

試験片が置かれたテストエリア内には、約10秒で回転するチャンバーによって図4の熱負荷が周期的に与えられるようセットした。1サイクル当り約1時間で運転し、高温側で200℃の時に

10分間保時、低温側-60℃では5分間保時とした。残りの時間は温度が安定するために要した。温度高低の割合は、高温側から低温側にチャンバーが開放された後、低温域で温度が安定状態になるのに3/4、そして低温側から高温域の場合には1/4である。

このようにして、-60~200℃の温度範囲の加熱、冷却を交互に施すことにより生じる温度勾配の繰返しを試験機の2ゾーン方式で試験片が亀裂または破断するまで与えた。

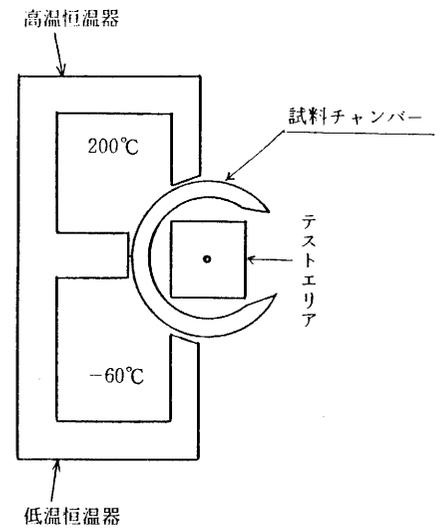


図3 冷熱衝撃試験器の構造

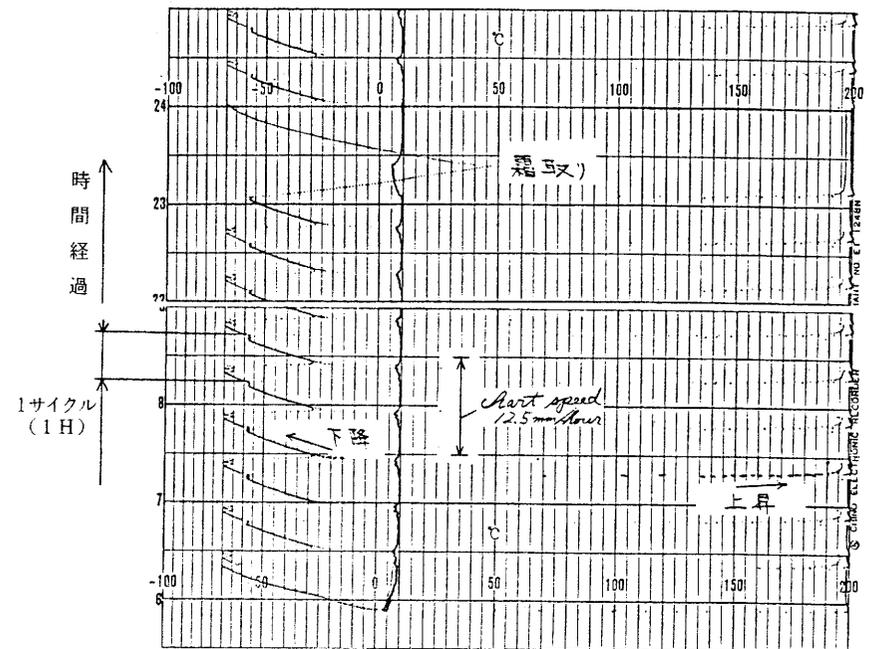


図4 熱負荷

### 3. 実験結果

切欠形状A、Bの試験片において表1の実験結果を得た。

表1 実験結果

材質	切欠	サイクル数								
		1	16	32	65	159	176	362	425	452
F C 15	A 7本	破① 亀① 微亀①	破③ 微亀③	破⑥ 亀①			中		止	
	B 18本	継続	継続			亀① 微亀②	破① 微亀②	破② 微亀④	継続	破④ 亀① 微亀⑤
F C D45	A 7本	変化なし					中		止	
	B 18本	継続	継続	亀①			継続	継続		破② 微亀②

1. 破…破断, 亀…亀裂, 微亀…微小亀裂
2. ○内数字は各現象の数(試料数)

