

業 務 報 告 書

昭和56年度

滋賀県立機械金属工業指導所

彦根市岡町 52 番地

ま え が き

昭和57年は、米国やE.C諸国の対日貿易赤字が拡大する中で、日本に対する市場開放の声が一段と強まるとともに日本製品の輸入制限等、我が国経済を取り巻く海外の環境は、ますます厳しさを増してきており、国内においては、消費者ニーズの多様化と、消費や設備投資の鈍勢等、わが国中小企業にとって厳しい内外環境変化に直面しております。

このような環境下にあつて、本県の機械金属業界が厳しい社会事情の変動に即応しながら安定した発展を遂げるためには、技術の向上を図ることが極めて重要であり、また、それが強く要請されるところであります。

県においては、昭和57年度の重点施策のトップに地域経済の振興を図ることが取り上げられ、特に本県の中小企業が、常にその技術力の向上と最新技術情報の吸収に努めて、工業技術の革新に適確に対処し、中核産業としての成長と、地域に進出した先端技術産業等の関連企業として安定した地位を築き上げることが必要であり、このために、昭和58年度において湖南地域に、電子、機械金属、食品、化学などを業務分野とする総合的な試験研究、研修機関として「県立工業技術センター（仮称）」を新設されることになり、昭和57年度は、建築設計調査費が予算化されました。

当指導所におきましても、従来からの地場産業である彦根バルブをはじめとして、県内機械金属業界の育成と技術振興を推進するための試験研究と技術指導を更に積極的に行なうとともに技術革新の先端を行く電子技術の応用研究に取り組む所存であります。今後とも、業界の発展のため所員一同努力いたしておりますが関係各位からの積極的な御高見を期待いたしますとともに、なお一層の御支援と御鞭撻を賜われれば幸いと思っております。

業界の技術向上の一助として、昭和56年度に実施致しました機械加工、自動化、省力化等の技術指導および製品改良等の試験研究を行ない、一方では巡回技術指導による問題点の解決あるいは技術者研修、講習会による人材の育成、技術の普及を通じて地場産業である彦根バルブ業界をはじめ、県内機械金属工業の技術向上に努めて参りました。その概要を本報告書に取纏めましたが、本報告書を契機として技術上の問題解決と開発に当指導所を十二分に利用されんことを念願しております。

昭和57年4月

所長 水 原 康 視

目 次

I 概 要	A-1
I-1 沿 革	A-1
I-2 規 模	A-1
I-3 組 織	A-3
I-4 職員構成	A-3
I-4-1 職員の異動	A-3
I-5 予算および決算	A-4
I-6 試験研究設備の整備状況	A-6
I-7 主要設備	A-7
II 業 務	
II-1 依頼業務	A-11
II-1-1 依頼試験受付件数および調定金額	A-11
II-1-2 機械設備使用状況	A-11
II-2 指導業務	A-13
II-2-1 一般巡回技術指導	A-13
II-2-2 公害巡回技術指導	A-13
II-2-3 簡易巡回技術指導	A-14
II-2-4 中小企業中期技術者研修の実施	A-14
II-2-5 地場産業振興高等技術者研修	A-15
II-2-6 技術アドバイザー事業	A-17
II-2-7 講習会、研究会	A-17
II-2-8 技術相談	A-17
II-2-9 出版刊行物の配布	A-18
II-2-10 調 査	A-18
II-2-11 生産技術研究会	A-18
II-3 研究業務	B

I 概 要

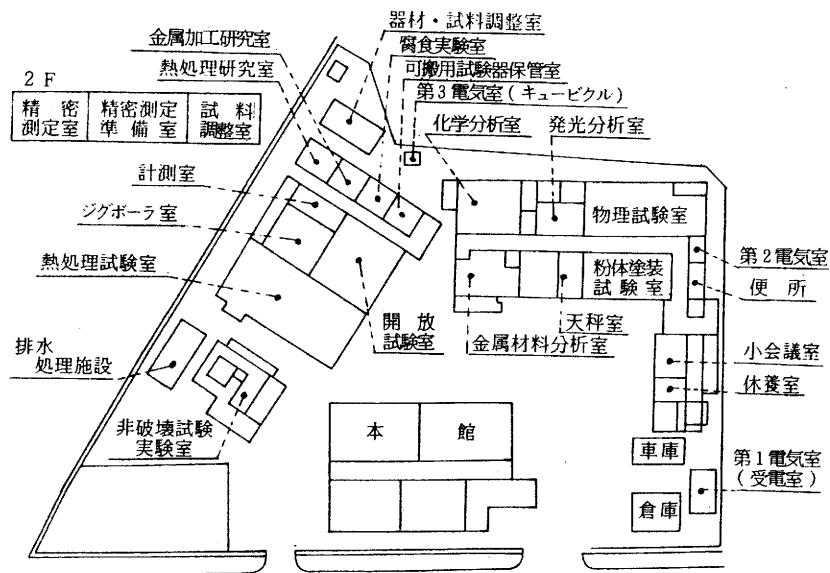
I-1 沿革

- 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部制にする。
- 昭和23年7月 木工部を増設
- 昭和27年4月 工業試験場を機械と繊維に分割し、機械部は木工部を合わせて、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転、庁舎新築を決定
- 昭和35年10月 庁舎新築工事、試験分析設備の設置を完了、新庁舎にて業務を開始
- 昭和38年3月 別館（精密機械加工、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 別館2階実験研究室を増築
- 昭和45年12月 R1透過試験棟を増築
- 昭和46年9月 試料調整室を増築
- 昭和49年10月 新本館棟竣工
- 昭和56年8月 新本館冷房工事

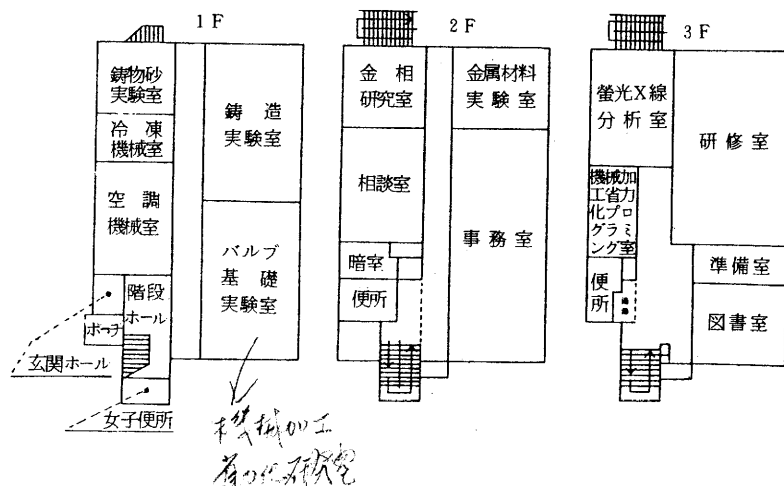
I-2 規模

敷地面積	3,400.69 m^2
建物総面積	2,273.42 m^2
本館	1,017.96 m^2 （鉄筋コンクリート三階建）
別館	562.96 m^2 （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^2 （鉄筋コンクリート補強ブロック一部二階建）
非破壊試験棟	78.70 m^2 （鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建）
その他	126.27 m^2

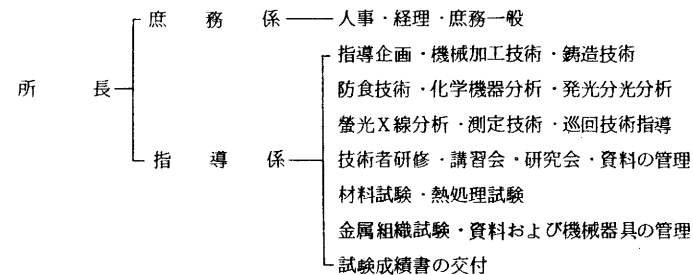
建物配置図



本館の各室配置図



I-3 組織



I-4 職員構成

所長	水原康	視
専門員	河崎	敷
庶務係		
係長	居原田	浩一
主事	寺村	美智子
指導係		
係長	斉田	雄介
主査	村口	明義
技師	中山	勝之進
"	松川	
"	樋口	英司
"	西内	広志
"	宮川	栄一
"	月瀬	寛二
"	酒井	一昭
"	松本	正

I-4-1 職員の異動 昭和57年4月1日

新昇任		旧
主査	中山勝之	技師
"	松川進	"
転入		
主事	水島靖子	彦根保健所主事
転出		
短期大学主事	寺村美智子	主事

1-5 予算および決算

1-5-1 昭和56年度 歳入予算収入状況

科 目				予 算 額 円	調 定 額 円	収入済額 円	予算との 増 減 額 円
款	項	目	節				
使用料及 手数料				10,000,000	11,034,450	11,034,450	1,034,450
	使用料	商工使用料	機械金属 工業指導所	120,000	142,700	142,700	20,700
	手数料	商工手数料	機械金属 工業指導所 試験	9,878,000	10,891,750	10,891,750	1,013,750
諸収入				480,000	480,000	480,000	0
	雑入	雑入	経営技術等 研修講習等 受講料	480,000	480,000	480,000	0
合 計				10,480,000	11,514,450	11,514,450	1,034,450

1-5-2 昭和56年度 令達予算執行状況

科 目					令達予算額 円	執行済額 円	不用額 円	備考
款	項	目	節	細目				
商工費					30,403,000	30,398,068	4,932	
	商工業費				3,670,000	3,670,000	0	
		工業振興費			3,670,000	3,670,000	0	
			報 酬		3,000,000	3,000,000	0	
			旅 費		487,000	487,000	0	
			需用費		118,000	118,000	0	
				その他 需用費	118,000	118,000	0	
			役 務 費		65,000	65,000	0	
				その他 役 務 費	65,000	65,000	0	
	中小企業費				26,733,000	26,728,068	4,932	

科 目					令達予算額 円	執行済額 円	不用額 円	備考
款	項	目	節	細 節				
		中小企業 指導費			7,580,000	7,580,000	0	
			報 償 費		1,344,000	1,344,000	0	
			旅 費		1,113,000	1,113,000	0	
			需用費		1,129,000	1,129,000	0	
				食糧費	162,000	162,000	0	
				その他 需用費	967,000	967,000	0	
			役 務 費		174,000	174,000	0	
				その他 役 務 費	174,000	174,000	0	
			委 託 料		2,300,000	2,300,000	0	
				産地中小企 業振興ビジ ョン作成委 託料	300,000	300,000	0	
				地場産業振 興高等技術 者研修委託 料	2,000,000	2,000,000	0	
			使用料及 賃借料		118,000	118,000	0	
			備品購入費		1,400,000	1,400,000	0	
			負担金補助 及 交付金		2,000	2,000	0	
				技術者研修 協会加入金 負担金	2,000	2,000	0	
		機械金属工 業指導所費			19,153,000	19,148,068	4,932	
			報 償 費		75,000	75,000	0	
			旅 費		1,485,000	1,484,974	26	
			需用費		10,954,000	10,953,954	46	
				食糧費	232,000	231,954	46	

科 目					令達予算額 円	執行済額 円	不用額 円	備 考
款	項	目	節	細 節				
				そ の 他 需 用 費	10,722,000	10,722,000	0	
			役 務 費		1,704,000	1,704,000	0	
				そ の 他 役 務 費	1,704,000	1,704,000	0	
			委 託 料		894,000	890,100	3,900	
				電 気 保 安 業 務 委 託 料	129,000	128,200	800	
				恒 温 恒 湿 点 検 委 託 料	188,000	188,000	0	
				警 備 業 務 委 託 料	384,000	384,000	0	
				浄 化 槽 等 維 持 管 理 業 務 委 託 料	193,000	189,900	3,100	
			使 用 料 及 賃 借 料		25,000	24,840	160	
			備 品 購 入 費		4,002,000	4,002,000	0	
			公 課 費		14,000	13,200	800	

1-6 試験研究設備の整備状況

品 名	数量	規格または型式	製作所名	備 考
空 気 圧 実 習 装 置	1 式	当 所 仕 様	太陽鉄工株式会社	中小企業庁補助
ブリネル硬さ試験機	1 台	最大荷重 3,000 kg	株式会社 島津製作所	日本自転車振興会補助
万 能 試 験 機	1 式	オートグラフ DCS-25 T形	"	"
電動ビッカース硬度計	1 式	AVK-A型	株式会社 明石製作所	"

1-7 主要設備

品 名	規 格	購入年月日	備 考
工 業 用 X 線 装 置	島津製 WELTES-200	35. 9. 17	中小企業庁補助物件
分 光 分 析 装 置	島津製 QL-170	35. 9. 17	"
浸 炭 窒 化 炉	島津製 OP-3R-18 200-35A	37. 2. 25	"
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
ソルトバス電気炉	友信工業株式会社製 LSB-30	37. 7. 9	県 単
治 具 中 ぐ り 盤	三井精機製 JBD型 No.3	38. 6. 17	日本自転車振興会 補助物件
万 能 投 影 機	イタリアマイクロ、テクニカ社製 MT型	38. 8. 16	"
平 面 研 削 盤	三正製作所製 G-D 64型	38. 12. 20	"
万 能 工 具 研 削 盤	牧野フライス社製 C-40	38. 12. 23	"
万 能 顕 微 測 定 器	三井精機製 MLD 1000	40. 1. 14	"
ロックウェル硬度計	明石製作所 ORK 型 (電動)	40. 8. 20	"
二連オートメット研磨テーブル	米国ビューラー製 64-1912	41. 9. 30	日本自転車振興会 補助物件
吸熱形炉気制御装置	島津製 ENP-5CN	41. 10. 14	"
ファビルバリ摩耗試験機	イタリアプロリン社製	42. 2. 28	中小企業庁補助物件
スーパースコープ	日本電子製 JEM-30 B 型	43. 2. 19	日本自転車振興会 補助物件
旋 盤	大阪工作所製 BC 型	43. 3. 19	"
ストレイン、メーター	新興通信工業製 DS61RX 型	43. 10. 4	"
超 硬 工 具 研 磨 盤	アサヒダイヤモンド工業製 SDG 型	43. 9. 10	"
超 音 波 洗 浄 装 置	ブラザ工業製 500 W 型	43. 10. 17	"
表 面 あ ら さ 計	テラー・ホブソン社製タリサーフ型	43. 11. 30	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
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
工業用 R I 透過検査装置	東京芝浦電気製 RRM-110-1	44. 10. 21	日本自転車振興会 補助物件
プロジェクションオペレーター	カールツァイスイエナ社製MOD2020	"	"
金 属 顕 微 鏡	日本光学製ME型	"	"
キ ャ 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	"	"
原子吸光 蛍光共用分光分析装置	日本ジャーレル、アッシュ AA-IE (S) 型	44. 10. 29	"
カット・オフ(帯鋸盤)	アマダ製CRH-300 S	45. 8. 30	"
ショアーかたさ試験機	三光計器製S 44 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	オリンパス製 DM 253 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
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
オームバス・電気炉	東洋電熱工社製NC-25 PLS	46. 11. 8	日本自転車振興会 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	"
エ レ マ 電 気 炉	東海興商製CE-20	47. 10. 30	"
高温 鑄物砂試験機	東京衡機製力量 500 kg	47. 10. 31	"
直示式鑄物砂熱膨張計	小沢製作所製EOS-1	47. 11. 20	"
曝 熱 試 験 器	小沢製作所製MO-1	47. 11. 20	"
定電位電解分析装置	柳本製作所AFS-4 4連式	47. 9. 8	"
イ オ ン メ ー タ ー	オリオン社製801型 デジタルPH/mVメーター	47. 11. 8	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
ニッサン、セドリックバン	日産自動車工業排気量2000cc	48. 7. 31	中小企業庁補助物件
ばいじん量測定装置	D-20 SC	49. 8. 12	"
メモ、モーション 測定装置	松下電器製	49. 7. 31	"
万能基準かたさ試験機	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-30 Mサイリスタ式	49. 10. 31	"
微量砒素測定装置	ASD-1A	49. 7. 20	"
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	"
オート クレーブ	柳本製作所製ナック・ドライブ式	52. 3. 30	"
C E メ ー タ ー	リーズ・アンド・ノースロップ社 TECTIPマークII-H	52. 3. 23	"
耐 力 測 定 装 置	島 津 製 (REH型用)	52. 3. 24	"
可傾式金型鑄造機	新東工業PLS-33 R	53. 8. 11	"
自動平衡型温度記録計	千野製作所EK 100-06	53. 8. 25	"
塗 型 用 噴 霧 機	岩田塗装製	53. 12. 20	"
P H メ ー タ ー	東亜電波製HM-20 B	53. 7. 10	県 単
シャルピー衝撃試験機	島津製 30 kgf-m	54. 1. 17	"
普 通 騒 音 計	例ノード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	"
分 光 光 度 計	島津製作所UV-150-02	54. 8. 10	"
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

品 名	規 格	購入年月日	備 考
ジェットエロージョン試験機	㈱山崎精機製 JVE-12 形	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-20 A	55 7 17	"
静電粉体塗装装置	小野田セメント(株)製 GX 101、TYPE 6132-1	55 7 25	"
C-S 同時定量装置	米国 LECO 社製 LECD-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(株)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 3,000 kg	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-25 T 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	"

Ⅱ 業

務

Ⅱ—1 依頼業務

Ⅱ-1 依 頼 業 務

Ⅱ-1-1 依頼試験受付件数および調定金額

依頼試験	10,891,750 円
○機械試験	4,107,000 円
（内訳） 引張	3,417 試験
抗折	1,518 "
硬さ（HB）	1,940 "
“（その他）	202 "
耐力、降伏点	612 "
その他	1,772 "
○分析試験	5,877,500 円
（内訳） ねずみ鋳鉄	186 試料
球状黒鉛鋳鉄	79 "
青銅鋳物	521 "
その他	128 "
○その他の試験	531,250 円
（内訳） 金属組織写真	177 試料
鋳物砂試験	2 "
精密測定	12 "
特殊試験	24 "
○副 本	376,000 円
（内訳） 和文	1,724 通
英文	104 "

Ⅱ-1-2 設備使用状況

設備使用	142,700 円
（内訳） 治具中ぐり盤	105 時間
平面研削盤	90 "
万能投影機	30 "
電気マッフル炉	12 "
鋳物砂試験機	11 回

Ⅱ—2 指導業務

Ⅱ-2 指導業務

Ⅱ-2-1 一般巡回技術指導

期間	対象企業	指導講師	内容
56. 5.21	信和精工㈱	技術士 田北進之十	工場レイアウトについて
5.22	マツイ機器工業㈱	〃	工程の改善について
5.28	中嶋バルブ工業㈱	神戸市立工業高等専門学校教授 中石実	バルブの流量実験について
7.1	昭和バルブ工業㈱	〃	バルブの流量実験について
57. 2.24	㈱奥村製作所	〃	バルブの水力学について
3.2	広瀬バルブ工業㈱	〃	油圧制御弁の構造について
3.9	金属技術㈱	技術士 安倍駿一郎	熱処理部品の変形と焼割れ防止策について
3.11	国友熱工㈱	〃	SCM415材の焼ならし法について、浸炭焼入について
3.26	近江製缶㈱	滋賀総合高等職業訓練校 教導長 朔男	ステンレス鋼SUS304製の缶溶接について
3.24	草津電機㈱	名古屋工業技術試験所 部長 鈴木 鎮夫	小型モーターローターの吹上げ鋳造法について

Ⅱ-2-2 公害巡回技術指導

期間	対象企業	指導講師	内容
56. 6.4	泉本合金鋳造所	主査 村口明義 技師 宮川栄一	敷地境界線上の鉛粉じん濃度について
11.25	松林合金㈱	〃	〃
12.24・25	大丸工業㈱	〃	〃
57. 2.26	㈱清水合金製作所	〃	〃
3.3	㈱馬場合金鋳造所	〃	〃

Ⅱ-2-3 簡易巡回技術指導

期間	対象企業	指導講師	内 容
56. 10.20 11.12	県下の金属製品製造業および一般機械器具製造業 30 企業	指導所職員	生産管理および加工技術について

Ⅱ-2-4 中小企業中期技術者研修

- (1) コース名 機械課程(自動化・省力化コース)
 (2) 研修期間 昭和56年6月29日より8月19日まで
 (3) 研修会場 彦根市中央町3番8号
 彦根商工会議所 3F 中会議室
 (4) 研修科目と時間および講師

番号	月日(曜)	科 目	講 義 題 目	講 師 名	時間
	6.29(月)		開 講 式		
1	29(月)	自動化技術	油圧の基礎(実例・例題による解説)	大阪府立工業技術研究所 研究員 浅岡 武之	3
2	7. 1(水)	"	油圧ポンプ、モーターの選び方・使い方 油圧バルブの構造・機能・特徴と使い方	"	3
3	3(金)	"	油空圧の基本回路 (1)	神戸市立工業高等専門学校教授 中石 実	3
4	6(月)	"	" (2)	"	3
5	8(水)	"	実例にもとづく油圧回路設計手法	ダイキン工業株式会社 油機事業部 係長 今井 秀郎	3
6	10(金)	"	実例にもとづく空気圧回路設計手法	太陽鉄工株式会社 プロジェクト主任 前田 武俊	3
7	13(月)	"	自動化に使われる電気機器(リレー・タイマー・電磁開閉器・リミットスイッチ)	立石電機株式会社 滋賀営業所 係長 小山 喜久夫	3
8	15(水)	"	電気-油空圧シーケンス回路の基礎と設計方法	大阪府立工業技術研究所 研究員 杉左近 隆	3
9	17(金)	"	"	"	3
10	20(月)	"	"	"	3

番号	月日(曜)	科 目	講 義 題 目	講 師 名	時間
11	7.21(水)	自動化技術	マイクロコンピュータのしくみ	福山大学工学部 講師 武部 正幸	3
12	24(金)	"	マイクロコンピュータを用いた 自動化・省力化	"	3
13	27(月)	自動化技術 の 応 用	自動化のための計測技術	神戸大学工学部 教授 米持 政忠	3
14	29(水)	"	搬送の自動化・省力化	中村機器エンジニアリング 代表取締役 中村 圭二	3
15	31(金)	実 習	油圧および空気圧機器の分解・組立	滋賀県立機械金属工業指導所 職 員	7
16	8. 3(月)	"	電気と油空気圧回路	"	7
17	4(水)	"	マイクロコンピュータのしくみ (プログラムの組み方)	京都産業大学 名誉教授 花田 伝	6
18	5(木)	"	"	"	6
19	7(金)	"	多種少量加工の自動化	川崎重工株式会社神戸工場	6
	19(水)		閉 講 式		
計					74

(5) 受講者および修了者

受講者 36名
 修了者 32名

Ⅱ-2-5 地場産業振興高等技術者研修

- (1) コース名 機械課程、自動化技術(その基礎と応用)
 (2) 研修期間 昭和56年9月18日より11月24日まで
 (3) 研修会場 草津市大路二丁目11-51 草津商工会議所
 (4) 研修科目と時間および講師

席	区分	日 時	時間	科 目	講 師
1	座	9.18(金) 18:00～21:00	3.0	自動化技術概論	米持政忠(神戸大学工学部教授)
2	座	9.22(火) 18:00～21:00	3.0	油空気圧の基礎と機器	浅岡武之(大阪府立工業技術研究所研究員)
3	座	9.25(金) 18:00～21:00	3.0	油圧回路設計(I)	"
4	演	9.29(火) 13:00～18:00	5.0	油圧回路設計(II)	今井秀郎(ダイキン工業㈱油機事業部係長)
5	座	10.2(金) 18:00～21:00	3.0	空気圧による自動化	中島弘行(甲南電機㈱取締役品管保証部長)
6	演	10.6(火) 13:00～18:00	5.0	空気圧回路設計	"
7	座	10.9(金) 18:00～21:00	3.0	搬送の自動化	中村圭二(中村機器エンジニアリング代表取締役)
8	実	10.13(火) 10:00～18:00	8.0	油 圧 実 習	浅岡武之(大阪府立工業技術研究所研究員)
9	座	10.16(金) 18:00～21:00	3.0	電気シーケンス制御の基礎	中石 実(神戸市立工業高等専門学校教授)
10	演	10.20(火) 13:00～18:00	5.0	電気シーケンス回路の設計手法	"
11	座	10.23(金) 13:00～18:00	5.0	センサーの選び方	小野孝治(和泉電気㈱担当主事)
12	座	10.27(火) 18:00～21:00	3.0	自動化のための計測技術	米持政忠(神戸大学工学部教授)
13	実	10.30(金) 10:00～18:00	8.0	シーケンス制御技術	浅岡武之(大阪府立工業技術研究所研究員)
14	実	11.4・5・6(2泊3日)	20.0	マイコンの基礎	三好孝平(関西技能開発センター)
15	実	11.13(金)	7.0	ロボット技術	
16	実	11.20(金)	7.0	事例見学会	
17	演	11.10(火) 17(火)24(火) 18:00～21:00	9.0	演 習	坂本慶二(技術士)
計			100時間		

(5) 受講者および修了者

受講者 30名

修了者 27名

Ⅱ-2-6 技術アドバイザー事業

期 間	対 象 企 業	技術アドバイザー	指 導 内 容
56.5.12 ～ 57.3.30	県下の金属製品および一般機械器具製造業、その他 42企業	県登録技術アドバイザー 8名	マイコン・プレス・自動化製品開発・加工技術および生産管理について

Ⅱ-2-7 講習会・研究会

期 間	題 目	講 師	場 所	受講人員
56.9.25	昭和55年度単独研究の成果普及講習会と所内研究発表会	当所職員 中国工試 工藤清勝	指導所研修室	55名
10.21	研究発表会 企業のための材料力学	立命館大学 名誉教授 福井 清	"	43
12.11	創造的製品開発について	京都試作研究所 所長 中川悟孝	"	33
57.3.24	バルブの 設計に必要な水力学	神戸市立高専 教授 中石 実	"	28

Ⅱ-2-8 技術相談

機械加工技術	23件
熱処理技術	12件
生産管理技術	11件
プレス技術	7件
試験技術	7件
防食・粉体塗装技術	7件
金属材料	5件
歪測定技術	5件
公害防止技術	5件
分析技術	4件
溶接技術	3件
マイコン技術等その他	11件
計	100件

Ⅱ-2-9 出版刊行物

業 務 報 告	1回
研 究 報 告	1回
機 工 指 だより	№16
	№17
	№18
	各1回

Ⅱ-2-10 調 査

- (1) 彦根バルブ生産動向調査 21企業
1～四半期ごとに企業訪問して実施
- (2) 設備近代化資金および設備貸与貸付申込企業の事前調査
設備近代化関係 13企業
設備貸与関係 26企業

Ⅱ-2-11 生産技術研究会

(1) 昭和56年度役員

会 長	桜 井 雅 明	㈱昭和バルブ製作所
幹 事	磯 島 喜久夫	広瀬バルブ工業㈱
	川 部 朝 男	㈱川部バルブ製作所
	木 村 一 夫	㈱イズミ製作所
	日 比 忠 雄	㈱清水合金製作所
	斉 田 雄 介	滋賀県立機械金属工業指導所
会計監事	古 河 政 男	日之本弁工業㈱
	村 岸 恒 彦	大洋工業㈱
事 務 局	中 山 勝 之	滋賀県立機械金属工業指導所

(2) 昭和56年度事業経過

年 月 日	事 業 内 容
56. 5. 14	昭和56年度生産技術研究会総会 出席者 16名, 委任状 17名 計33名 昭和55年度事業経過報告, 会計報告, 役員選挙

	技術講習会「ダクタイル管路の設計施工と粉体塗装防食技術について」 日本ダクタイル鉄管協会技術総括顧問 西 山 利 夫 " 技術委員 大 橋 義 信 出席者 31名
56. 6. 15	会報22号発行
56. 6. 26	研究会「品質管理をはじめるにあたって」 座 長 磯 島 喜久夫 出席者 10名
56. 9. 22	工場見学 昭和アルミニウム㈱ 彦根工場 講演 「生産管理」 昭和アルミニウム㈱ 取締役彦根工場長 大 島 芳 昭 出席者 27名
56. 10. 15	会報23号発行
56. 11. 12	研究会「品質管理の必要性和検査体制について」 出席者 9名
56. 12. 11	技術講演会「創造的製品開発について」(人間の創造性とは何か) ㈱京都試作研究所 中 川 悟 孝 出席者 33名
57. 1. 20	技術講演会「82年のコンピューター産業の展望」 滋賀大学経済短期大学助教授 法 雲 俊 邑 出席者 25名 懇親会 出席者 11名
57. 2. 15	会報24号発行
57. 3. 24	技術講習会「バルブのデザインに必要な水力学について」 神戸市立工業高等専門学校教授 中 石 実 出席者 28名

Ⅱ—3 研究業務

目

次

- 1 焼入による材料の品質向上に関する研究（バルブの摺合せ部の改良に関する研究）…… 1
技 師 中 山 勝 之
- 2 バルブ加工におけるLCA化に関する研究（切削作業の省力化に関する研究）…… 13
技 師 樋 口 英 司
木原鉄工所 社主 木 原 道 也
- 3 ねずみ鋳鉄および球状黒鉛鋳鉄製バルブの防食技術の研究（その2）…… 26
技 師 松 川 進
技 師 西 内 広 志
- 4 バルブの設計改良の研究（大口径陸用バルブの常温内圧実験）…… 43
技 師 酒 井 一 昭

バルブ摺合せ部の改良に関する研究

技 師 中 山 勝 之

1. は じ め に

バルブの要部材料には耐食性等の関連からステンレス材がよく使用されるが、摺り合せ部の組合せが適切でないと弁の開閉時に^①かじりと称する金属凝着現象が起き、極端な場合はバルブの開閉が不可能となる場合がある。かじりの発生は、相接触する二面の微小突起どうしが凝着を起し、それが相対運動によって引離されたとき相手側に付着して摩耗が進行すると考えられている^①。

かじりを防止するため、種々の方法が試みられているが、基本的には摺動する金属間に合金を作りにくい材質を選定すること、熱処理等により部品間に硬さの差をつけること^②、金属の再結晶温度以下で^③使用すること、さらには摺動部の潤滑や荷重の問題を考慮^③することが望ましいといわれている。しかし実際には、使用条件上の制約から望ましい方向はなかなか取り得ず、そこに問題解決の困難さが生じているのが現状である。

そこで、かじりに関する要因の推定と、それに伴う種々の実験を行ったのでその概要を報告する。

2. かじりに関する調査要旨

彦根地区のバルブ産地を代表する21社を対象にアンケートによる調査を実施し、そのうち19社から回答を得た。バルブは機能、形状、使用別により多くの種類に分類されるが、要部材料にステンレス材を使用しているのは下水道用と産業用機械プラント用の仕切弁に集中し、また、かじりの問題もその分野に多数発生していた。仕切弁のかじり例を写真1に示した。

(1) 材質組合せとかじり発生率

企業内あるいはユーザー側において、かじりが起った事例を表1に示したが、この表からオーステナイト系どうしの材質組合せに最もかじりの事故比率が高く、オーステナイト系とマルテンサイト系の組合せがそれに続き、マルテンサイト系どうしの組合せは最も少ない結果となった。



写真1 仕切弁・弁箱弁座のかじり例

表1 製品のかじり事例

組 織	材質組合せ	かじり発生数		生産比率 ⑧ %	事故比率	
		件 数	④ %		④/⑧	%
オーステナイト系	SUS304 同士	4	25	15	1.67	44.6
	SUS316 同士	1				
	SCS 13 同士	1				
マルテンサイト系	SUS403 同士	10	62.5	75	0.83	22.1
	SUS403 - SUS420J2	4				
	SCS 2 同士	1				
	SCS 2 同士	1				
オーステナイト系 - マルテンサイト系	SUS304 - SUS403	3	12.5	10	1.25	33.3

(2) 硬さの違いによる分類

JIS規格においては、かじり防止対策として硬さに差をつけることが明示されている。多くの企業においてもその内容に添って熱処理を中心に適当な処理が施されている。各種の弁のうち最もかじりが生じやすいといわれている仕切弁のうち、回答を得た14社の弁体付弁座（以下摺動側という）と弁箱付弁座（以下固定側という）のブリネル硬さ値を比較すると、図1のように前者の高いものが9社（64.3%）で後者の高いものが5社（35.7%）という内容であった。

(3) かじりに及ぼす要因の推定

種々の要因が複合した結果としてかじりという現象が起るため、個々の影響度を調べることは困難であるが、考えられる効果として推定したものが図2である。この図から材質、硬さ、表面粗さがかじ

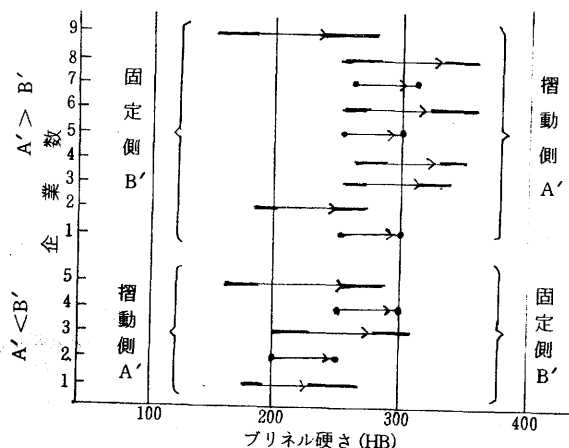


図2 企業における硬さ選定

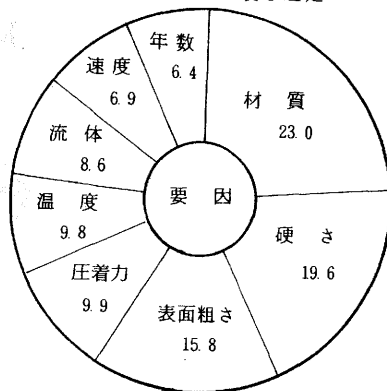


図2 かじりに及ぼす要因推定率(%)

りに対して大きく影響していることが推定でき、設計上からも注意が払われていた。

3. かじり試験

3-1 実験方法とかじりの定義

実験は既設のかじり試験機と昭和55年度に導入したかじり摩耗試験機とを併用して実施した。いずれの試験機も摺動側と固定側の試験片間に荷重を付加し、かじりが発生した時点の現象を見るもので、ロードセルを介して記録計にグラフとして促えることができ、特性値としてはかじり時の荷重と摺動回数をとった。両方の試験片間に荷重をかけて摺動させると、ある時間内は順調にすべりが行われるが、かじりが起ると同時に急激な凝着が発生し、材質のむしり状態への進行する。その時、記録計は大きな変動をみせるが、この瞬間を本実験ではかじりの開始と定義した。

3-2 SUS403材のかじり特性

摺動側と固定側が互いに並行して接するSUS403材の試験片（摺動側硬さA'、固定側硬さB'）を用い、摺動速度が300mm/min、押圧荷重が300 kgfの条件で、かじりが発生（写真2）するまでの摺動回数を特性値として実験を行った。（記録の一例を図3に示す）その結果、摺動側硬さA'が99%で有意となったが、その分散分析表を表2に、平均値を図4に表した。即ち、摺動側硬さ値が高い程、かじりに対して強い傾向が認められたが、これを摺動側と固定側の硬さの差（A'-B'）として表したものが図5である。この図からは硬さの差が正方向に大きく（A'>B'）なるほど、耐かじり性は高いが、95%信頼限界幅が±27.9とかなりのばらつき現象を示している。同時にSUS304 どうしについても実験したところ、SUS403に比べて摺動回数は少なく、かじりに対して弱いことが確認された。

3-3 複合要因におけるかじり現象

ステンレス材のうち、比較的よく使われる材質を選び、その他の要因を加味して実験を行ったが、その要因を表3に示す。

摺動側と固定側の材質がAとB、同じく硬さがA'とB'、表面粗さがCの組合せで総合的に実施した。この実験では、摺動速度が110 mm/secと一定で、荷重を順次増加させる方式をとり、特性値はかじりが発生した瞬間の荷重値とした。実験に使用した試験片は、適当な熱処理を施し、硬さ水準に変化をつけた。過去の実験から硬さの差により、かじり荷重が変わることが分っているため、摺動側材質Aと固定側材質B、さらには表面粗さCを組合せた水準で、摺動側硬さA'と固定側硬さB'別に分類し、硬さの違いによるA'とB'の二元表を作った。次に分類された硬さの水準を硬さの差の順に並べ、それぞれのかじり荷重毎に硬さの範



写真2 試験片のかじり例

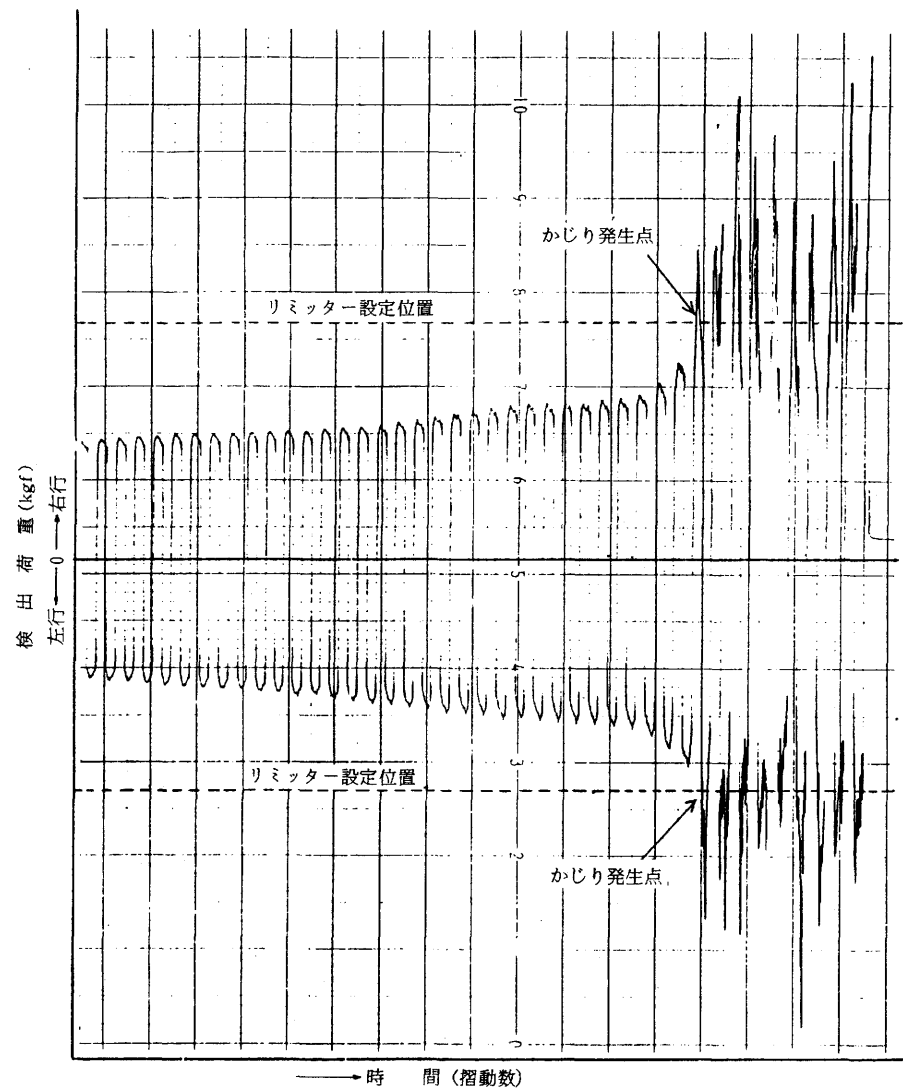


図3 かじり発生グラフ

表2 硬さによる分散分析表

要因	平方和	自由度	分散	分散比
摺動側硬さ A'	18614.3	2	9307.1	6.88**
固定側硬さ B'	5688.0	2	2844.0	2.101
$A' \times B'$	1983.0	4	495.7	—
誤差 e	73090.5	54	1353.5	—
T	99375.8	62	—	—

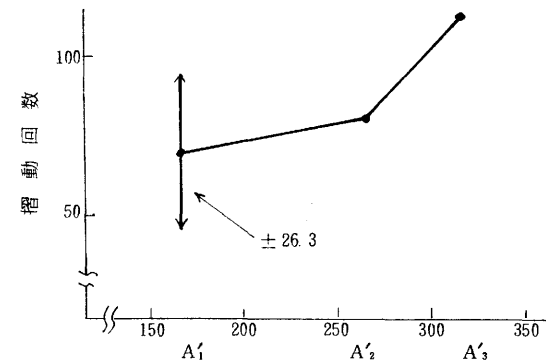
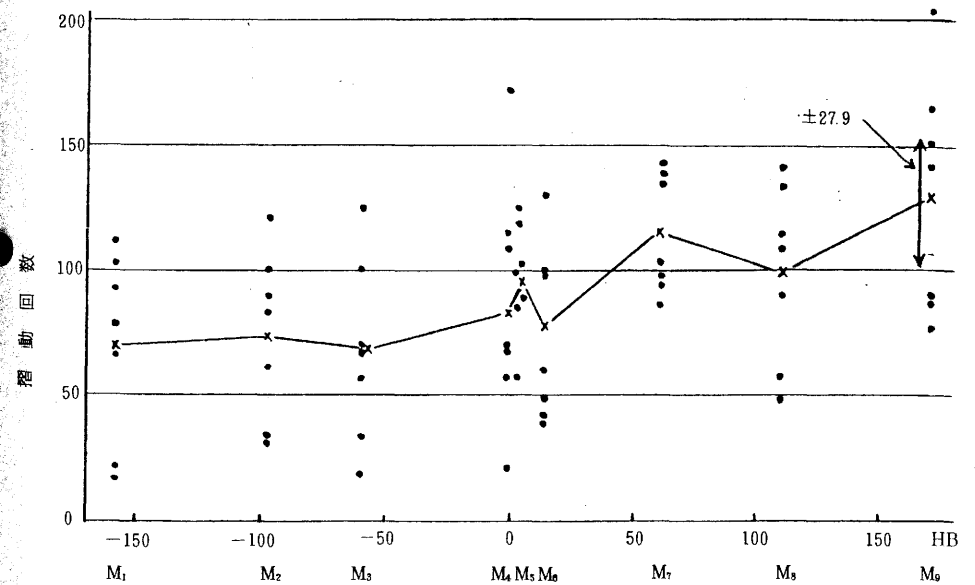


図4 摺動側硬さによるかじり性



負方向 ← 硬さの差 → 正方向

図5 硬さの差によるかじり性

表3 実験要因

要因	水準
摺動側材質 A	A ₁ (SUS304), A ₂ (SUS403), A ₃ (SUS420J2)
固定側材質 B	B ₁ (SUS304), B ₂ (SUS403), B ₃ (SUS420J2)
表面粗さ C	C ₁ (小) C ₂ (中) C ₃ (大)
摺動側硬さ A'	A' ₁ (42~48) A' ₂ (58~63) A' ₃ (63~70)単位HRA
固定側硬さ B'	B' ₁ (52~53) B' ₂ (59~63) B' ₃ (62~70)単位HRA
くりかえし r	r ₁ r ₂