まず、Aについて、F C 15は32サイクルで試料7本のうち1本が切欠部に大きな亀裂を生じ、他は全てこの部分で破断した。一方、F C D45は同じサイクルで何の変化も見られなかった。拘束の有無による違いを知るため、同じ切欠の試料において両材質、各7本、同サイクルの熱負荷を拘束しないで与えたところ、予想どおり何の変化も認められなかった。

従って、前者の破壊現象は明らかに拘束状態で発生する熱応力によるものと判断される。

次に、Bの場合であるが、これはAに比較して、切欠深さと形状効果等の違いからサイクル数がある程度大きくならないと熱疲労現象は見られない。

以上のように、熱疲労はF C 15、F C D45の両材質で生じ、F C D45よりもF C 15の方がより顕著である。また切欠の違いによって破壊に至るサイクル数が異なり、中でも、切欠AのF C 15は1サイクルでも既に破壊した試料があった。

これらの亀裂面を光学顕微鏡で観察したところ、F C 15は近隣する黒鉛を縫うように亀裂が進行しており静的な破壊と何ら区別できない。しかし、F C D45では切欠部から発生する亀裂はやや複雑な現象となっている。写真に特徴的な例を示した。この亀裂は65サイクルで切欠Bに生じたものであるが、亀裂の開始点はフェライト粒界より伝播し、黒鉛の円周に沿うようにして次の粒界へと進行している。そして、亀裂は黒鉛で止まっている。

ここで、切欠効果の影響を知るため、熱疲労が著しいF C 15について、表1のデータを利用して累積法の解析を行った。

写真

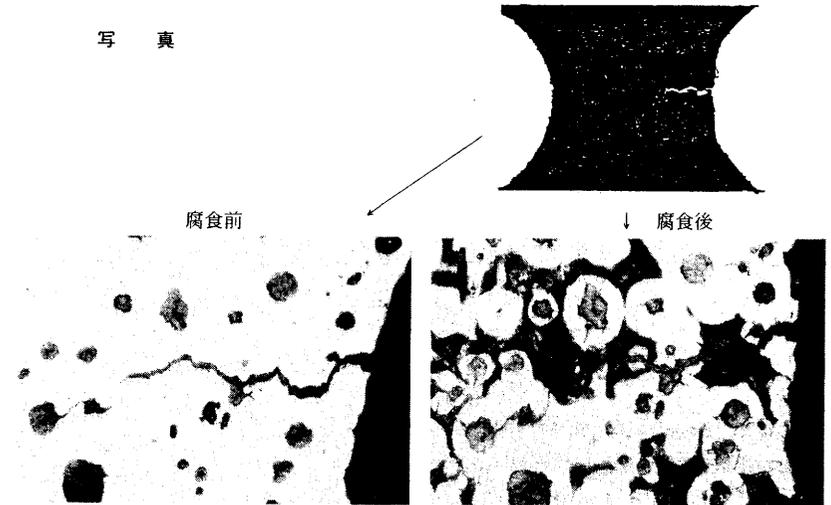


表2 破壊現象の分類 (F C 15の場合)

切欠	サイクル組 N回	度 数				累 積 度 数			
		I なし	II 微亀 小裂	III 亀 裂	IV 破 断	I	II	III	IV
A	N1	4	1	1	1	4	5	6	7
	N16	1	3	0	3	1	4	4	7
	N32	0	0	1	6	0	0	1	7
	計					5	9	11	21
B	N159	15	2	1	0	15	17	18	18
	N176	15	2	0	1	15	17	17	18
	N362	14	2	0	2	14	16	16	18
	N452	8	5	1	4	8	13	14	18
	計					52	63	65	72

表2は表1の破壊現象を4組に分類して、各組に属している現象の数を度数および累積度数で表わした。表2中の累積度数を使って計算するが、各組は解析の対象となるデータ数が異なるので、各組に重み付けする必要がある。手順は普通の分散分析と同様である。最終組は水準毎のデータの総数であり解析に関係ないので、I~III組について計算する。切欠Aの場合を例にとれば次のようになる。

まずI組の重みは、

$$W_I = \frac{1}{P_I(1 - P_I)} = \frac{1}{\frac{5}{21}(1 - \frac{5}{21})} = 5.512$$

( $P_I$ : I組の出現率)