囲でD₁, D₂, D₃と3つのグループに置き換えた。すなわち, D₁は固定側硬さ値が大きい範囲で, D₃は摺動側硬さ値が大きい範囲となる。D₂の部分は両者の値が接近しているところである。

表4 A₂ B₃ C₂のデータ例

	D ₁						D ₂						D ₃					
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
	-23.2	-16.6	-7.2	-6.3	-1.7	-0.6	4.9	9.6	15.2									
かじり荷重値 y (kgf)	5.7	4.9	10.6	10.6	9.8	12.3	19.7	22.1	24.5									

分類されたグループのデータ例を表4に示したが, この表のうちD₃グループ(A₂ B₃ C₂ D₃)について回帰分析を行うと,

$$S_T = \sum y^2 = 19.7^2 + 20.5^2 + \dots + 22.9^2 = 2664.77$$

$$S_m = \frac{(\sum y)^2}{n} = \frac{(19.7 + 20.5 + \dots + 22.9)^2}{6} = 2616.68$$

$$S_{T(x)} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = (4.9^2 + \dots + 15.2^2) - \frac{(4.9 + \dots + 15.2)^2}{6} = 106.36$$

$$S_{T(xy)} = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} = (4.9 \times 19.7 + \dots + 15.2 \times 22.9) - \frac{(4.9 + \dots + 15.2)(19.7 + \dots + 22.9)}{6} = 38.91$$

$$S_b = \frac{[S_{T(xy)}]^2}{S_{T(x)}} = \frac{38.91^2}{106.36} = 14.23$$

$$S_e = S_T - S_m - S_b = 2664.77 - 2616.68 - 14.23 = 33.86$$

となり, 表5のような分散分析表が摺動側材質A, 固定側材質B, 表面粗さC, 硬さ分類D毎に81枚得られた。

表5 分散分析表(A₂ B₃ C₂ D₃)

要因	平方和	自由度	分散	不偏分散の期待値
一般平均 m	2616.68	1	2616.68	$\sigma^2 + 6\sigma_m^2$
1次回帰 β	14.23	1	14.23	$\sigma^2 + [(M_1 - \bar{M})^2 + \dots + (M_6 - \bar{M})^2] \beta^2$
残差 e	33.86	4	8.47	σ^2
T	2664.77	6		

この結果を基に, 試験や計測の優劣を評価する手法の一つであるSN比⁽⁶⁾を3種類求め対数値に変換, それを10倍してデシベル値で表した。表5からA₂ B₃ C₂ D₃の組合せ条件におけるSN比を計算したが, 一例として次に示す。

$$\eta_1 = \frac{Sm}{n} = \frac{2116.68}{6} = 436.11(26.4 \text{ db})$$

$$\eta_2 = \frac{S_b - V_e}{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_6 - \bar{x})^2} = \frac{14.23 - 8.47}{(4.9 - 9.9)^2 + \dots + (15.2 - 9.9)^2} = 0.0542(-12.7 \text{ db})$$

$$\eta_3 = \frac{Sm - V_e}{V_e} = \frac{2616.68 - 8.47}{8.47} = 307.94(24.9 \text{ db})$$

ここで, SN比 η_1 はかじりが発生する荷重値のレベルを表し, その数値が大きくなる程, 耐かじり性が優れている。 η_2 は硬さの差の違いによるかじりの変化の起りやすさを示し, η_3 は相対的なばらつきの大きさ(比率)を表している。 η_1 η_2 η_3 それぞれのSN比のデシベル表が表6~表8である。

表6 $\eta_1 = \frac{1}{6} Sm$ のデシベル値

		A ₁			A ₂			A ₃		
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
D ₁	B ₁	20.0	26.2	20.3	11.4	18.3	22.9	21.0	21.4	20.9
	B ₂	19.7	22.7	20.6	20.6	22.4	23.9	19.5	21.2	27.1
	B ₃	19.8	20.6	23.5	17.5	17.9	22.6	18.8	22.4	21.6
D ₂	B ₁	18.9	25.8	14.6	24.3	28.7	19.8	21.8	28.5	22.3
	B ₂	15.7	19.2	15.1	23.2	27.6	28.5	25.0	27.9	29.8
	B ₃	19.1	22.0	20.5	21.1	21.6	26.1	23.7	28.6	30.4
D ₃	B ₁	21.6	25.1	12.7	25.4	27.6	26.9	23.3	27.0	28.5
	B ₂	19.1	22.8	11.6	27.9	28.4	28.0	27.5	29.7	31.5
	B ₃	21.0	24.9	20.0	24.3	26.4	27.6	26.2	30.4	30.8

表7 $\eta_2 = \frac{S_B - V_e}{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_6 - \bar{x})^2}$ のデシベル値

		A ₁			A ₂			A ₃		
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
D ₁	B ₁	-∞	-25.2	-∞	-∞	-∞	3.3	-7.2	-6.6	-6.5
	B ₂	-6.4	-7.3	-3.8	-4.2	-3.3	-∞	-15.4	-∞	-0.4
	B ₃	-19.6	-12.9	-17.5	-8.1	-5.2	-∞	-∞	-3.7	-4.3
D ₂	B ₁	-0.14	-∞	-3.4	-0.9	0.8	-10.4	-0.7	-5.2	-5.7
	B ₂	-∞	-∞	-3.0	-15.7	0.6	-∞	-∞	-∞	-∞
	B ₃	-7.2	-2.8	-7.9	-∞	-1.0	3.5	-∞	-∞	1.4
D ₃	B ₁	-∞	-∞	-16.7	-∞	-∞	-∞	-1.7	-∞	0.2
	B ₂	-2.2	-12.9	-∞	-4.9	-4.7	-3.3	-∞	-13.6	-∞
	B ₃	-∞	-0.3	-∞	-9.5	-12.7	-∞	-∞	-4.8	-1.1

表8 $\eta_3 = \frac{S_m - V_e}{V_e}$ のデシベル値

		A ₁			A ₂			A ₃		
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
D ₁	B ₁	18.0	27.8	18.2	22.4	16.7	14.8	21.5	22.9	25.5
	B ₂	19.2	20.4	19.5	11.8	13.0	15.9	18.5	13.9	17.8
	B ₃	23.6	23.3	13.7	14.0	14.3	10.0	21.3	23.0	14.3
D ₂	B ₁	20.5	22.6	19.3	26.5	22.4	26.9	23.3	20.8	20.2
	B ₂	17.1	15.5	27.1	17.0	20.4	15.2	19.3	20.4	17.1
	B ₃	21.1	24.8	10.0	12.3	19.6	18.8	14.6	20.4	24.2
D ₃	B ₁	24.1	25.9	26.2	26.7	19.9	12.7	21.6	17.0	15.1
	B ₂	30.5	15.8	16.8	26.8	17.3	21.5	23.7	30.4	17.4
	B ₃	17.1	23.2	22.0	24.3	24.9	16.4	22.7	26.6	19.7

摺動側材質A, 固定側材質B, 表面粗さC, 硬さの差D毎に η が3種類求められているので, これらを特性値として4元配置の分散分析を行った。 η_1, η_2, η_3 の分散分析表を表9に示す。

この表から η_1 においては摺動側材質A, 硬さの差Dおよびその交互作用A×Dが最も高い寄与率となり, 以下, 表面粗さC, A×Cの順となった。 η_1 が有意になった要因の平均値を表わすと図6のようになった。

この図から, かじりに対して強い組合せは摺動側材質がマルテンサイト系のSUS420J2(A₃)の絡む組合せであることが分った。硬さの差(D)については正方向(A'>B')のものについて好結果を示した。また, 表面粗さは, 材質と硬さの差との間で交互作用が認められ, 特定の水準の組合せによってかじり結果に優劣が生じることを意味している。固定側材質に関しては, 特に有意となっていないことから, 結果に対してあまり寄与していないと考えられる。

表9 SN比 η の分散分析表

		η_1 (db)				η_2 (%)				η_3 (db)			
		自由度	分散	分散比	寄与率%	自由度	分散	分散比	寄与率%	自由度	分散	分散比	寄与率%
硬さの差D	2	115.98	28.05	13.7	13.7	6	0.67	—	—	2	77.81	4.26	6.8
摺動側材質A	2	199.51	48.25	23.9	23.9	6	0.36	—	—	2	38.80	1.71	—
固定側材質B	2	9.83	2.38	—	—	6	0.19	—	—	2	43.20	1.90	—
表面粗さC	2	72.10	17.44	8.3	8.3	6	0.66	—	—	2	51.85	2.29	—
A × D	4	65.24	15.78	15.0	15.0	12	0.80	—	—	4	25.39	1.12	—
B × D	4	2.61	—	—	—	12	2.26	2.62	6.9	4	24.57	1.08	—
C × D	4	13.41	3.24	2.3	2.3	12	0.55	—	—	4	22.78	1.00	—
A × B	4	25.27	6.11	5.2	5.2	12	2.58	2.99	8.1	4	8.20	—	—
A × C	4	35.84	8.67	7.8	7.8	12	0.95	—	—	4	4.40	—	—
B × C	4	17.43	4.22	3.3	3.3	12	1.82	2.11	—	4	24.74	1.09	—
e	48	4.14	—	—	20.5	144	0.86	—	85.0	48	18.25	—	93.2
T	80	—	—	—	—	240	—	—	—	80	—	—	—

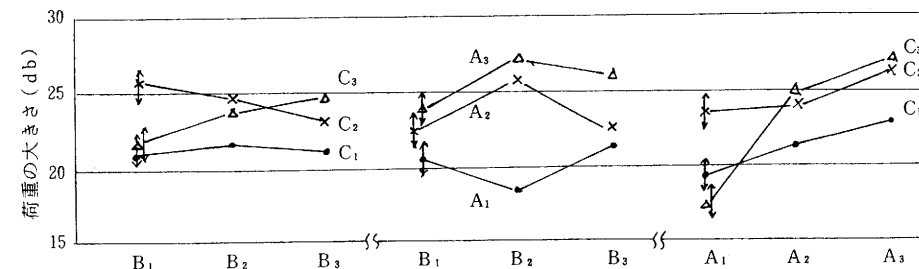
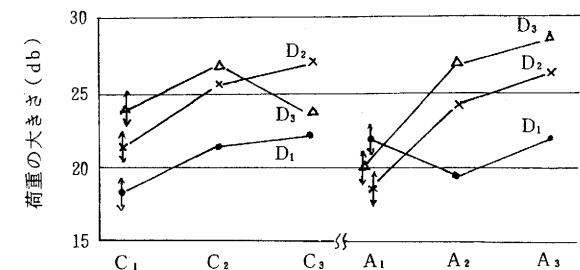


図6 η_1 の組合せ毎の平均値

η_2 については表7の数値を次の4組に計数分類し、累積法による計算を行った。

- I 組 ——— SN比 — 5db 以上
- II 組 ——— SN比 — 15db 以上 — 5 db 未満
- III 組 ——— SN比 — 15db 未満
- IV 組 ——— SN比 — ∞

表7の数値を密度度数に直し、さらに累積度数に変換した後、各組の分散分析を行った。その結果I～III組の変動を求めることができ、それぞれ累積法による重みを乗じて作成したのが表9中の η_2 の分散分析表である。この表を基にして有意となった $A \times B$ 、 $B \times D$ の各水準における内容を検討すると、比較的良好の結果を示しているのは $A_3 \times B_1$ と $B_1 \times D_2$ であり、この組合せは硬さの差の違いによるかじりの変化が起りにくい条件であることを意味している。

相対的なばつき度を示している η_3 は硬さの差Dに5%の有意差がみられた。 η_1 η_2 η_3 いずれの場合も高次の交互作用は有意差が認められなかった関係上、誤差項にプールして検定を行った。

3-4 組合せ条件における最適値の推定

かじりに対する抵抗値の大きさである η_1 について表9の分散分析表で有意となった 摺動側材質A、表面粗さC、硬さの差Dと交互作用 $A \times B$ 、 $A \times C$ 、 $A \times D$ 、 $B \times C$ 、 $C \times D$ を使って総平均 m と各組合せ毎の水準の平均値をとり、かじりに対する最適値を推定すると⁽⁷⁾⁽⁸⁾

$$\begin{aligned} & m + (A - m) + (C - m) + (D - m) + (A - m)(B - m) \\ & + (A - m)(C - m) + (A - m)(D - m) + (B - m)(B - C) \\ & + (C - m)(D - m) \end{aligned}$$

で表すことができ、これから次式を得た。

$$\begin{aligned} \text{最適推定値} &= 3m + AB + AC + AD + BC + CD \\ &- 2A - 2B - 2C - D \quad (\text{db}) \end{aligned}$$

この式を用いることで、より正確にかじりの難易を推定できるが、前述の組合せ $A_2 B_3 C_2 D_3$ における推定値の計算例を示すと η_1 のデシベル値(表6)の数値から

$$\text{全データの総平均 } m = \frac{20 + 18.9 + \dots + 30.8}{81} = \frac{1870.6}{81} = 23.1$$

$$\text{摺動側材質 } A_2 \text{ の平均} = \frac{11.4 + 24.3 + \dots + 27.6}{27} = \frac{640.9}{27} = 23.7$$

$$\text{固定側材質 } B_3 \text{ の平均} = \frac{19.8 + 19.1 + \dots + 30.8}{27} = \frac{629.4}{27} = 23.3$$

$$\text{表面粗さ } C_2 \text{ の平均} = \frac{20.3 + 14.6 + \dots + 30.8}{27} = \frac{665.3}{27} = 24.7$$

$$\text{硬さの差の水準 } D_3 \text{ の平均} = \frac{21.6 + 25.4 + \dots + 30.8}{27} = \frac{676.2}{27} = 25.0$$

$$\text{組合せの水準 } A_2 B_3 \text{ の平均} = \frac{17.5 + 21.1 + \dots + 27.6}{9} = \frac{205.1}{9} = 22.8$$

$$\text{組合せの水準 } A_2 C_2 \text{ の平均} = \frac{18.3 + 28.7 + \dots + 26.4}{9} = \frac{218.9}{9} = 24.3$$

$$\text{組合せの水準 } A_2 D_3 \text{ の平均} = \frac{25.4 + 27.9 + \dots + 27.6}{9} = \frac{242.5}{9} = 26.9$$

$$\text{組合せ水準 } B_3 C_2 \text{ の平均} = \frac{20.6 + 22.0 + \dots + 30.4}{9} = \frac{215.1}{9} = 23.9$$

$$\text{組合せ水準 } C_2 D_3 \text{ の平均} = \frac{25.1 + 27.6 + \dots + 30.4}{9} = \frac{242.3}{9} = 26.9$$

のようになり、この結果を前述の推定式にあてはめ計算する。

$$\begin{aligned} & 3 \times \text{総平均} + A_2 B_3 + A_2 C_2 + A_2 D_3 + B_3 C_2 + C_2 D_3 \\ & - 2A_2 - 2B_3 - 2C_2 - D_3 \\ & = 3 \times 23.1 + 22.8 + 24.3 + 26.9 + 23.9 + 26.9 \\ & - 2 \times 23.7 - 2 \times 23.3 - 2 \times 24.7 - 25.0 \\ & = 25.7 (\text{db}) \end{aligned}$$

同様に摺動側材質A、固定側材質B、表面粗さC、硬さの差Dの各水準81組について計算した結果、表10を得た。この表の数値から、それぞれの組合せにおけるかじりの難易が推定可能⁽⁹⁾となる。

摺動側材質がマルテンサイト系の場合は、硬さの差による影響が大きく、硬さの差が負方向 D_1 ($A' < B'$)から正方向 D_3 ($A' > B'$)に移るほど、耐かじり性能は良い結果を示し、摺動側材質がオーステナイト系の場合は、硬さの差に関係なく全体に悪い結果を示した。

表10 かじりに対する η_1 の推定値 (db)

硬さの差 固定側材質 表面粗さ 摺動部材質		オーステナイト系			マルテンサイト系					
		A ₁ (SUS304)			A ₂ (SUS403)			A ₃ (SUS420 J2)		
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
D ₁ (A' < B')	B ₁	21.6	26.2	20.1	16.8	20.5	20.8	17.8	22.0	22.1
	B ₂	18.4	21.6	21.1	18.8	20.3	24.3	19.4	21.7	(25.7)
	B ₃	14.4	21.9	22.8	15.7	17.2	22.8	18.5	20.7	26.2
D ₂ (A' = B')	B ₁	19.4	25.4	15.6	22.3	27.0	23.6	23.0	28.6	24.4
	B ₂	16.2	20.3	14.3	23.9	26.8	27.2	23.9	28.2	(29.1)
	B ₃	21.1	22.8	18.3	20.9	23.6	(25.6)	23.7	27.3	(29.1)
D ₃ (A' > B')	B ₁	21.2	26.0	16.0	25.6	(29.1)	25.5	(25.8)	30.1	26.4
	B ₂	18.0	23.0	14.6	27.2	28.8	29.0	27.4	29.8	29.8
	B ₃	20.5	23.3	18.7	25.2	25.7	27.5	26.5	(28.8)	30.4

表面粗さについては、摺動側材質がマルテンサイト系で硬さの差が D_1 D_2 の場合、やや粗い方が良かったが、デシベル値が総じて低いことを考慮に入れると議論の余地は少ないと思われる。摺動側と固定側の材質がオーステナイト系で表面粗さが中間のものが良い結果を示したが、この場合は硬さによる影響はほとんどないことが確認できた。しかし、オーステナイト系の材質どうしの組合せでは、表面粗さを含む摺合せ状態のわずかの差がかじりに対しては大きな変動として現われるため、マルテンサイト系に比べて耐かじり性が安定せず、その防止は難しいと考えられる。表10中 η_1 の推定値25デシベル以上のものを耐かじり性が良好とみなし、ゴシック体にて示し

3. 改良への取組み

3-1 作動ダイヤグラムの検討

手動時におけるバイト軌跡にとらわれることなく、工程短縮・バイト形状・油圧・電気回路の簡略化を考慮して、作動ダイヤグラムを検討した結果、図3のダイヤグラムに変更した。

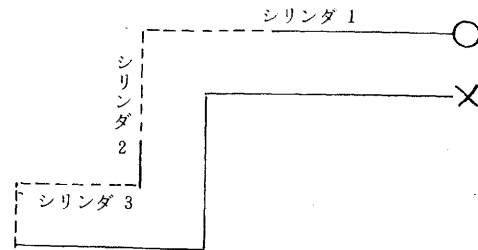


図3 改造後の作動ダイヤグラム

3-2 油圧・電気回路の改良

3-2-1 油圧回路の改良

作動ダイヤグラムの変更から、油圧回路を図4のとおり改良すると共に、シリンダ1の位置決め精度を上げるために、前進端にストッパーを設けた。

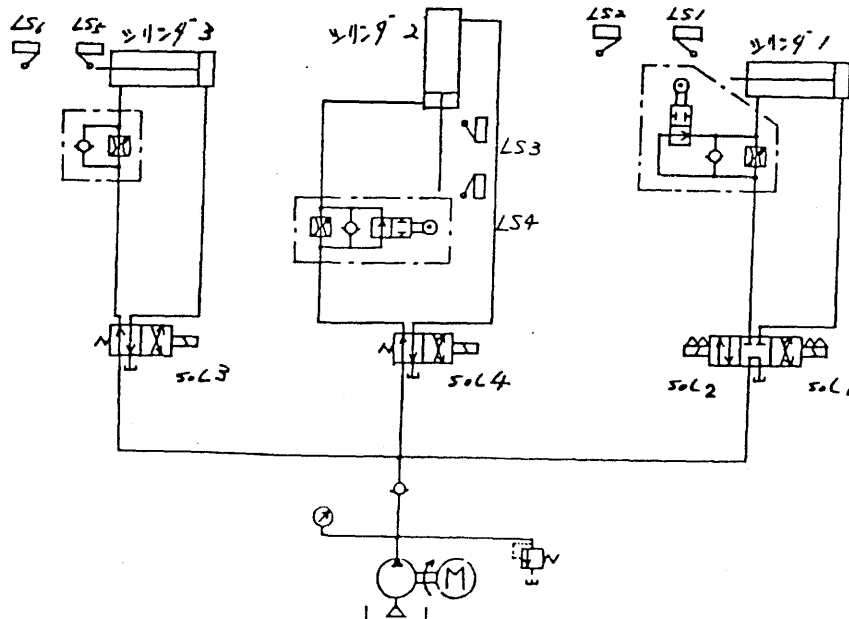


図4 油圧回路図

3-2-2 電気回路の改良

(1) 設計仕様の変更

- 作業命令はPB₁、PB₁-ONでシリンダ1前進(SOL₁-ON)、但し、サイクル中PB₁を押しても誤動作しないようにする。(LS₁・LS₃・LS₅・ONの時のみPB₁有効)
- シリンダ1前進途中カムにより切削送りとなり、前進完了はLS₂で検出。シリンダ1前進完了後シリンダ2前進(SOL₄・ON)・主軸回転。(Mg₁・ON)
- シリンダ2前進途中(切削終了時)カムにより早送りとなり、前進完了はLS₄で検出。シリンダ2前進完了後シリンダ3前進。(SOL₃・ON)
- シリンダ3前進完了はLS₅で検出。同時に主軸停止(Mg₁・OFF)、シリンダ3前進完了後タイマ2・ON、2秒してシリンダ3後退(SOL₃・OFF)。
シリンダ3後退完了はLS₅、シリンダ1後退完了はLS₁、シリンダ2後退完了はLS₃のそれぞれで検出。1サイクルが終了休止。

e) SOL₄・ONの保証インターロック

シリンダ3が前進中にシリンダ2が後退してはいけない。

f) 非常操作

各シリンダが前進中に非常操作があれば各シリンダも後退するが、シリンダ2はシリンダ3およびシリンダ1のあとに後退する。

g) 製品の芯出し状況を確認するため、主軸の単独起動回路を加える。

(2) 電気回路図

仕様変更により作成した電気回路図を図5に示す。

3-3 ホルダーおよびバイトの検討

3-3-1 バイトホルダーの改良

改造機は老朽化の著しい旧式旋盤を使用しているため、全体的にガタが多く、摺合せ部分については、昭和54年度に調整を行っているが、刃物台には手をつけていなかったため、今回次の点を改良した。

a) 刃物台の固定

普通旋盤の場合、刃物台は回転式になっているので寸法精度を向上させるためには、回転摺合せ部分を固定する必要がある。このため回転摺合せ部と刃物台にキー溝を切り、固定キーと回転軸上部からの六角ナット締めによって固定した。

バイト取付け部分については、バイトのセット基準面の加工修正とバイト取付けボルトおよびめねじの径を太くした。

b) バイトホルダーの作製

ホルダーの形状については、刃物台のシャンク許容巾いっぱいの30mm角の長さ200mmとして、製品穴へ入る部分については30mm丸の長さ50mmで、先端部端面に15度の傾斜を持たせた16mm丸×60mmのバイト差込み穴を設けた形状とした。

c) バイトの作製

バイトについては、製品の切削箇所・刃物台への固定・バイトセットの簡略化・工程短縮の4点を考慮して一本バイトの3面刃先とした。使用チップは切削工具用標準材種選定

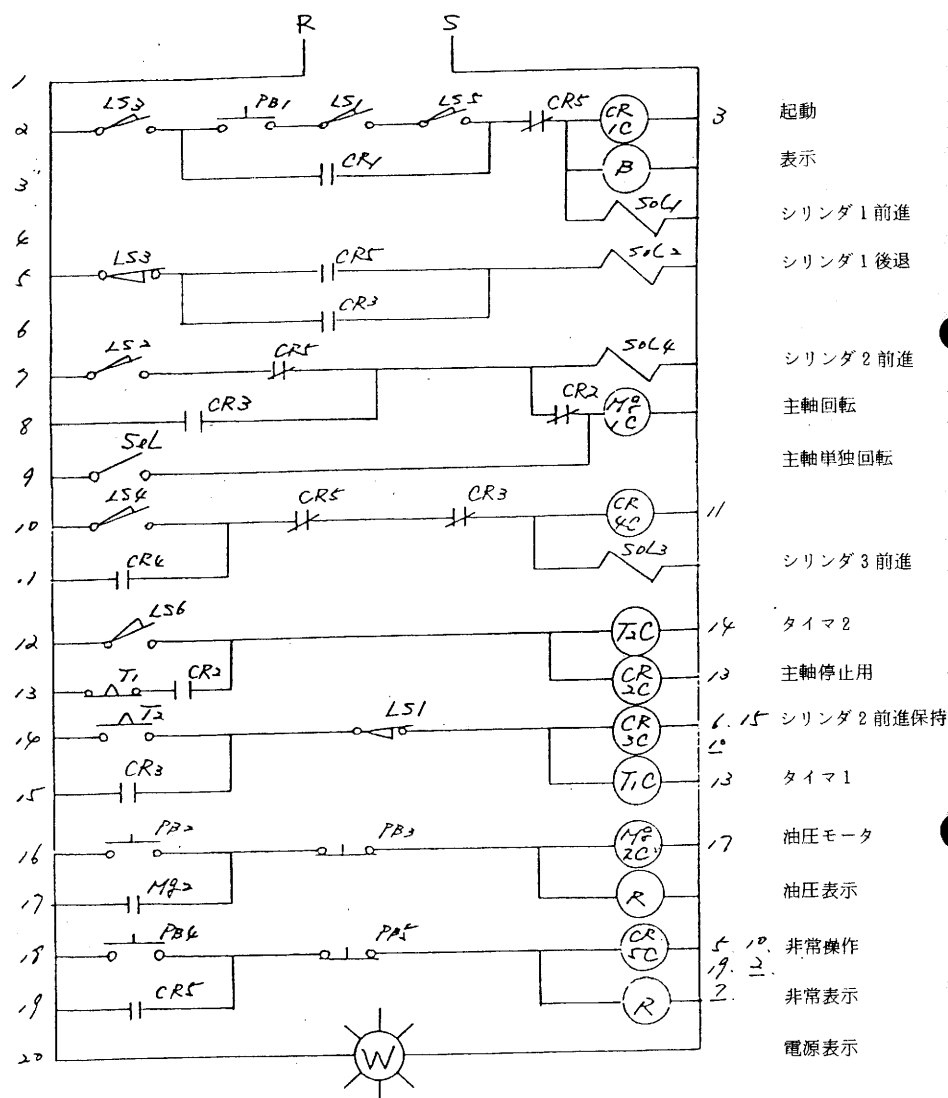


図5 電気回路

基準 (JIS B4104) の K10 を使用した。

バイトの形状および刃先角度を図6に示す。

d) 製品の取付け

直径 500 mm 肉厚 40 mm

の面板を製作、面板上

に図7および写真1・2

の様に固定ブロックを

配置、製品の芯出しは

センター穴に取付けた

芯出し用ボスおよび固

定ブロックの位置決め

切込みにより、簡単に

製品芯出しが出来る。

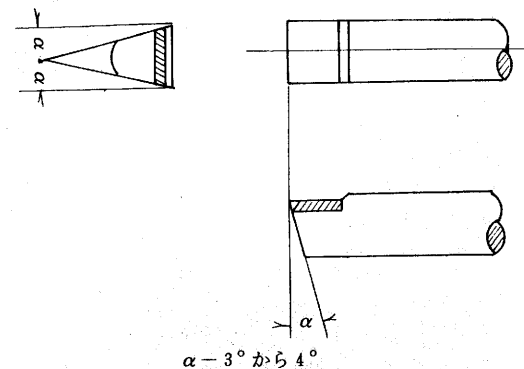


図6 バイト形状

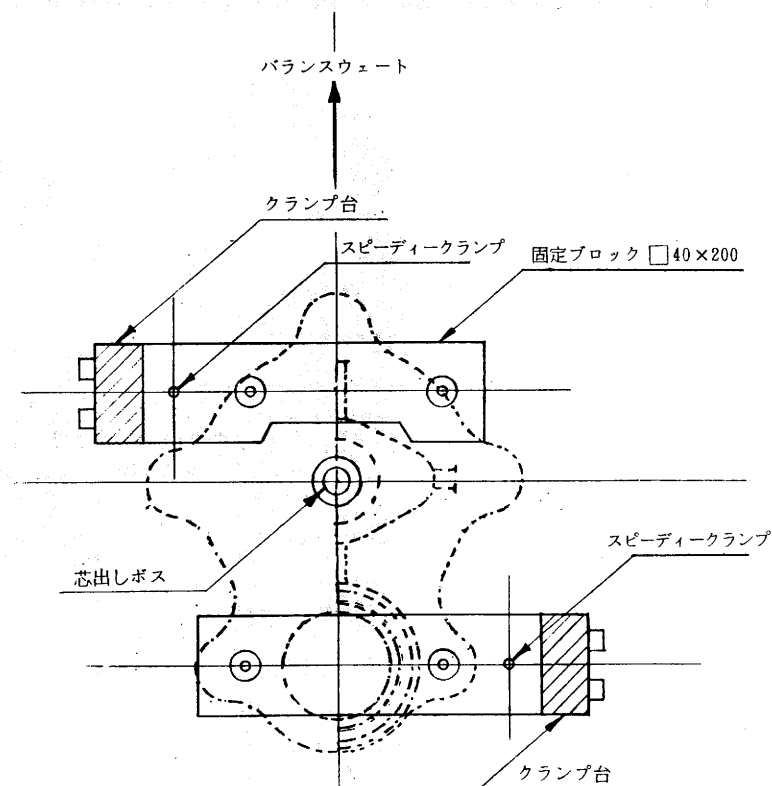


図7 製品の取付

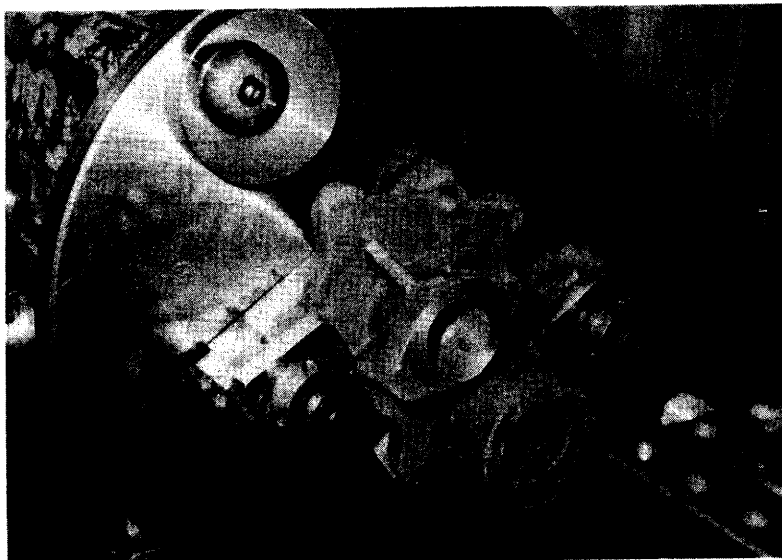


写真1 製品の取付状況

同時に製品の締付けを容易にする目的から市販のスピーディークランプ（西独ロムヘルド社製）を使用した。

このクランプは図8の様にレバーを $1/4$ 回転で製品ロックを行い、 $1/2$ 回転で締付ける便利なクランプで、クランプ力の解消は反時計方向に約 $3/4$ 回転させてスタッドをすべらせるだけでよい。これらの市販品を利用することも簡単な省力化の方法である。

3-4 切削上の問題点

改造後、製品の加工を実施してみると切削に関する種々の問題点が生じた。切削工具は経済性を考えて一本バイトを採用した。

一本バイトに関する問題点を記述すると次のとおりである。

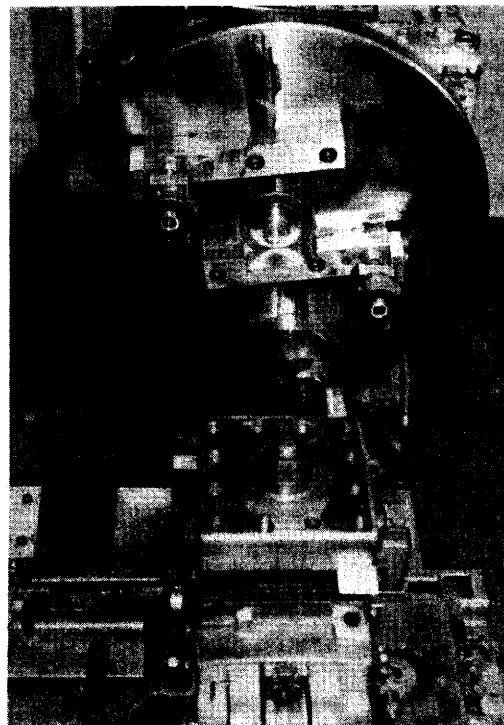


写真2 面板の配置

製品図面（図2参照）上の穴グリ端面ではバイト刃面全体で切削を行うために大きなビビリ現象が起き、加工面には深いビビリマークが入る。このビビリ現象を防ぐ為に、現象の要因を検討して問題点の解決を図った。

ビビリ現象の要因分析の結果、考えられる要因は次のとおりである。

- a) カミソリの増締め
- b) 切削送り速度の増減
- c) 敷金の必要性（ビビリの吸収）
- d) ホルダーの改良（ビビリの吸収）
- e) 切削方法
- f) バイトの刃先角度

これら要因の中で複雑で究明の困難なものとして、振動の吸収・刃先角度の適否があげられる。

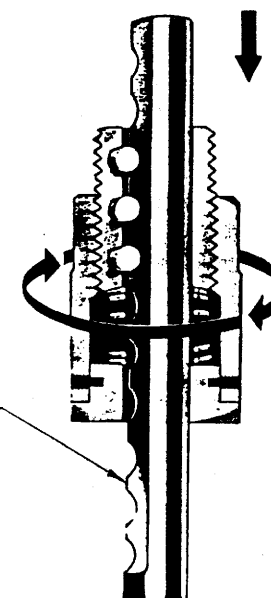
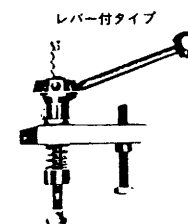
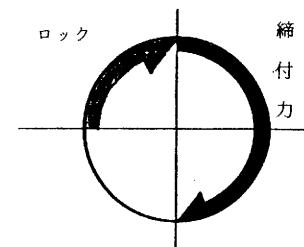


図8 スピーディークランプ

3-4-1 振動の吸収

振動の吸収方法として要因の中にもあげた様に、敷金およびホルダーでの吸収が考えられる。そこで、これらの両面について検討を行ったが、ホルダーについては、ヘルバイトと同様に、ホルダーに巾0.5mm～1mm程度の切込みを入れて吸収させる方法がある。しかし、切込みを入れることによってホルダーの剛性を損ない、逆にビビリを増大させる危険性からホルダーについては対処しなかった。

やむなく敷金での振動吸収を図るべく、現場技術者からの意見も参考に再度検討を重ねた中で、まず、ホルダー固定面の研磨、敷金の両面研磨を実施して吸収を考えたが、残念ながら効果はみられなかった。そこで、現場技術者の提案の厚紙の使用について検討を行ったところ、これが非常に効果的な結果を与えてくれた。敷金とホルダーの中間に厚さ1mm弱の厚紙をサンドイッチ状にセットして加工を行うと多少のビビリマークは残っても、線状に残る程度で振動吸収のクッション材として大きな効果をあげた。この状態を写真3に示す。

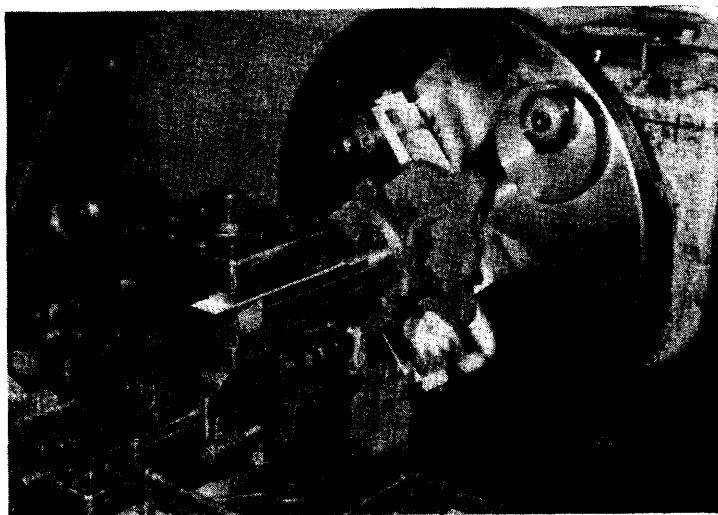


写真3 バイト取付状況

永年の経験から提案された、これら現場技術者の意見は省力化においても役立った。特にLCAにおいては、作業現場に熟知した人が作った機械は機能的でユニークなアイデアが数多く折込まれ経費の節減を図ったものが多く見受けられる。

3-4-2 刃先角度の検討

振動の吸収により軽減したビビリマークの除去手段として最終的に刃先角度の調整がある。

FC材での通常刃先角度としては、すくい角6度～12度、前逃げ角6度～8度の範囲を使用している。そこで、これを基準として検討を行ったがビビリマークを除去す

ることは出来ず、かえって増大する傾向を示した。

文献や現場技術者から、ビビリに対応出来る角度を調べ実施したが満足出来る結果は得られず試行錯誤を重ねた。最終的に通常使用されている刃先角度の最大角から順次0まで10種類の角度設定を行い、研磨・加工を繰返し実施した。

その中で、2種類の逃げ角に満足出来る結果を得ることが出来た。その角度範囲は3°～4°で、すくい角は0の場合である。

10種類の設定角度とその結果を表1に示す。

表1 刃先角度とビビリ現象

No 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
すくい角(度)	10	0	4	-10	0	0	-10	7	0	0
前逃げ角(度)	8	4	6	8	1	2	6	8	3	6
ビビリ状況	増	減	増	増	増	増	増	増	減	増

4. コストの比較

各項目の検討も完了して、それぞれ満足すべき状態でコストの比較に入った。改造前と改造後のコスト比較によって、今回の切削作業における省力化の良否が判断出来るわけで、いずれの自動化・省力化においてもコスト的なメリットが無いかぎり、その省力化は無駄になってしまう。

担当者が、自動化・省力化を計画する検討段階では、誰もがコスト低減と能率向上を主眼にして取組んでいるが、結果的にみると担当者の技術やデザイン、さらには会社の機能要求によって、高価な改造になる場合が多い。

立石電機の松野茂雄氏が提示されている省力装置製作の留意事項に次の10項がある。

- 必要性が確認されたもの。
- 設置使用する現場の経費レベルに見合う能力と予算のもの。
- 同じく現在の方式での能力と償却期間に見合うもの。
- なるべく装置に必要な作業者数を減らすこと。(1人のもち台数を増加すること)
- もち台数に限度があれば、これに応じて装置能力を高めること。
- 機能第一主義とすること。ただし、使う作業者のレベルに応じてその安全と装置自体の保護策を考えておくこと。
- つくったら動かすこと。1号機ではペイしなくても、その経験を活用して効率のよい2号機をつくり、2台でペイさせることも考える。
- 固定費予算は、正しくはその装置が正式に稼動する時点の推定値を使う。
- 装置製作の過程で得られた技術情報は会社の資料として整理保存し、以降の類似設計に活用すること。
- 製作した結果は必ず評価記録する。とくに失敗の記録を尊重すること。

この中にも述べられているとおり、設置使用する現場の経費レベルに見合う能力と予算で、現在の生産方式での能力と償却期間に見合う改造機でなければならない。当研究の改造中および改造後

の状態を写真4・5に示す。

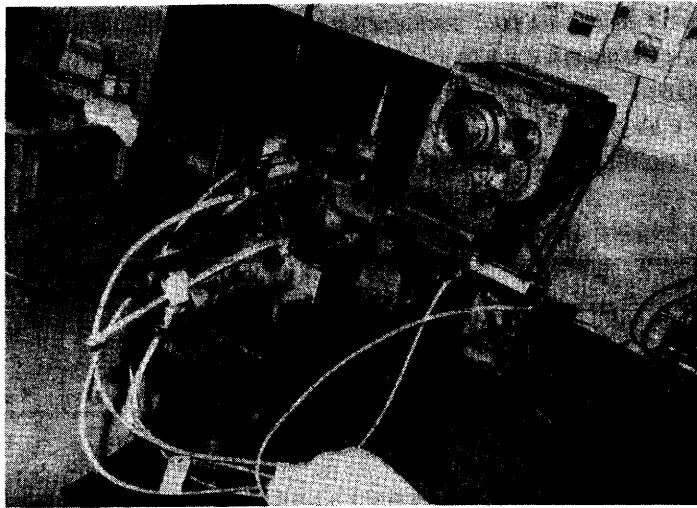


写真4 改造中の状態

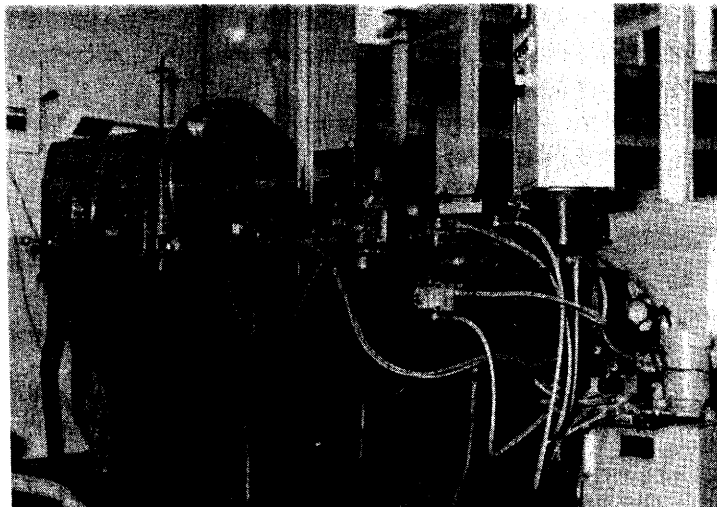


写真5 改造後

当研究の評価の一方法として、以下に述べるコストの検討を行った。まず、改造機での製品加工を数10個実施して、それぞれの工程別所要時間を測定した。その中からランダムに選定した5個の時間測定結果を表2に示す。時間測定の平均値は1個当り170.7秒で現在の手作業時間(140秒/個)

表2 時間測定結果

回数 工程	1	2	3	4	5
取 付 け	43.4 秒	32.8 秒	32.9 秒	58.1 秒	36.4 秒
加 工	115.0	120.3	121.9	109.8	121.2
取 外 し	10.4	13.1	10.4	14.0	14.0
計	168.8	166.2	165.2	181.9	171.6
平 均 値	170.7				

測定条件 タイマ1 タイマ2〜2秒 設定圧 25 kg/cm² 回転数 167 rpm

と比較すると約20秒の遅れがあるが、1人2台持ちを考慮に入れた場合満足出来る結果と判断する。

さらに、もう一步時間短縮を図るために主軸回転数を倍の310 rpmに上げた場合の時間値は1個当り2分でその測定値を表3に示した。

表3 時間測定結果

回数 工程	1	2	3	4	5
取 付 け	41.7 秒	44.1 秒	40.1 秒	45.3 秒	33.4 秒
加 工	84.0	78.4	74.6	72.4	70.5
取 外 し	9.8	12.3	10.0	12.0	9.6
計	135.5	134.8	123.7	129.7	113.5
平 均 値	127.4				