として求め、他の組も同様に計算すれば、

$$W_{II} = 4.083, \quad W_{III} = 4.009$$

を得る。

総合した修正項は各組の平方和にこれらの重みを掛け加えて、

$$CF = CF_I \times W_I + CF_{II} \times W_{II} + CF_{III} \times W_{III}$$

$$= \frac{5^2}{21} \times 5.512 + \frac{9^2}{21} \times 4.083 + \frac{11^2}{21} \times 4.009$$

$$= 45.41 \quad (f = 1 \times 3)$$

またサイクル数の効果は、

$$SN = S_{NI} \times W_I + S_{NII} \times W_{II} + S_{NIII} \times W_{III}$$

$$= \left( \frac{4^2 + 1^2 + 0^2}{7} - \frac{5^2}{21} \right) \times 5.512 + \dots$$

$$+ \left( \frac{6^2 + 4^2 + 1^2}{7} \right) \times 4.009$$

$$= 22.24 \quad (f = 2 \times 3)$$

となる。

ここで、 $S_T = 21 \times 3 = 63$  ( $f = 60$ ) であるから、 $S_e = S_T - S_N = 40.76$  ( $f = 54$ ) となる。  
この計算を切欠Bの場合についても行えば表3のサイクル数の効果を示す分散分析表が得られる。

表3 サイクル数Nの効果

切欠	A			B		
	f	S	V	f	S	V
N (サイクル)	6	22.24	3.71	9	20.41	2.27
e	54	40.76	0.75	204	195.59	0.96
T (合計)	60	63.00		213	216.00	

#### 4. 考察

まず、4項で示した統計手法による解析結果について、試験片の形状と冷熱のサイクル数との関係を検討し、次に、3項の実験結果を基に冷熱の繰返しで生じる破壊現象を熱応力とひずみの発生に依るものとして順次検討を加えた。最後に総括の意味から、熱疲労と引張強度を関連付ける要因について考察した。

##### (1) 形状効果

図5は表2のI組とIV組の度数を百分率に直し、サイクル数の増加に伴う各現象の比率の変化を示した。この現象を定量化したものが4項の表3である。つまり、Aでは1~32サイクルで著しい現象変化があるのに対して、Bはこれより一桁大きいサイクルでも約半分しか現象変化が見られていない。切欠部の形状によってサイクル数Nの大きさと現象が変化するNの範囲が変わってくるのである。このことは材料の熱疲労現象を考える時に基本的な要素となる。また、切欠AはN=1でも破壊を生じたものもあり、この現象は熱衝撃(熱負荷が衝撃的に与えられ、1回ないしは数回で破壊する現象)と考えられる。

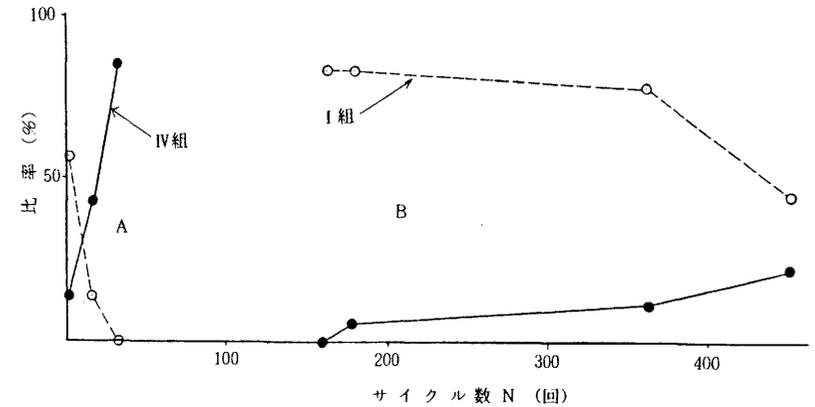


図5 破壊比率とサイクル数 (FC15のデータ)

しかし、他の場合は、熱負荷時のチャンバーが約10秒で回転するから、テストエリア内は低温から高温に曝されると僅か数分で試料近傍は約200℃の雰囲気温度となり、鋳鉄より線膨張係数の大きいアルミ材によって試験片に引張力が作用し、サイクル数の影響を受けて破壊する。

##### (2) 全ひずみ幅

図6に熱疲労試験の応力とひずみの一般的な関係を示した。熱負荷の繰返しでひずみ  $\epsilon_{min} \sim \epsilon_{max}$  の間を一定のループを画く。ここでの熱負荷の条件は圧縮と引張の両方が作用し、また鋳鉄の静的な機械的性質は圧縮と引張では強度特性にかなり違いがあるので、本実験においては図中の各ひずみ表記に分離して検討することができないと考えられる。