測定条件 タイマ1 タイマ2〜3秒 設定値 25 kg/cm² 回転数 310 rpm

時間測定の平均値を前述の松野氏が提唱される「めやすチェック」の次式にあてはめてみた。

$$\Delta G = \{ (C - N)X - dI \} F \quad (1)式$$

ΔG : 省力装置を導入することによる期間あたりの利益増分

F : 装置の設置台数

$C = M/H$: 能力倍数

M : 装置による能力

H : 手作業による能力

N : 装置に配置する人数

X : 作業員1人・期間あたり固定費(人件費とそれ以外の経費の合計額)

d : 装置の期間あたり償却率(%)

I : 装置の製作コスト

この場合、 X の値については、装置導入企業の固定費から20万円/人月・償却期間を4年とした。なお、装置の製作コストについては70万円(I)である。

(1) 現在の方式では1人1カ月間に3,400個 $H = 3,400$ 個/人月

- (2) 当研究装置では汎用機との1人2台もちが出来る。 $N = 1/2 = 0.5$ 台/人
 (3) 1台の加工能力は月間で4,000個(主軸回転数310rpmの時) $M = 4,000$ 個/人月
 (4) 能力倍数($C = M/H = 4,000/3,400 = 1.18$)
 (5) 装置の期間あたり償却率($d = \frac{1}{E} = 1/48 \approx 0.02$)

$$\Delta G = \{(1.18 - 0.5) 200,000 - 0.02 \times 700,000\} \times 1$$

$$= 122,000 \text{ 円/月} \quad \text{回転数を167rpmとしても } \Delta G = 62,000 \text{ 円/月}$$

月額での増収分は122,000円となる。

また、能力倍数(C)で比較すれば、手作業能力の+18%以上となり計画目標を十分満足する結果が得られた。

なお、参考までに(1)式を変形した関係式を次に示す。

$$I \leq \frac{(C-N)X}{d}, \quad C = \frac{M}{H} \quad (2) \text{式}$$

$$d \leq \frac{(C-N)X}{I}, \quad E \geq \frac{1}{d} = \frac{I}{(C-N)X} \quad (3) \text{式}$$

E : 償却月数

$$X \geq \frac{dI}{C-N} \quad (4) \text{式}$$

$$C \geq N + \frac{dI}{X} \quad \text{または} \quad M \geq (N + \frac{dI}{X}) H \quad (5) \text{式}$$

$$N \leq C - \frac{dI}{X} \quad (6) \text{式}$$

$$i = \frac{I}{X} \leq \frac{C-N}{d} = (\frac{M}{H} - N) \frac{1}{d} \quad (7) \text{式}$$

i の速算表を表4に示す。

表4 i の速算表
 $i = I/X \leq (C-N)/d$ の数表

$\begin{matrix} d \\ C-N \end{matrix}$	$d_{0.5} = 0.17$ ($E = 0.5$ 年)			$d_1 = 0.08$ ($E = 1$ 年)			$d_2 = 0.04$ ($E = 2$ 年)			$d_4 = 0.02$ ($E = 4$ 年)		
	0.25	0.5	1	0.25	0.5	1	0.25	0.5	1	0.25	0.5	1
0.5	1.5	—	—	3	—	—	6	—	—	12	—	—
0.8	3.3	1.8	—	6.6	3.6	—	13.2	7.2	—	26.4	14.4	—
1.0	4.5	3.0	—	9	6	—	18	12	—	36	24	—
1.25	6.0	4.5	1.5	12	9	3	24	18	6	48	36	12
1.5	7.5	6	3	15	12	6	30	24	12	60	48	24
2	10.5	9	6	21	18*	12	42	36	24	84	72	48
3	16.5	15	12	33	30	24	66	60	48	132	120	96
5	28.5	27	24	57	54	48	114	108	72	228	216	192
10	58.5	57	54	117	114	108	234	228	216	468	456	432

註* 1年使える装置($d_1 = 0.08$, $E = 12$ [箇月])で、装置に必要な人数($N = 0.5$), 能力2倍($C = 2$)なら、現在の固定費単価(X)の18倍が装置予算限界となる。たとえば、 $X = 15$ [万円]なら $I = 15 \times 18 = 270$ [万円]

たとえば(5)式は装置能力(C)と、その予算(I)とを関係づけているだけに、省力機械を設計するにあたって便利に利用出来る。

5. 考 察

当研究については、試行錯誤の繰返して、長期にわたってしまったが、その間、色々と痛感したことがらを述べてまとめた。

- (1) 設計時には、対象作業の動作内容を十分につかむ。
- (2) 電気回録の作製については、順を追って着実に結線を行う。
- (3) 現場技術者の経験で熟知した技術を取り入れる。理想としては現場技術者にLCA手法を指導して、その技術者に実施させる。
- (4) LCA化に生かせるデータの蓄積。
- (5) 市販品の有効利用とカタログの収集。
- (6) 対象加工物の切削力を確実につかみ、余裕のある駆動源を使用する。
- (7) 製作時の技術情報は整理保存する。特に失敗事例を重視する。
- (8) 安価で高能力を基本とする。

6. 結 び

本研究にあたり文献の引用をさせていただいた立石電機取締役 マーケティング本部長 松野茂雄氏に心から謝意を表します。

今後は、省力化の研究に遅ればせながらマイコンを採用して取組んで行きたいと考え、その準備を進めています。

7. 参 考 文 献

「知りたい油圧(基礎・実際・応用編)」: 不二越油圧研究グループ著

「電気・油空圧シーケンス回路の設計手法と例題による演習」

: 大阪府立工業研究所 杉左近 隆著

「省力と自動化 1973・3」

: 株式会社 オーム社

ねずみ鋳鉄および球状黒鉛鋳鉄製バルブ の防食技術の研究 (その2)

技 師 松 川 進
技 師 西 内 広 志

1. ま え が き

昭和55年度は水道用バルブによる赤水対策として、バルブ内面にエポキシ樹脂粉体塗装を施し、その塗装条件の確立および上下水における防食性能評価試験を行なったが、今年度は更にエポキシ樹脂粉体塗装バルブの用途を上下水道用バルブだけでなく、産業機械プラント用バルブにも適応させるために、pHの低い流体・海水を用いて浸漬腐食試験・キャス試験・ジェットエロージョン腐食試験等の腐食試験を行ない、用途の拡大を目的とした様々な防食性能効果を試みた。

また、中温域あるいは特定薬品下での過酷な条件にも耐えられるような粉体塗装樹脂として、フッ素樹脂粉体塗装方法およびその腐食試験についても若干の検討を行なったので、その結果を以下に報告する。

2. 防食性能評価試験

エポキシ樹脂およびフッ素樹脂粉体塗装品の防食効果を調べるために、次の腐食試験を実施した。

- (1) 浸漬腐食試験
- (2) キャス試験
- (3) ジェットエロージョン腐食試験

なお試験装置の仕様については表1に示す。

表1 各試験装置の仕様

装 置 名	仕 様	
	ノ ズ ル	2 組
ジェットエロージョン腐食試験装置	噴 霧 圧 力	0.8 kgf/cm ² ~ 1.3 kgf/cm ²
	流 速	3 % ~ 15 %
	液 温	室温 ~ 50 °C
	試 験 液	110 l
	空 気 混 入 率	0 ~ 5 % (V/V)

2-1 浸漬腐食試験の実験方法および結果

2-1-1 実験方法

実験に用いた供試材は球状黒鉛鋳鉄 (FCD45) 製、大きさ 50^{mm} × 20^{mm} × 10^{mm} の試験片をフライス加工後黒ワニス塗装、エポキシ樹脂粉体塗装、フッ素樹脂粉体塗装を施し、HCl (pH 2.5)、H₂SO₄ (pH 2.5)、3 % NaCl の各腐食液に浸漬した。

試験液量は500ccとし、未塗装品については2~3日毎に試料に付着した錆を除去し腐食液を交換して重量減による腐食量を求めた。

黒ワニス塗装品、エポキシ樹脂粉体塗装品、フッ素樹脂粉体塗装品については腐食速度が遅いと予想されるため、腐食液を交換せずに、溶出した鉄 (Fe) 量を分析して腐食量を求めた。

浸漬日数はいずれの塗装品についても30日間とし、それぞれの腐食割合を比較検討した。

2-1-2 実験結果

結果は表2に示すとおりHCl (pH 2.5)、H₂SO₄ (pH 2.5)、3 % NaCl の各腐食液でエポキシ樹脂粉体塗装品は黒ワニス塗装品に比べ20~40倍の防食効果があることが判明した。

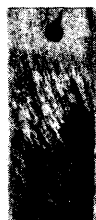
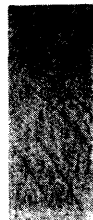
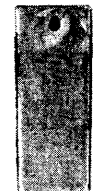
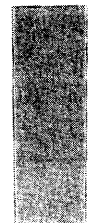
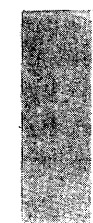
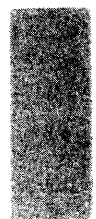
表2 浸漬腐食試験結果 (溶出 Fe 量 mg)

腐食液 塗装の種類	HCl (pH 2.5)	H ₂ SO ₄ (pH 2.5)	3 % NaCl
未 塗 装	506	518	183
	(14.5 mg/cm ²)	(14.9 mg/cm ²)	(4.9 mg/cm ²)
黒 ワ ニ ス	27	24	26
	塗膜剥離	塗膜剥離	塗膜剥離
エ ポ キ シ 樹 脂	14	12	0.7
	表面変化なし	表面変化なし	エッチ部に錆露出
フ ッ 素 樹 脂	検 出 せ ず	検 出 せ ず	検 出 せ ず
	表面変化なし	表面変化なし	表面変化なし

- (注) ・浸漬日数は未塗装・黒ワニス・エポキシ・フッ素すべて30日間
 ・材質はFCD45
 ・試料は50×20×10 mmのフライス加工品
 但し、エポキシ塗装品は寸法が若干大きい
 ・塗膜は黒ワニス フッ素が0.10~0.15 mm エポキシが0.25~0.30 mm
 ・繰返し実験回数 3回

フッ素樹脂粉体塗装品については、試験片の表面には何ら変化せず、溶出 Fe 量についても検出しなかった。

写真1に浸漬腐食試験後の表面状況を示す。

未
塗
装3 %
NaClpH2.5
HClpH2.5
H₂SO₄黒
ワ
ニ
ス3 %
NaClpH2.5
HClpH2.5
H₂SO₄エ
ポ
キ
シ
樹
脂3 %
NaClpH2.5
HClpH2.5
H₂SO₄フ
ッ
素
樹
脂3 %
NaClpH2.5
HClpH2.5
H₂SO₄

× 0.7

写真1 浸漬腐食試験結果

2-2 キヤス試験の実験方法および結果

2-2-1 実験方法

エポキシ樹脂粉体塗装品およびフッ素樹脂粉体塗装品の防錆度を調べるため表3に示す実験条件でキヤス試験を行なった。

表3 実験条件(キヤス試験)

要 因	水 準	
材 質	FCD45	
試験片の寸法および形状	100×100×10 mm(板状試験片)	
表 面 状 態	フライス加工	
エポキシ粉体塗装膜厚(mm)	0.3~0.5	
フッ素樹脂粉体塗装膜厚(mm)	薄 膜	厚 膜
	0.15~0.20	0.38~0.48
キヤス試験条件(固定条件)		
噴霧液の組成	NaCl	5 %
	CuCl ₂ ·2H ₂ O (塩化第2銅)	0.26g/l
噴霧液の比重	1.04(25℃)	
噴霧液のpH	3.2	
室の暴露帯における温度	49℃	
噴霧時間(hr)	500	

この方法は噴霧液がpH3程度なので、従来の塩水噴霧試験よりも錆の進行は速く、屋外暴露試験とよく似ており、操作面・経済面等から広く採用されている方法である。

噴霧時間はJWVA101-1981(水道用仕切弁内面エポキシ樹脂粉体塗装方法-塩水噴霧試験)に準じ500時間とした。

錆の発生度についての評価は表4に示すJISD201のレーティングNoで評価した。

表4 レーティングNo表

レーティングNo	腐食面積率	レーティングNo	腐食面積率
10	0	6	0.50以上 1.0未満
9.8	0.02未満	5	1.0以上 2.5未満
9.5	0.02以上 0.05未満	4	2.5以上 5.0未満
9.3	0.05以上 0.07未満	3	5.0以上 10.0未満
9	0.07以上 0.10未満	2	10.0以上 25.0未満
8	0.10以上 0.25未満	1	25.0以上 50.0未満
7	0.25以上 0.50未満	0	50.0以上

備考：レーティングNoとは表4に示す腐食面積率の割合を14段階にあらわした指標のことである。レーティングNoが少になれば腐食面積率が大きくなり、錆発生度は増加するため、耐食性の指標としてはレーティングNoが大きいほど良い。

2-2-2 実験結果

結果は表5および写真2に示すとおりフッ素樹脂粉体塗装品厚膜(0.38mm~0.48mm)はエポキシ樹脂粉体塗装品、フッ素樹脂粉体塗装品薄膜(0.15mm~0.20mm)に比べ、優れた耐食性を示した。

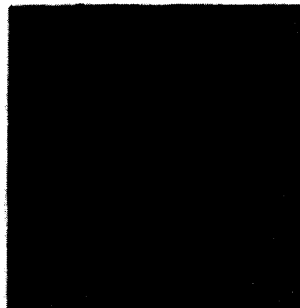
表5 キヤス試験結果

塗装の種類	膜厚(mm)	腐食面積率(%)	RN (レイテングNa)	備考
エポキシ樹脂	0.30	1.0	5	エッジ部周辺に浸食
	0.30	0.6	6	
	0.50	1.1	5	
フッ素樹脂 (薄膜)	0.15	0.3	7	エッジ部周辺に浸食 ふくれ箇所 若干錆発生
	0.20	0.5	6	
	0.20	0.6	6	
フッ素樹脂 (厚膜)	0.38	0	10	まったく錆なし
	0.46	0	10	
	0.48	0	10	

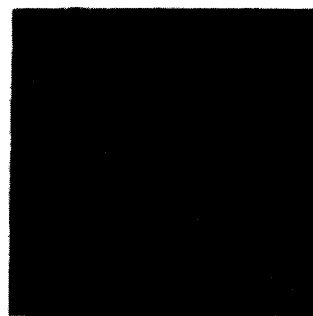
但し、試料は100×100mmのFCD45で行なう。



エポキシ樹脂



フッ素樹脂(薄膜)



フッ素樹脂(厚膜)

写真2 キヤス試験結果

×0.5

塗装膜厚0.3mm以上のエポキシ樹脂粉体塗装品は、従来の塩水噴霧試験ではレイテングNa10程度で錆の発生は皆無に近かったが、キヤス試験のような過酷な条件(噴霧液がpH3程度の酸性、噴霧室温度が50℃、塩化第2銅添加による錆の発生の相乗作用等)では、レイテングNa5となりエッジ部周辺の浸食が促進されたものと考えられる。

なお写真2ではエポキシ樹脂粉体塗装品のエッジ部周辺から中心部にかけて錆の発生が見られた。

このことはキヤス試験による促進効果の影響で、塗膜にわずかに噴霧液が浸透したためと考えられる。

錆の発生度についての評価はエッジ部周辺の錆を取り除いた範囲について測定した。

フッ素樹脂粉体塗装品(薄膜)の場合については、一度塗りのため、若干塗装膜厚が薄くなる。このことは素地の凹凸がそのまま膜厚の不均一を招き、ところどころ極薄膜部ができる。これがレイテングNa6程度になったものと考えられる。

フッ素樹脂粉体塗装品(厚膜)については塗装方法が重ね塗り(2回以上)、すなわち被塗物(予熱)→フッ素樹脂静電粉体塗装→焼付(300℃, 30分)のサイクルを繰り返すことにより塗膜が厚くなる。それがため噴霧液と素地の接触がほとんどなく、長期キヤス試験を実施しても異常は見られなかった。

2-3 ジェットエロージョン腐食試験(フッ素樹脂粉体塗装品の剥離度試験)

一般にある流速までは金属表面への酸素の供給速度が増加し、腐食速度を早めるが、それ以上の流速になると、機械的に金属の表面被膜が破壊され、腐食反応との相乗作用によって金属の消耗が大きくなることが知られている。

例えば、複雑な構造を有するバルブについて、弁を絞った状態で使用する場合、高流速の乱流とキャビテーション・エロージョン(空洞現象)を起し、弁の内部が損傷することが予想される。

それがため本実験はバルブ内面にフッ素樹脂粉体塗装を行なった場合、塗膜の凹凸が高流速に耐えられるか否かを調べるため写真3に示すジェットエロージョン腐食試験装置を使用して表6に示す実験条件で試験片の形状変化によるフッ素樹脂粉体塗装品の剥離性について調べた。

結果は表7、写真4に示すとおり、素地が一部露出したのは90°角試験片のみで、エッジ部を2R以上にした試験片については何ら変化せず、優れた耐剥離性を示した。このことにより、バルブ内面のエッジ部を丸めることでピンホールおよび流体における錆の発生、剥離等を防止出来ることが予測される。

2-4 まとめ

以上の結果をまとめると次のとおりである。

2-4-1 浸漬腐食試験

(1) HCl(pH2.5)、H₂SO₄(pH2.5)、3% NaClの各腐食液でエポキシ樹脂粉体塗装品は黒ワニス塗装品に比べ20~40倍の防食効果があった。

(2) フッ素樹脂粉体塗装品については、上記の腐食液では何ら変化せず、優れた耐食

性を示した。

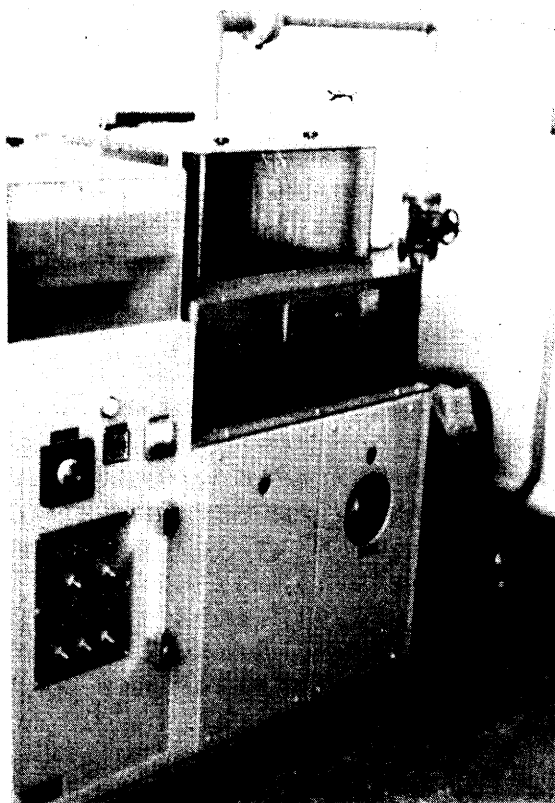


写真3 ジェットエロージョン腐食試験装置

表6 実験条件（ジェットエロージョン腐食試験）

要 因	水 準			
試 験 片 の 寸 法	65 × 10 × 10 mm (フライス加工品)			
試 験 片 の 形 状	平 板	90°	2 ^R	5 ^R
フッ素樹脂塗装膜厚 (mm)	0.08 ~ 0.25			
試 験 時 間 (hr)	500			
試 験 液	3% NaCl (110ℓ)			
試 験 液 の pH	6.80			
試 験 液 の 温 度 (℃)	35			
流 速 (%)	13.7			

表7 フッ素樹脂塗装品のジェットエロージョン腐食試験結果

塗装回数	噴射面の テストピース形状	膜厚 (mm)	試 験 結 果 (剥離長さ mm)
1 回 塗 り	平 板	0.12	変化なし
	90°	0.12	7
	2 ^R	0.08	変化なし
	5 ^R	0.12	〃
2 回 塗 り	平 板	0.20	〃
	90°	0.18	3
	2 ^R	0.22	変化なし
	5 ^R	0.25	〃

- (注) • 試験液は3% NaCl
 • 流速は13.7%
 • 試験時間は500 hr
 • 材質はFCD45

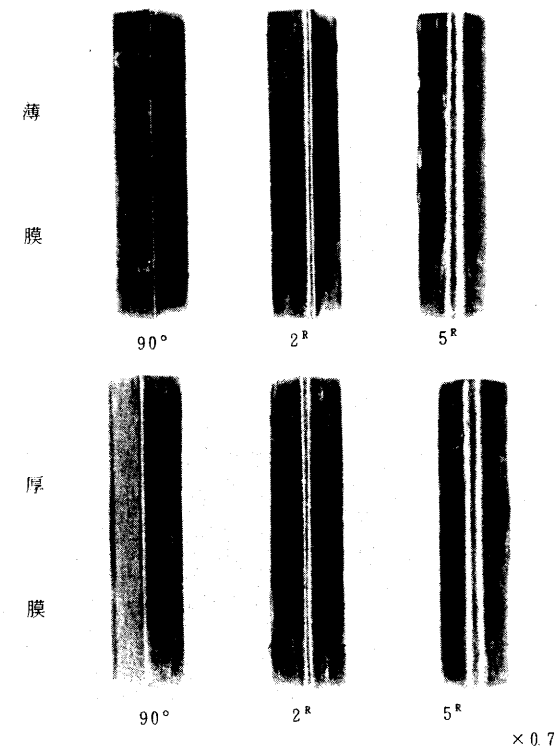


写真4 フッ素樹脂塗装TPのジェットエロージョン腐食試験結果

2-4-2 キヤス試験

- (1) エポキシ樹脂粉体塗装品の場合、中心部にわずかな錆が発生したが、塗膜の異常（剥離・ふくれ等）は見られなかった。
- (2) フッ素樹脂粉体塗装品（薄膜）の場合、素地の凹凸による膜厚の不均一のため、極薄箇所にわずかに錆が発生した。
- (3) フッ素樹脂粉体塗装品（厚膜）については長期キヤス試験に耐え、何ら変化せず、優れた耐食性を示した。

2-4-3 ジェット・エロージョン腐食試験

試験片の形状の違いによるフッ素樹脂粉体塗装品の剥離性を調べた結果、エッジ部を2R以上の“R”をつけると塗膜の剥離を防止することができる。

3. フッ素樹脂粉体塗装法の検討

3-1 試験の目標

水道用のバルブのみでなく、化学あるいは産業機械プラント用などの種々バルブにおけるフッ素樹脂塗装技術の把握と、作業条件を確立するための基礎資料を得ることが目標である。そのために球状黒鉛鋳鉄（FCD45）製テストピースによる塗装を実施し、焼付温度・角部形状など各種要因の影響を検討した。

3-2 試験条件

3-2-1 テストピースの形状および寸法

平板テストピースとし、寸法は $100^W \times 100^L \times 10^H$ とする。

3-2-2 塗装機および塗料

塗装機はA社製の静電粉体塗装機を使用した。その仕様とハンドガンシステムフローを表8と図1に示す。

塗料はB社製のフッ素樹脂粉体塗料を用いた。これはカーボン繊維粉を約20%含有し、重ね塗りが可能な厚膜塗料として市販されているものである。主な特性を表9に示す。

表8 静電粉体塗装機の仕様

項 目	備 考
高電圧印加方式	ビルトインソース方式（ガン本体高電圧昇圧装置内蔵）
ガン印加電圧	DC 0～80KV（極性 標準はマイナス）
塗料タンク容量	40ℓ
塗料吐出量	100～250g/分
塗料フィード方式	バルクインジェクタ方式
消費空気量	標準 90Nℓ/分
電 源	3φ 200V 300VA

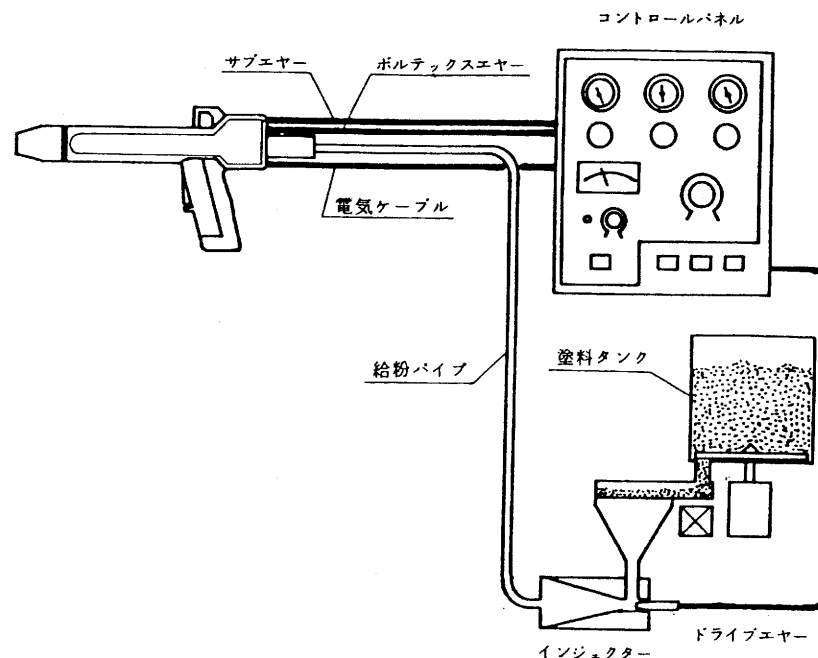


図1 静電粉体塗装機のハンドガンシステムフロー

表9 塗料の特性

項 目	特 性
吸 水 率 (%)	0
引 張 強 度 (kgf/cm ²)	443
屈 曲 試 験	変 化 な し
摩 耗 度 (ml $\times 10^{-3}$)	9.4
硬 度 (H _K B)	50

3-2-3 検討項目（要因）と水準および評価項目

表10のごとく、昭和55年度研究結果および予備実験から塗装技術に影響を及ぼすと思われる6種の要因について検討した。

また、塗装の評価項目として、外観・膜厚・断面状態の観察を行った。

3-3 試験結果および考察

3-3-1 外 観

塗装・焼付後の外観状態を表11および写真5～7に示す。

表10 フッ素樹脂塗装試験条件

要因	水 準							固 定 条 件					
								焼付温度 (℃)	角部形状	吐出量 (g/分)	塗装方法	テストピース表面状態	吹付方向
焼付温度 (℃)	200	250	300	350	400	450	500	—	90°	120	1度塗り	フライス加工	垂直
角 部 形 状	90°		2°		2°		5°	300	—	〃	〃	〃	〃
吐出量(g/分)	60		120			180		〃	90°	—	〃	〃	〃
塗 装 方 法	1度塗り		2度塗り			4度塗り		〃	〃	120	—	〃	〃
テストピース表面状態	ショット仕上				フライス仕上			〃	〃	〃	1度塗り	—	〃
吹 付 方 向	垂 直			水 平				〃	〃	〃	〃	フライス加工	—

但し • 塗装機条件は次のとおり

印加電圧 -60KV

空気圧 (主) 4.0 kg/cm²

(補) 0.6 "

塗装ガン ロングバレル

(筒 長 300 mm
ノズル内径 15 mm)

• 焼付時間 30分

• 予熱温度 200°C

• 吹付時間 10秒/1回

• 材 質 FCD45

表11 フッ素樹脂塗装試験結果

塗 装 条 件	外 観	膜 厚 (mm)
焼 付 温 度 (°C)	200 未熔融・未硬化状態で塗料に変化なし	0.26
	250 平滑性に乏しい 光沢乏しい	0.19
	300 良好, 光沢有り	0.22
	350 クレーター状凹凸有り 光沢乏しい	0.14
	400 クレーター状凹凸大 光沢なし	0.16
	450 風船玉の如く大小のふくれ有り	0.15
	500 炭化し剥離多し 色は茶カッ色	0.02
吐 出 量 (g/分)	60 少し薄く, くすんでいる	0.14
	120 良 好	0.25
	180 平滑性に乏しい 光沢乏しい	0.28
塗 装 方 法	1 度 塗 り 良 好	0.22
	2 " 気泡有り 平滑性乏しい	0.33
	4 " 気泡多し 光沢無し 平滑性無し	0.53
表 面 状 態	ショット仕上 平滑性乏しい 光沢乏しい	0.18
	フライス仕上 良 好	0.20
吹 付 方 向	垂 直 良 好	0.18
	水 平 薄く加工痕が見えている	0.07

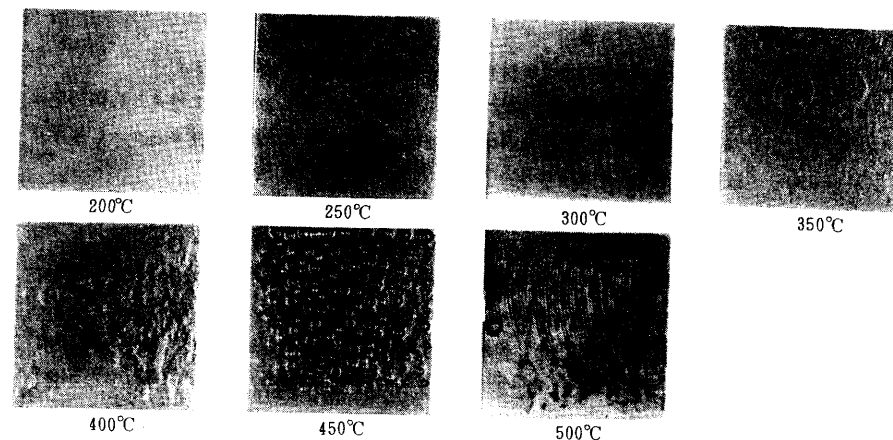


写真5 表面塗装状態 (焼付温度の影響) ×0.3

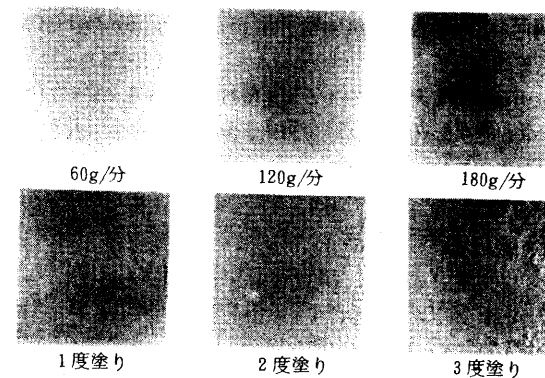


写真6 表面塗装状態 (吐出量・塗装方法の影響) ×0.25

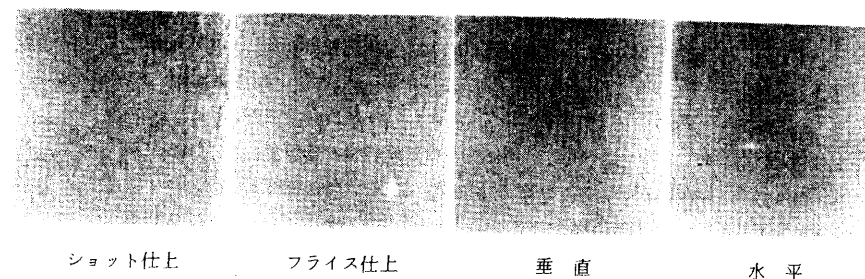


写真7 表面塗装状態 (TP加工方法・吹付方向の影響) ×0.35

3-3-1-1 焼付温度の影響

エポキシ樹脂以上に焼付温度の影響を受けることが確認された。

200℃では塗料が未熔融状態であり、全く硬化しない。それゆえ、塗料の色も吹付前の粉末と何ら変らない。250℃以上になると熔融・硬化するが、各温度により微妙な変化を生じる。

250℃では平滑性および光沢がなく、一方350℃になるとあばた状の塗膜になり光沢も少ない。400℃ではこれが一層助長され、クレーター状塗膜となり、更に450℃に昇温すると大小無数のショボン玉状ふくれを生じる。当然ふくれの内部はプロホール状の空洞となっているものと思われる。500℃に昇温すると、ついに塗膜は完全に炭化し剥離現象が生じる。塗料も茶褐色に変色した。

これに反し、焼付温度300℃では塗膜に光沢があり、平滑で美麗な外観を呈している。

以上の結果から焼付温度が200℃以下では全く熔融硬化しないし、逆に400℃以上では塗膜の平滑性・光沢も悪くなり、商品価値がなくなることが判明すると同時に、焼付温度の目安（標準）として300℃前後が優れた外観を示すことを確認した。

この温度は四フッ化エチレン系樹脂の融点である265～270℃より約30℃高く、熔融—硬化反応が最も円滑に進行する領域と思われる。図2の熱分析曲線からもこのことがわかる。

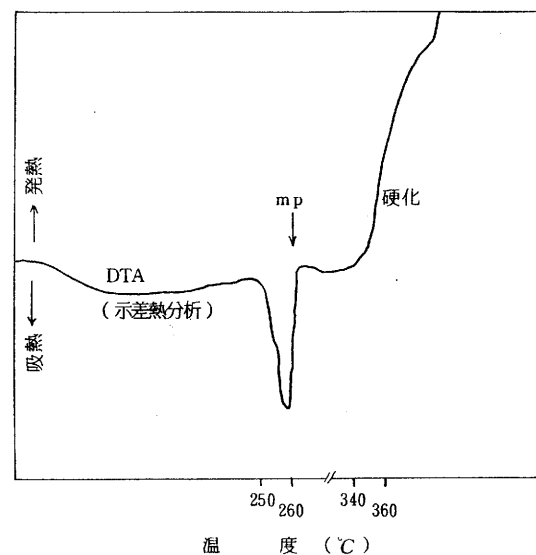


図2 フッ素樹脂の熱分析曲線（模式図）

この温度範囲はエポキシ樹脂に比べ非常に狭く、塗装の難しさを意味するものである。

3-3-1-2 吐出量・塗装方法・表面状態・吹付方向の影響

吐出量は120g/分が良い結果を示している。180g/分ではくすんでおり、しかも塗膜の“のり”が悪い。素材温度変化ならびに吐出量が大きいため静電力が低下し、塗料の付着力が減少するからである。また塗装方法はエポキシ樹脂とは異なり、1度塗りが良く、回数が増えるにつれ表面光沢および平滑性が悪化する。すなわち、焼付回数の増加とともに下地の樹脂が焼付温度のムラなどにより凹凸が多くなる。更にその上へ塗布するため一層平滑性などが劣化するためである。

素材の加工方法（すなわち表面粗さなどの状態）による影響は写真のごとくフライス加工の方が優れており、光沢・平滑性も良い。

また吹付方向はエポキシ樹脂同様、水平すなわちガンと素材が同一方向で、塗布した場合、塗膜は薄く加工痕が見える。（素地が残る状態）理論的には静電気あるいは重力などにより垂直方向と大差なく塗布できると思われるが、実際との違いが明確になった。

3-3-2 膜厚

温度による影響は比較的少ないが、塗膜が未熔融の状態である200℃はバラツキが大きく正確な数値とはいえない。一方500℃は炭化し剥離するので皆無に等しくなる。

吐出量の180g/分が予想より少ないのは前述の外観の理由に起因するものと考ええる。

また、塗装方法では回数の増加と塗膜とは比例関係となる。吹付方向の水平が少ないのも吐出量と同様前述の外観の理由による。

全般にフッ素樹脂はエポキシ樹脂に比べ塗膜が薄くなりがちである。これは比重の違いが作用しているものと思われる。

すなわち、エポキシ樹脂の比重が1.3であるのに対し、フッ素樹脂は1.8以上であり、相当の差がある。例えば同じ空気圧で塗料を吹付けた場合、理論的な吐出量が同一でも塗料噴霧量はフッ素樹脂の方が少なくなるのは明白である。特に側面の塗装は重力との相乗作用により一層塗膜は薄くなるとされる。

3-3-3 断面状態

これを写真8～10に示す。

焼付温度の影響は外観同様非常に大きいことが確認された。250℃、300℃ではピンホールおよび剥離はないが、350℃以上になるとそれらの欠陥が一挙に出てくる。すなわち350℃では亀裂が発生し、400℃では塗料の軟化による塗膜の膨脹と素材中に内在するガス（不純物・水分などによる）により大きなブローホールが生じる。450℃ではなお一層助長された状態となる。前述した塗膜表面の平滑性が無くなるのはこのことに起因する。なお、写真8で200℃および500℃の写真がないのは未

溶融・未硬化と炭化剥離により撮影不可能なためである。

また、角部形状による影響はエポキシ樹脂と同様に熱可塑性樹脂の特長、即ち、固化による収縮現象との関係が大で、特に90°などの鋭角部は急激な温度変化と相まって塗膜は減少する。とりわけ、フッ素樹脂の熱膨脹係数は 9.4×10^{-5} とエポキシ樹脂の 6.9×10^{-5} よりも高く、膨脹収縮などの変動が激しいため、よりエッジ部を丸める等の措置が必要となる。

吐出量および塗装方法と膜厚は前述のとおり比例関係にあることが断面写真でより明確となった。ショット仕上は素材表面の粗さがフライス加工より劣るため、樹脂と素材との接点（境界）の凹凸が大きく、均質な塗膜が期待できない。

また、水平塗装は膜厚の数値が写真と一致し、非常に薄い塗膜になることが確認できた。なお塗料の付着状態はいずれも良好であった。写真6中で120g/分・1度塗り・フライス仕上・垂直塗装の各写真がないが、これは写真8の300℃の断面写真で代用できるからである。

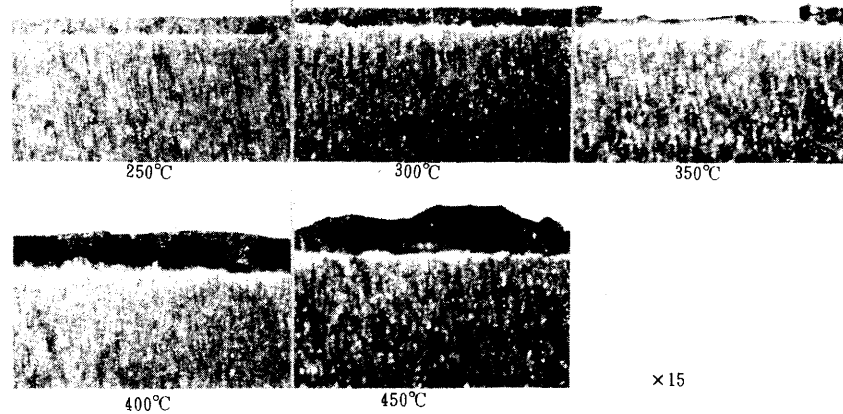


写真8 塗装断面状態（焼付温度の影響）

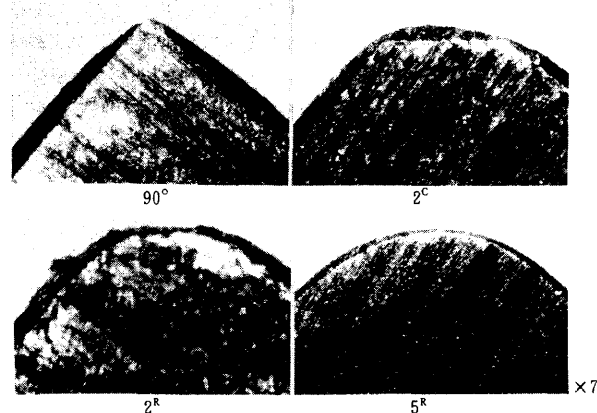
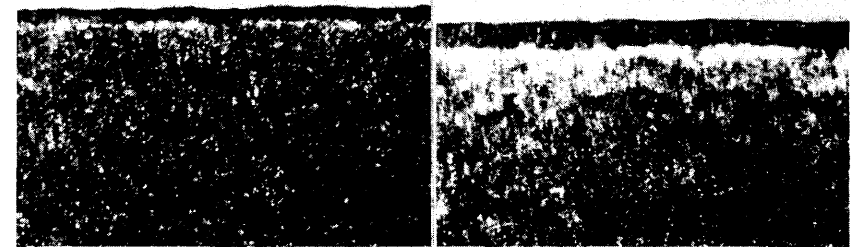
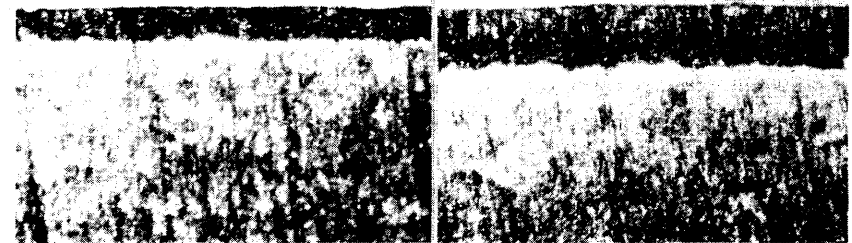


写真9 塗装断面状態（角部形状の影響）×7



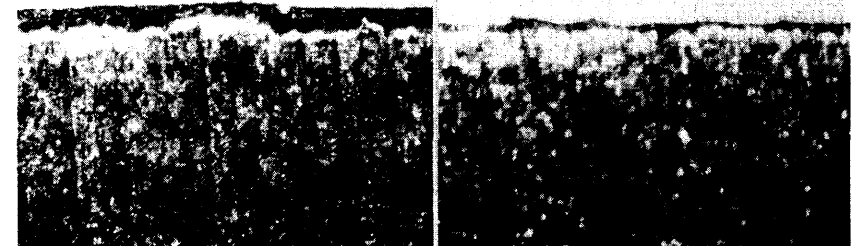
60g/分

180g/分



2度塗り

4度塗り



ショット仕上

水平

写真10 塗装断面状態（吐出量・塗装方法・TP加工方法・吹付方向などの影響）×23

3-4 まとめ

以上の実験結果を要約すると次のとおりとなる。

1) 焼付温度の影響が大きく、各温度差が外觀および塗装断面に顕著な形となって現われる。

最適焼付温度は300℃前後であり、作業標準としての温度範囲は280℃～320℃で非常に狭い。すなわち予熱を含めた温度管理が重要な要因となる。

- 2) 角部形状も影響度が高く、鋭角的部分は塗料がのらないので、適当な“R”または“C”をつける必要がある。
- 3) 塗装方法はエポキシ樹脂とは逆に1度塗りが良い結果を示したが、数回塗りが必要な場合は前述の焼付温度と吐出量の管理をより厳しくしなければならない。また、塗装作業の迅速化を図り、温度降下を防止することも重要なポイントの一つである。
- 4) テストピースの表面状態および吹付方向は、エポキシ樹脂と同様に素材表面粗さを細かく平滑化し、ガン方向は垂直にすることが望ましい。
- 5) 吐出量は他の要因に比べ大きな影響を与えない。
- 6) 総体的にフッ素樹脂粉体塗装はエポキシ樹脂粉体塗装に比べ難しく、例えば焼付温度・角部形状などの塗装条件の管理を厳しくしなければならない。また、フッ素自体が有害物質であり、作業環境の面でも十分な配慮が必要である。