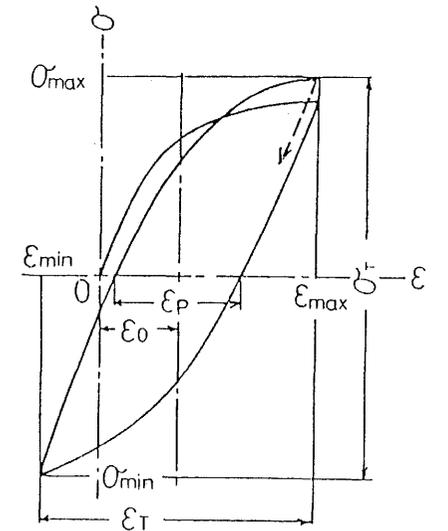
そこで、ここでは試験片に発生した全ひずみ幅  $\epsilon_T$  を次式で推定した。

$$\epsilon_T N^\alpha = K \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\alpha, K \text{ は係数で、}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{FC15} \text{ --- } \alpha = 0.22 \\ \text{K} = 1.5 \\ \text{FC45} \text{ --- } \alpha = 0.25 \\ \text{K} = 11 \end{array} \right.$$

(1)式を変形すると、 $\epsilon_T = K/N^\alpha$ 、これに各係数とサイクル数を代入すれば、



$\epsilon_0$ : 平均ひずみ       $\epsilon_{min}$ : 最小ひずみ  
 $\epsilon_T$ : 全ひずみ幅       $\epsilon_{max}$ : 最大ひずみ  
 $\epsilon_p$ : 塑性ひずみ幅       $R = \epsilon_{min} / \epsilon_{max}$  (ひずみ比)

図6 応力とひずみの関係

表4のような全ひずみ幅が求められる。

表4から、FC、FCD共に塑性疲れにおける低サイクル疲労で問題となる全ひずみ範囲であることが分る。計算に使った係数は文献値を参考としたが、算出された $\epsilon_T$ の値はFC15で0.44~0.75、FCD45では2.39となった。これを他の報告データと比較したところ、FC15の場合、形状が

違っても温度依存性が小さいため、L.F.Coffinの開発した拘束型熱疲れ試験機による実験データと同様な各サイクル毎の $\epsilon_T$ を得た。しかし、FCDの場合には比較的大きな $\epsilon_T$ が求められた。これは、温度範囲、試験形状、実験方法の違いと計算に使った係数値に問題があるためである。

逆に、材質、サイクル数が同じであれば同程度のひずみ範囲で破壊すると予想されるから、この程度の温度範囲(-60~200℃)における一般的なボルトの締付けによる拘束状態での破壊現象は今回使用した試験片に対してはかなり厳しい実験条件であったと考えられる。

### (3) 熱応力

試験片は温度上昇すると線膨張係数の大きいアルミ材によって引張力を受ける。この時に生じる熱応力を算出してみる。

まず、図4でテストエリア内の温度は約195℃であるから、締付時の温度を20℃として、温度上昇後のボルトの軸間距離の変化量を $\lambda$ とすれば、試験片には自由膨張 $\alpha \Delta t l$  ( $\alpha$ :線膨張係数、 $\Delta t$ :温度変化、 $l$ :ボルト軸間距離)による伸び量を差引いて $\lambda - \alpha \Delta t l$ なる伸びを生じる。この量は拘束状態によって変るから $\lambda - \alpha \Delta t l \eta$  ( $\eta = 1$ …完全拘束、 $\eta = 0$ …自由膨張)が試験片の伸びとなる。また線膨張係数は当県工業技術センターの井上氏に実測して戴いたところ、図7のような結果であった。

次に拘束状態の釣合条件から(2)式が得られる。

$$\lambda = \frac{(E_1 A_1 \alpha_1 + E_2 A_2 \alpha_2) \Delta t l \eta}{E_1 A_1 + E_2 A_2} \dots (2)$$

{ 注: 変数の添字1は試験片、  
2はアルミ材を示す。

表4 全ひずみ幅 $\epsilon_T$ の推定値

材質	形状	サイクル数 N	$\epsilon_T$ %
FC15	A	32	0.75 (85.7)
	B	452	0.44 (22.2)
FCD45	B	452	2.39 (11.1)