4. む す び

昭和55年度に実施した“鑄鉄製バルブの防食技術に関する研究”を基にして、今年度は粉体塗装技術を上水道用バルブのみならず、産業機械用バルブに適応させるための基礎資料として、PHの低い領域での防食性能評価試験およびフッ素樹脂粉体塗装方法の検討を行った。

その結果、エポキシ樹脂粉体塗装品はPHの低い領域での耐食性は良好であり、フッ素樹脂粉体塗装品はキヤス試験等の過酷な条件にも耐食性が優れていた。

また、フッ素樹脂粉体塗装において最も影響を及ぼす要因は、焼付温度・角部形状等であった。

今後の検討課題としてバルブにフッ素樹脂粉体塗装を施すための塗装技術の確立（温度管理・膜厚管理等）と併せて、産業機械用バルブ（フッ素樹脂内面粉体塗装バルブ）の適用範囲を拡めるための防食性能試験（強酸・強アルカリ等）、物性試験（低温・高温試験・耐摩耗性）等が必要と考えられる。

〔参 考 文 献〕

- 1 滋賀県立機械金属工業指導所研究報告：昭和54年度
（鑄鉄製バルブの防食技術の開発）
- 2 昭和55年度技術開発補助事業成果普及講習会用テキスト
（ねずみ鑄鉄および球状黒鉛鑄鉄製バルブの防食技術の研究）
- 3 JWVA 水道用仕切弁内面エポキシ樹脂粉体塗装方法 — 水道バルブ工業会
- 4 金属材料 1977. 11. P46 林田 フッ素樹脂の耐食ライニング
- 5 さびを防ぐ事典 山本洋一編
- 6 粉体塗装技術 著者 Dr Emery P Miller 訳者 伊藤 孜
Dr David D Taft

バルブの設計改良の研究

（大口径陸用バルブの常温内圧実験）

滋賀県立機械金属工業所 技 師	酒 井 一 昭
株式会社イズミ製作所生産技術課	木 村 一 夫
彦根鑄工株式会社管理課	西 村 重 信
沢村バルブ工業株式会社設計課	北 川 彰 彰
中嶋バルブ工業株式会社技術課	大 竹 祥 治

1. 研究 目 的

地場産業の彦根地区のバルブは、日本工業規格（以下「JIS」と云う。）に基づいて、全数、水圧による耐圧試験を行って出荷しており、品質はJISにより保証されている。

バルブの性能に影響する内圧時の歪の研究については、昭和53年度からバルブ業界の協力を得て当指導所で継続して行っており、理論式を採用することにより昭和55年度までは、JISのサイズ（JIS B2044の口径300mmまで）の陸用バルブにおいて良好な成果を上げることができた。今年度（昭和56年度）はこれまで実施した研究成果を応用し、JISに規定のない陸用バルブ「JIS B2044タイプの300mmを越える大口径バルブ」の製品（完成品）を対象に研究を行った。これは過去に蓄積したJISバルブの研究データと今回の実験データとの間で相対的な比較を行うことにより、安全面と省資源の両面から検討を加えたが、関心のある結果が得られたので以下に報告する。

2. 研究 テ ー マ

2・1 研究機種を選定

研究対象の機種は、過去に実験を行ったJIS B2044（鑄鉄10kg・f/cm²、フランジ型外ねじ仕切弁）の規格のサイズ（口径200mm、250mm）についての研究成果を応用する意味でJIS外の大口径の陸用バルブ（JIS B2044タイプ）を選定した。口径については事業所の要望に応じて500mmおよび600mmを選定した。

2・2 研究に関するアンケート調査結果等

2・2・1 研究対象とする試料の選定と研究に関する資料を集めるため、大口径の陸用バルブを生産している企業13社に対してアンケート調査を実施した。その結果、9社から回答が得られたが、事業所側の納期および在庫の都合等の理由により、実測は4社の製品に限定した。

即ち、口径500mmと口径600mmのバルブ各2試料、合計4試料について常温内圧時の歪測定を実施することにした。

2・2・2 JISでは主要部の寸法が定められているだけで、耐圧に影響する要因の1つである弁箱の形状（小判型）については規格化されていない。このため、バルブ口径の大小を問わず各試料の寸法・形状はそれぞれ異っており、事業所の特徴がある。

これまでの研究試料と今回の調査結果による試料との相違点を表1に示した。この表

この表から、JIS 外のパルプは全く規定に縛られないため、 a/b 値・肉厚・重量に大きな差が見られる。

表-1

項目	口径 mm	試料数	(a,bは図1の寸法) a/b 値の平均	弁箱の肉厚 mm	完成品重量 kg				バルブ の材質	備考
					平均	最大	最小	差 (最大-最小)		
昭和53年度 研究の試料 54	200	14	2.36	15	128	150	110	40	FC 20	である。 弁箱の補強方法は試 料によってマチ
	250	11	(昭和53年度研究 報告X/X値の平均 2.38)	17	200	220	182	38		
昭度ア調 和のケ 56年 結果	500	5	3.02	23~29	828	935	665	270		
	600	4	3.15	26~32	1211	1400	1060	340		

なお、本実験に使用した試料の小判型断面(図-1)およびバルブの完成品(図-2)における寸法等については表-2に示す。

図-1

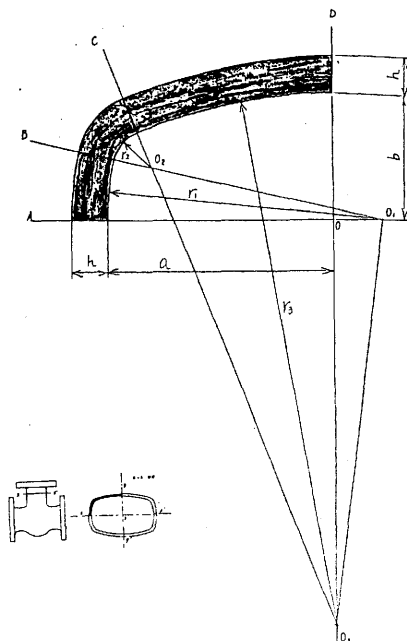


図-2

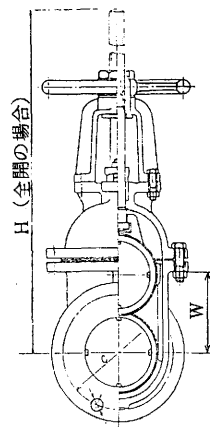


図-3

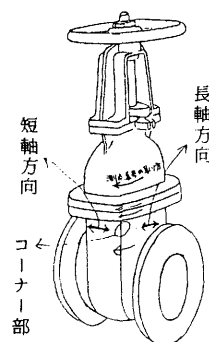


表-2 JIS B2044 タイプの口径 500 mm および 600 mm バルブ

口径mm	寸法等 試料	a mm	b mm	r ₁ mm	r ₂ mm	r ₃ mm	h mm	W mm	H mm	完成品 重量 kg	バルブ の材質
500	A	282	90	5000	42	5000	23	454	2136	665	FC 20
	B	292	100	292	26	2600	29	528	2280	920	
600	C	344	108	900	22	3150	29	431	2585	1085	
	D	355	107.5	355	25	2000	32	577	2860	1400	

3. 実験概要

3・1 実験方法

本実験はこれまで当所で行ってきた常温内圧実験に準じて実施した。バルブの完成品(ただし、D 試料は半完成品)に水を満たし両端フランジに盲フタを取付け、一方の盲フタ側から加圧用のポンプに連結させる。この時弁体は開いていて、各試料は全てフリーに立てた状態(垂直の状態)となっている。また、ポンプはバルブ内容量が多いことを考慮して高さ 20cm 程度の台の上のせ、バルブに加圧できる最高内圧力までの歪測定を行った。主な実験装置等の仕様型式は次のとおりである。

- 小型自動デジタル多点ひずみ測定器 新興通信工業製 DPu-100 型
- 多点切換スイッチボックス(50点) 新興通信工業製 RS-7513-50 型 4 個
- 手動式水圧ポンプ 鶴山本水圧工業所製 PH-60 型
- ストレンゲージ

ビニールコード付箔歪ゲージ(ゲージ率: 2.00)の 2 軸クロスゲージ(ゲージ長 2 mm×グリット幅 1.3 mm)

3・2 歪ゲージの貼付箇所

図-4~図-7にA~Dの各試料における外表面歪の測定箇所を示す。測定番号の取り方は主に図-3に示す矢印方向とした。測定箇所と測定数の決定は、試料が大型であり企業ごとの設計が同一でないため、形状・寸法も変り困難な面もあるが、バルブの基本的な形状、即ち、対称形を理用し、さらに過去の研究データを加味して行った。また、実験対象メカの要望した測定箇所も考慮し、弁箱に重点をおき、ストレングージの貼付箇所を定めた。

3・3 バルブに加える圧力

バルブの完成品(フリーに立てた状態)に加える圧力は、 $10 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ と $15 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ (A~D 試料製造の各事業所からのヒアリング)とし、加圧力に対するバルブ外表面の歪量がその材質の弾性限度内で対応しているかを知るため、数 $\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ ごとの圧力に区切って加圧(0 → $15 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$)と減圧($15 \rightarrow 0 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$)を 4 往復行い、その時の歪量を 4 回測定した。

いわゆる、内圧力(2), 5, (8), 10, $15 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 時の歪量を 4 回測定〔ただし、4 回目は()内の圧力は省略〕した。4 回の各測定は独立(ひずみ測定器は測定開始ごとに零調整)して行い、歪測定後は内圧を 0 に戻し、歪の 0 を確認した。しかし、バルブの容量が大きく測定開始の 0 調整時と測定後の 0 確認時に若干の食い違いを生じているため、内圧を 0 に戻し

図-4

A 試料

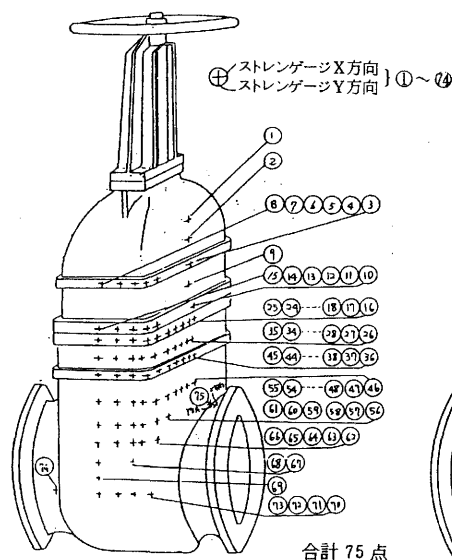


図-5

B 試料

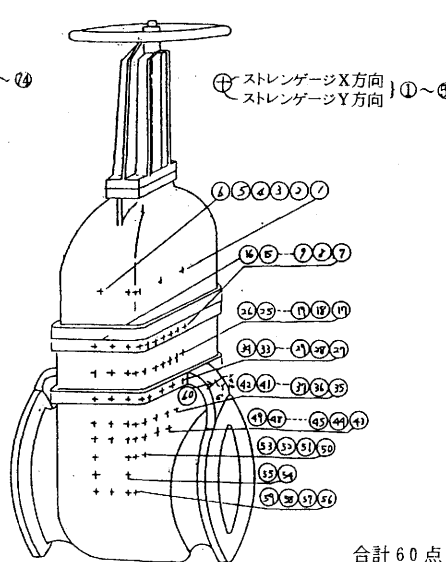


図-6

C 試料

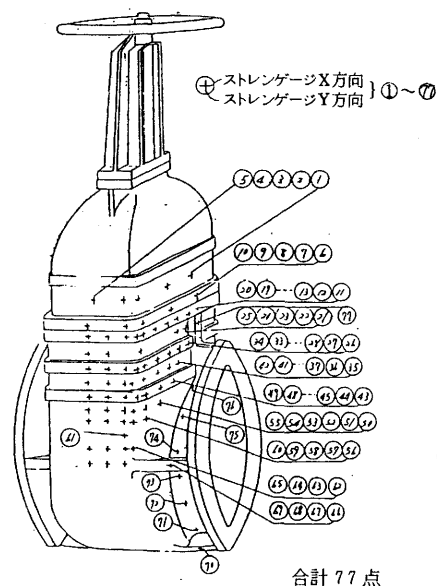
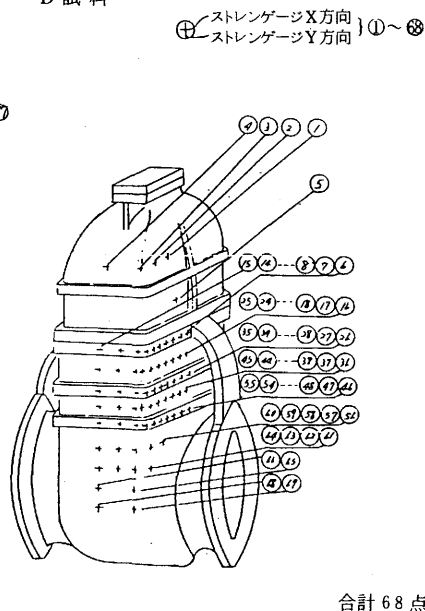


図-7

D 試料



でも完全な歪の0は確認されず、数ミクロン前後の歪量の存在はやむを得ないと考えられる。

4. 実験結果の解析と考察

4・1 実験結果の解析

内圧力 10 kgf/cm² と 15 kgf/cm² 時のバルブ外表面における歪量に対して応力換算を行った。
(添付資料)ここでは、最高内圧力 15 kgf/cm² 時の弁箱の外表面応力状態を知るため、応力線図を作成することにより考察を行った。

4・1・1 応力換算

得られた歪量の応力への換算は材料力学の歪と応力の関係により、次式に従った。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \epsilon_r + \epsilon_t) \\ \sigma_t &= \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \epsilon_t + \epsilon_r) \end{aligned} \right\} (1.1)$$

ここに、

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_r &: \text{外表面円周方向の応力} \quad (\text{kgf/cm}^2) \\ \sigma_t &: \text{外表面軸方向の応力} \quad (\text{kgf/cm}^2) \\ E &: \text{縦弾性係数 ねずみ鉄} \quad (1.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2) \\ \nu &: \text{ポアソン比} \quad (0.3) \\ \epsilon_r &: \text{外表面円周方向の歪測定値} \\ \epsilon_t &: \text{外表面軸方向の歪測定値} \end{aligned} \right.$$

4・1・2 応力線図

4 試料 (A~D) の外表面における歪の測定結果は図-8~図-11の応力線図として表した。線図に表していない測点に関するデータについては後述するとして、まずこれらの図から知ることができる4試料の弁箱の全体的な特徴について考察する。なお、D試料の②③の測点でのストレンゲージは図-11、図-15の応力線図より不良ではないと思われる。

(1) 弁箱の外表面円周方向の応力は、バルブの長軸方向で引張を、短軸方向で圧縮を生じており、長軸方向の中点近辺に最大引張を、短軸方向の中点近辺に最大圧縮を生じている。また、これらの最大応力の発生位置は引張・圧縮両方ともにフランジ部またはハチマキ部である。(図-3および図-8のバルブ図参照)

(2) 測定位置と応力の大体の傾向と特徴的な部分(最大の引張と圧縮の生じている位置と応力のピークを示している位置)における応力の大略値を知ることは不可能であるが、正確な数値を把握することはなかなか困難である(特に、大型バルブ等の場合)。ストレンゲージの貼付方法が人間の手作業であるため、図の様な応力のバラツキからも考えられるとおり、ゲージの貼付位置のわずかな差が応力値に大きく影響する。

(3) 図-8~図-11に示す応力線図だけを見れば、弁箱の補強方法の違いによる変化

A 試料
(図-4)

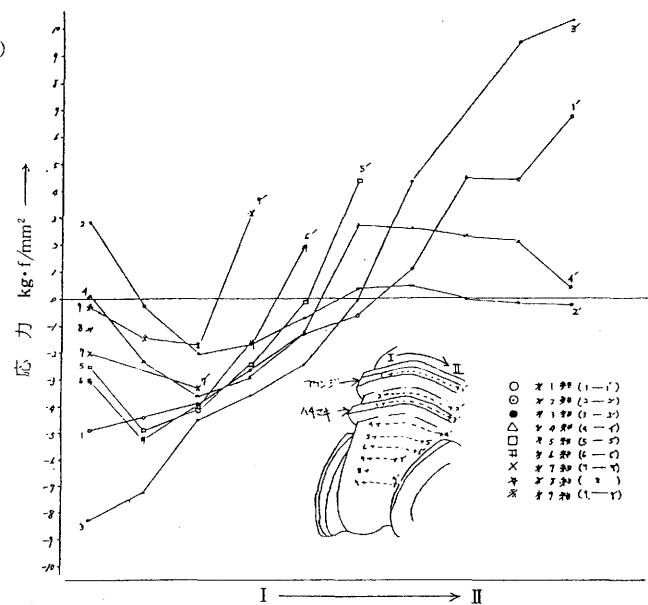


図-8 弁箱外表面応力線図 (X方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

B 試料
(図-5)

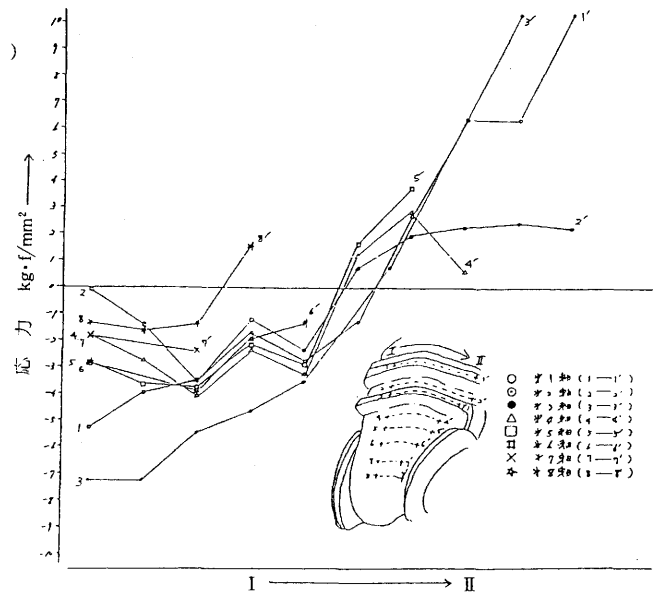


図-9 弁箱外表面応力線図 (X方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

C 試料
(図-6)

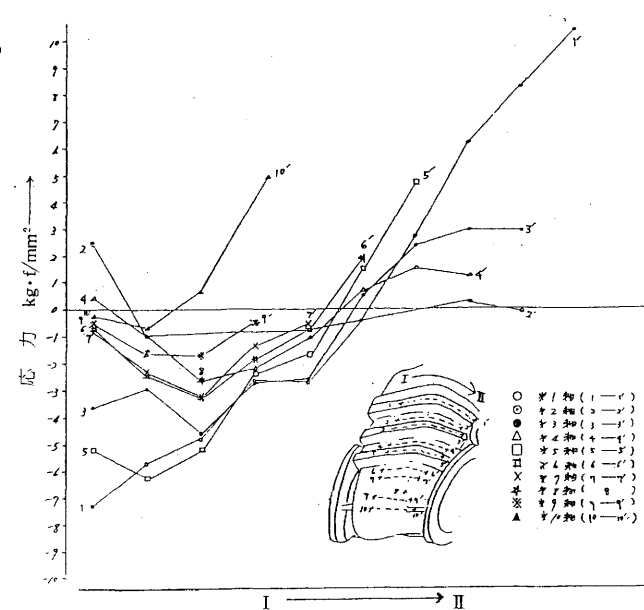


図-10 弁箱外表面応力線図 (X方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

D 試料
(図-7)