注: ( )内は破壊比率%

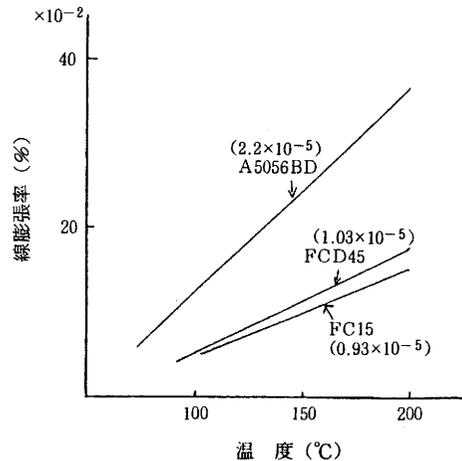


図7 温度と線膨張率の関係

注: ( )内数値は100~200℃の平均的な線膨張係数を示す。

この式から $\lambda$ を計算し、試験片に生じる引張応力を拘束状態 $\eta = 0.1$ と見込んで求めれば、 $\sigma_1 = E_1 \epsilon_1 = E_1 (\lambda - \alpha_1 \Delta t l \eta) / l$ より、FC15は、1.41kgf/mm<sup>2</sup>、FCD45では、1.65kgf/mm<sup>2</sup>となる。この応力を切欠断面で受けるからFC15のAは9.4kgf/mm<sup>2</sup>、Bでは5.4kgf/mm<sup>2</sup>。FCDはそれぞれ、11kgf/mm<sup>2</sup>と6.3kgf/mm<sup>2</sup>。さらに切欠の応力集中を考慮し、形状係数を2とすれば、FC15のA、Bでの応力は18.8kgf/mm<sup>2</sup>、10.8kgf/mm<sup>2</sup>でFCD45のそれは各22kgf/mm<sup>2</sup>と12.6kgf/mm<sup>2</sup>になる。従って、FC15のAはここでの実験条件で既に破壊する状態にあり、他の場合は熱負荷の繰返しによって破壊したと考えられる。

### (4) 熱疲労と引張強度の関係

前記(1)~(3)の考察を相互に関連付けて検討する。試験片の違いは熱負荷の回数Nに影響し、拘束状態によっては大きな全ひずみ範囲となる。そして、拘束状態が不十分であっても試験片の材質、形状等が違えば大きな熱応力が生じ破壊する。一方、規定された材質試験で得られる引張強度と製品の実体強度が一致せず、また形状の違い、外力の作用等を想定するならば、鋳鉄の場合、非常に小さな荷重で破損すると思われる。しかし、材質の安定化を図り、具体的な使用条件に対する強度を推定できるよう努めるならば、破壊を事前に予測できる。また、FCD45においても破壊現象が見られたことは、温度環境条件に対する設計上の配慮がいかに重要であるかが分る。

以上、このような実験方法でも、アルミ材の物性(線膨張係数 $2.2 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ …鋳鉄の約2.2倍、温度伝導率 $0.3 \text{ m}^2/\text{h}$ …鋳鉄の約5倍)を利用して試験片に繰返し熱応力を発生させれば、鋳鉄の熱疲労を調べることができる。

## 5. まとめおよび課題

鋳鉄材の試験片に引張力が作用するような拘束条件を施し、熱負荷(-60~200℃)を繰返し与えたところ、このような温度範囲でも破壊が生じた。次の①~④がそのまとめである。

- ① FC15は1サイクルでも破壊する場合があります。熱衝撃について検討しなければならない。
- ② 試験片を拘束しない場合は熱疲労の影響を受け難い。
- ③ FC15より延性のあるFCD45は熱疲労の寿命が長い。しかし、それでもFC15より一桁大きいオーダのサイクル数で破壊する。
- ④ 4項で考察した内容から、熱応力が小さくても、これが繰返し生じると容易に破壊する。

なお、さらに確認すべき課題としては、熱疲労を熱力学的に検討するため、温度センサー、ストレンゲージ等を使って試験片に生じる温度およびひずみ量の変化を実測しておく必要がある。

[参考文献]

- 1) 例えば、日本材料学会編：金属材料強度試験便覧、養賢堂、1977
- 2) 金属材料疲労強度の設計資料（IV）、日本機械学会、1983
- 3) 平修二：理論、設計金属材料の高温強度、養賢堂、1986