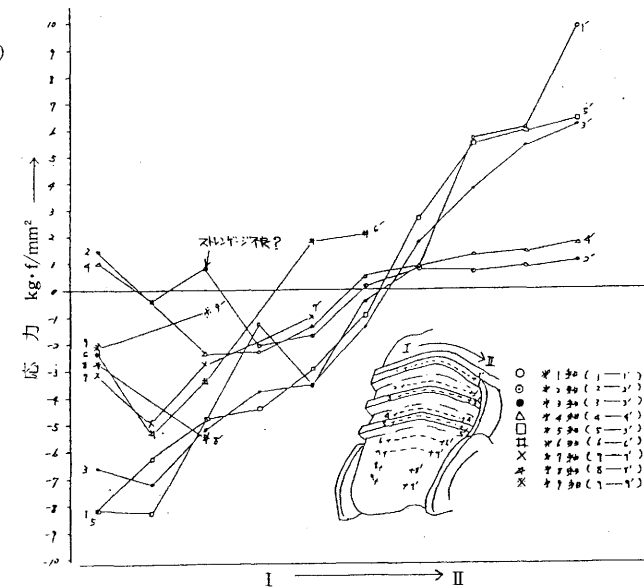


図-11 弁箱外表面応力線図 (X方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

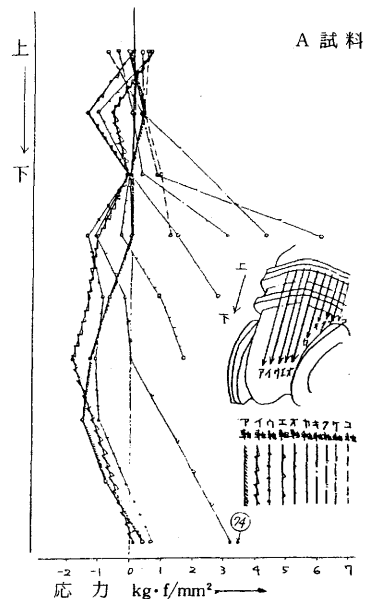


図-12 弁箱外表面応力線図
(Y方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

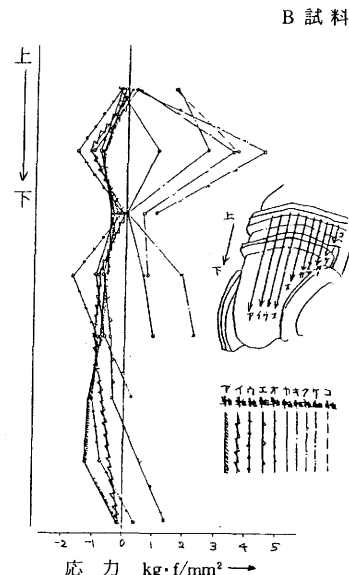


図-13 弁箱外表面応力線図
(Y方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

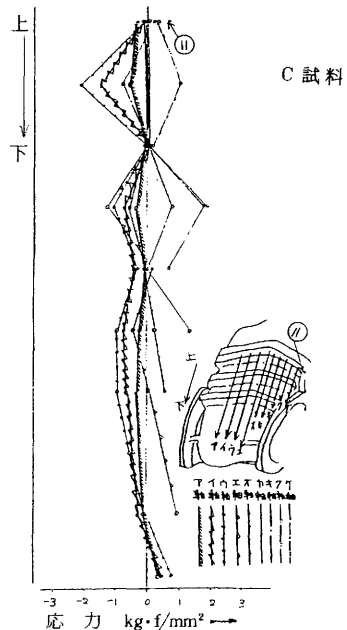


図-14 弁箱外表面応力線図
(Y方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

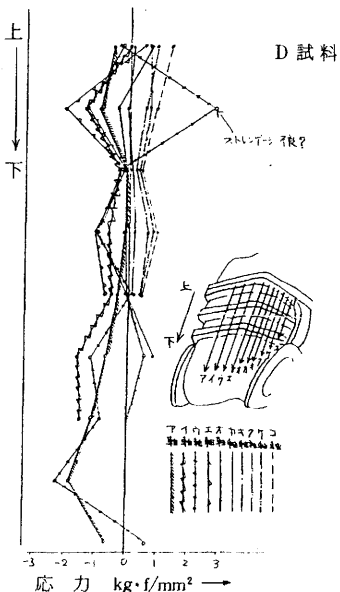


図-15 弁箱外表面応力線図
(Y方向で測定圧力 15kg·f/cm²)

は、B試料の弁箱コーナー部の応力状態(図-9)の様に部分的にはみられるが、全試料ともにバルブの表面応力状態には大差がないようである。各試料の口径および補強方法の相違に注目すれば、口径 500 mm でハチマキが 1 つある A・B 試料と口径 600 mm でハチマキが 2 つある C・D 試料とは内圧力 15 kg·f/cm² で同程度の強度を有している。

(4) 弁箱のフランジ部とハチマキ部に限って言えば、図-8～図-11に示す応力値から判断して、実験に用いた全試料は内圧力 30 kg·f/cm² 近辺でフランジ部またはハチマキ部でひび割れる可能性がある。

(5) 表-2と図-10、図-11に示す応力状態から考えれば、D試料よりC試料の方が肉厚も薄く、圧縮応力のピーク値(第6軸・第7軸)も小さい。ここで、CとDの完成品重量と肉厚の関係について単純計算を行ってみると、完成品重量/肉厚差=(1400-1085)/(32-29)=105 kg·f/mm となるため、C・Dの両試料が同一使用条件のバルブとして設計されているものと仮定した場合、この実験ではD試料の方が省資源面ではるかに有利と判断される。

次に、図-12～図-15は弁箱の円周方向の応力解析がいかに重要であるかを知るために応力線図として示したものである。A試料の⑦⑧の位置でY方向に比較的大きな応力を生じているが、それだけX方向の応力が小さくなっていることが図-8の第4軸の応力線図によって分る。

4・1・3 図-8～図-11に示す応力線図で示さなかった測定箇所について、一部の測点についてデータの表示を省略したが、その理由はバルブの構造がそれぞれ異なるため、これらの測点については相対的比較ができないと判断したからである。内圧力 15 kg·f/cm² 時で、注意を要すると思われる 5 kg·f/cm² 以上の引張応力が生じている位置は4試料のうちA試料で③⑩⑤のX方向、C試料で⑥⑦⑪⑤のX方向であった。また 5 kg·f/cm² 以上の圧縮応力はC試料で⑨のX方向に生じていた。

4・2 過去の研究データと今回の実験結果との比較

比較データは昭和54年度研究報告書に記述の円周方向の応力値をフランジ部と最大圧縮応力の生じている小判胴部に分け 図-17、図-19の応力線図で示した。

同様に、昭和56年度の試料についても 図-16、図-18に示した。

図-16と図-17および図-18と図-19を比べることにより JIS バルブと A～D 試料の相違を知ることができる。

5. 結 言

本実験に使用した試料のような鋳鉄製バルブは、配管の一部に使われ、流体の内圧と配管による外力が複雑に影響を及ぼすため、安全面と省資源面における考察は非常に困難である。しかし、今回の内圧力によるバルブの外表面応力状態から以下のことを知り得た。

5・1 試料数は少ないが JIS に規定されていない全く未知な大型陸用バルブの表面応力状態を解析でき、これまでの研究試料の JIS バルブと同様な応力線図が得られた。

5・2 フランジ部と小判胴部の円周方向における外表面応力を昭和54年度研究資料(口径 200 mm)

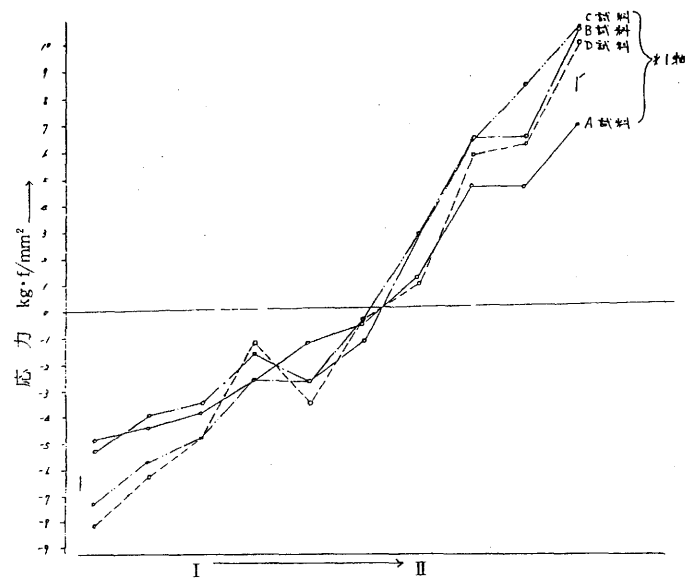


図-16 弁箱外表面応力線図 (昭和56年度研究試料
X方向で測定圧力15kg·f/cm)

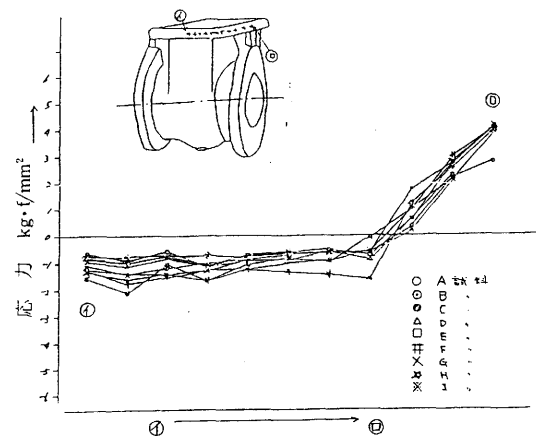


図-17 弁箱外表面応力線図 (昭和54年度研究試料
X方向で測定圧力20kg·f/cm)

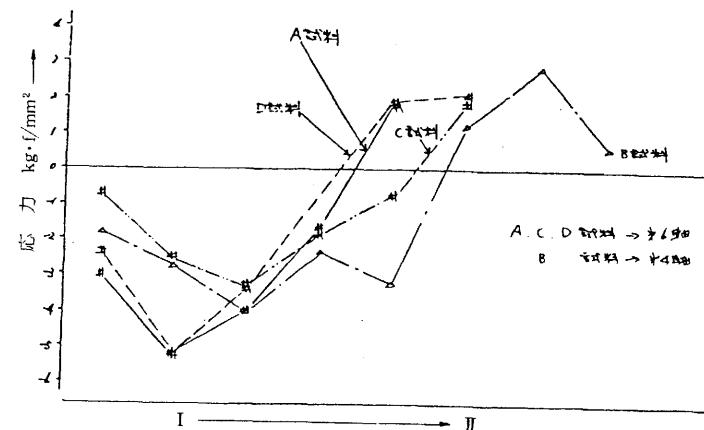


図-18 弁箱外表面応力線図 (昭和56年度研究試料
X方向で測定圧力15kg·f/cm)

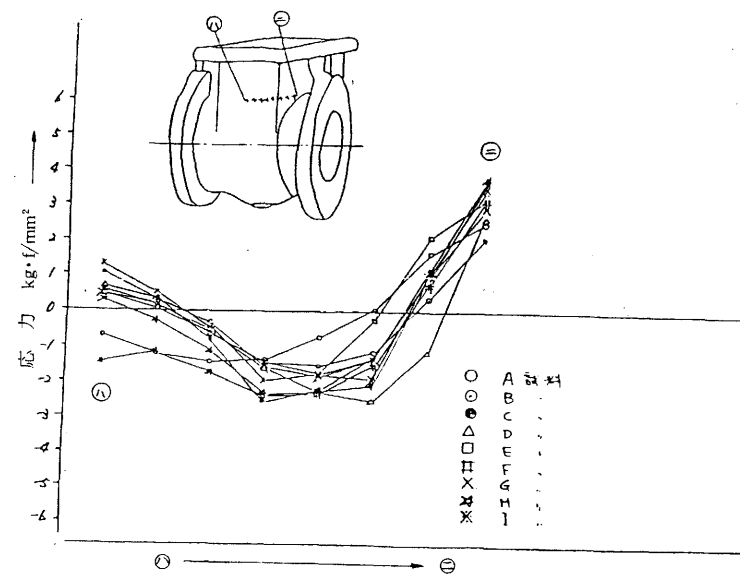


図-19 弁箱外表面応力線図 (昭和54年度研究試料
X方向で測定圧力20kg·f/cm)

と56年度研究試料について応力線図により比較した。その結果 JIS バルブと規格外の A~D 試料における小判胴コーナ部に生じている最大応力値を比較することができた。

ただし、大口径の場合小口径に比較して肉厚部の補強としてのリブ（締付フランジを含む）の役割が非常に大きく、リブ自体の強度を考慮することも重要であることがわかった。

- 5・3 大型陸用バルブの外表面応力状態は、今回の試料の範囲ではあまり変化がないにもかかわらず、完成品重量は口径 500 mm の A・B 試料で 255 kg、口径 600 mm の C・D 試料で 315 kg の大きな重量差が見られ、省資源面でも検討する必要がある。

6. 今後の課題

JIS バルブに比べれば規格外的大型陸用バルブは強度と省資源を考えた場合、まだまだ設計上検討の余地がある。この問題を解決するには、今回の研究で明らかとなった結果を考慮に入れ、外力による影響についても研究し、バルブの構造を検討しながら軽量化することが大切である。即ち、昭和55年度研究報告の成果を発展させつつ、生産技術的には重量を大きくしてバルブの開きを止めるといふ一面もあるが、同一強度を得るための構造と重量の関係についてさらに詳細に究明していくことが必要である。

7. おわりに

取扱い困難な大型陸用バルブを対象に研究した結果、入手し難い貴重なデータを得ることができた。過去の研究成果を応用することにより、実際に役立つ好結果が得られたと確信している。今回の常温内圧実験を実施するにあたり、特に御協力いただいた各事業所に心から感謝と敬意を表します。

〔参考文献〕

滋賀県立機械金属工業指導所 研究報告：昭和53～55年度

歪の測定値

資料1
〔歪単位： $\times 10^{-6}$ 〕

測定箇所	口径 mm 試料 kg/cm ²	500				600			
		A		B		C		D	
		10	15	10	15	10	15	10	15
1	X	140	211	168	261	72	112	148	220
	Y	18	26	206	312	247	383	147	216
2	X	136	205	92	144	130	197	- 89	- 129
	Y	196	293	146	220	218	337	28	41
3	X	487	736	- 104	- 155	- 206	- 309	- 132	- 193
	Y	- 123	- 187	53	86	14	29	- 28	- 39
4	X	- 236	- 358	- 80	- 123	- 226	- 339	- 55	- 82
	Y	72	106	38	64	14	16	- 68	- 98
5	X	- 182	- 278	- 119	- 182	- 30	- 43	110	162
	Y	54	79	—	—	- 146	- 218	172	255
6	X	- 174	- 266	- 64	- 106	505	742	635	942
	Y	58	85	- 26	- 39	- 138	- 212	- 111	- 158
7	X	- 191	- 291	644	973	477	698	406	590
	Y	64	94	- 104	- 149	- 126	- 193	- 85	- 122
8	X	- 260	- 394	413	620	- 194	- 294	276	541
	Y	78	117	- 115	- 167	60	80	- 58	- 81
9	X	81	123	420	625	- 380	- 569	64	84
	Y	204	313	- 103	- 151	106	149	- 12	- 16
10	X	452	669	184	271	- 332	- 498	- 36	- 60
	Y	- 123	- 182	- 45	- 66	122	172	50	76
11	X	- 100	- 152	- 80	- 120	692	1019	- 234	- 348
	Y	76	112	4	9	- 167	- 246	58	87
12	X	- 186	- 280	- 178	- 268	552	809	- 94	- 139
	Y	58	84	44	68	- 142	- 212	58	85
13	X	- 234	- 351	- 112	- 167	414	603	- 321	- 471
	Y	70	105	50	75	- 107	- 161	78	116
14	X	- 230	- 344	- 232	- 348	186	268	- 428	- 526
	Y	118	175	62	92	- 48	- 75	130	191
15	X	- 300	- 449	- 266	- 399	- 30	- 50	- 554	- 804
	Y	93	137	87	131	16	18	132	193
16	X	444	657	- 348	- 522	- 186	- 277	49	74
	Y	- 106	- 157	90	135	56	78	41	58
17	X	314	467	74	119	- 174	- 260	44	62
	Y	- 146	- 215	192	291	50	68	20	39
18	X	300	441	70	112	- 326	- 485	30	44
	Y	- 76	- 112	238	369	102	147	16	37
19	X	86	124	78	124	- 383	- 569	54	76
	Y	- 64	- 91	182	278	114	165	- 28	- 26
20	X	- 40	- 62	74	118	- 487	- 723	15	21
	Y	12	18	132	204	132	191	36	- 42
21	X	- 102	- 153	26	45	- 28	- 43	- 90	- 132
	Y	65	97	51	82	64	108	- 64	- 87
22	X	- 176	- 264	- 142	- 210	28	42	- 98	- 143
	Y	54	80	- 16	- 17	- 66	- 82	- 110	- 156
23	X	- 262	- 392	- 56	- 89	- 14	- 22	- 4	- 7
	Y	74	111	- 50	- 66	- 128	- 185	—	256
24	X	- 314	- 466	- 202	- 302	- 28	- 53	0	4
	Y	128	190	- 42	- 56	- 84	- 118	- 94	- 137
25	X	- 332	- 496	- 74	- 107	182	267	116	170
	Y	94	139	- 52	- 71	- 93	- 132	- 96	- 139

測定箇所	口径mm 試料 kgf/cm ²	500				600			
		A		B		C		D	
		10	15	10	15	10	15	10	15
26	X	-29	-38	6	14	196	288	404	590
	Y	26	45	-55	-74	-44	-72	-97	-140
27	X	-18	-23	655	996	198	294	358	522
	Y	18	31	-142	-209	-53	-82	-90	-129
28	X	-11	-13	412	621	159	234	254	365
	Y	14	27	-90	-132	-36	-60	-61	-87
29	X	29	44	52	78	29	41	119	169
	Y	-20	-22	-16	-22	-4	-9	-30	-43
30	X	22	35	-230	-342	-178	-267	-94	-138
	Y	-8	-4	49	74	52	73	24	34
31	X	-26	-38	-306	-457	-186	-276	-242	-351
	Y	-70	-95	75	113	56	82	58	85
32	X	-85	-126	-366	-544	-316	-469	-257	-372
	Y	-68	-94	100	150	96	142	70	101
33	X	-112	-165	-488	-727	-200	-301	-352	-508
	Y	-56	-77	144	216	72	103	88	129
34	X	-8	-8	-482	-714	-248	-366	-492	-708
	Y	-44	-60	114	172	69	101	132	191
35	X	185	279	32	48	46	66	-457	-654
	Y	-42	-57	39	51	110	155	128	185
36	X	664	1003	155	236	69	100	90	137
	Y	-150	-219	72	97	96	135	34	46
37	X	616	928	72	110	32	45	77	114
	Y	-144	-211	20	25	40	55	28	40
38	X	474	714	-198	-292	-56	-90	72	106
	Y	—	—	0	-2	-17	-27	19	30
39	X	284	425	-140	-208	-116	-179	57	80
	Y	-72	-108	-4	-7	-44	-64	-6	-4
40	X	-5	-8	-236	-351	-155	-234	32	46
	Y	—	0	-48	-52	-18	-26	-16	-19
41	X	-160	-239	-169	-251	-49	-77	-78	-111
	Y	44	67	-4	-3	-27	-41	-42	-58
42	X	-236	-352	-110	-164	37	53	-136	-195
	Y	59	89	-10	-10	-34	-48	-36	-51
43	X	-298	-446	204	310	306	451	-149	-214
	Y	80	121	82	109	-46	-74	-20	-30
44	X	-486	-723	90	138	103	147	-22	-30
	Y	130	196	34	44	-24	-43	-32	-48
45	X	-554	-821	-184	-269	-108	-167	70	104
	Y	156	235	16	21	38	50	-32	-47
46	X	-6	0	-134	-197	-154	-235	433	623
	Y	68	108	12	16	59	83	-106	-150
47	X	11	25	-234	-345	-340	-510	408	582
	Y	362	535	13	20	87	126	-101	-143
48	X	59	95	-224	-332	-408	-608	376	535
	Y	243	361	4	11	100	144	-90	-128
49	X	104	161	-175	-259	-348	-515	185	261
	Y	151	223	—	7	100	144	-49	-70
50	X	145	221	-91	-133	106	157	-65	-93
	Y	42	61	44	62	49	73	14	19
51	X	-84	-123	-120	-178	-54	-81	-207	-295
	Y	1	2	15	23	32	49	56	81

測定箇所	口径mm 試料 kgf/cm ²	500				600			
		A		B		C		D	
		10	15	10	15	10	15	10	15
52	X	-173	-257	-238	-351	-115	-171	-284	-405
	Y	-19	-27	2	7	7	12	—	36
53	X	-214	-319	-169	-252	-202	-301	-340	-483
	Y	-28	-37	-26	-31	-2	2	114	163
54	X	-138	-202	-142	-209	-146	-218	-576	-814
	Y	-34	-46	-16	-10	-5	-2	136	193
55	X	2	7	-96	-144	-42	-62	-574	-812
	Y	-8	-2	-57	-73	-8	-7	149	213
56	X	233	350	70	116	-44	-67	124	177
	Y	96	141	54	90	44	70	22	27
57	X	-26	-37	-102	-150	-88	-132	-116	161
	Y	62	92	44	74	24	41	6	5
58	X	-163	-241	-107	-161	-196	-293	-218	-304
	Y	38	58	18	36	-5	0	-10	-17
59	X	-258	-384	-85	-130	-140	-209	-340	-474
	Y	15	29	12	25	-2	4	-4	-7
60	X	-302	-450	132	191	-47	-71	-156	-218
	Y	—	12	-86	-128	-10	-8	0	1
61	X	-160	-235			-160	-242	-78	-106
	Y	7	3			12	23	26	34
62	X	100	147			-46	-69	-178	-246
	Y	71	107			66	104	0	-4
63	X	-108	-164			-108	-163	-318	-444
	Y	33	55			24	43	-6	-8
64	X	-244	-364			-97	-145	-199	-277
	Y	-4	4			4	16	-17	-22
65	X	-313	-468			-27	-39	-339	-473
	Y	-28	-28			-5	2	-54	-74
66	X	-178	-264			308	486	-156	-218
	Y	-37	-40			-76	-116	-77	-104
67	X	-204	-307			24	40	-68	-96
	Y	-10	-3			34	53	59	87
68	X	-110	-162			49	-75	-136	-192
	Y	-69	-90			36	58	-4	-3
69	X	-60	-88			-22	-35		
	Y	-39	-47			23	40		
70	X	142	223			192	309		
	Y	135	222			-48	-81		
71	X	-128	-196			50	70		
	Y	70	116			82	124		
72	X	-98	-149			98	159		
	Y	34	57			23	28		
73	X	-25	-36			13	21		
	Y	26	43			32	47		
74	X	163	271			238	364		
	Y	141	229			108	164		
75	X	376	595			334	510		
	Y	-42	-63			116	174		
76	X					66	104		
	Y					27	38		
77	X					-35	-62		
	Y					144	240		

資料 2

〔応力単位: kg/cm^2 〕

応力換算値

測定箇所	口径mm 試料 kg/cm ²	500				600			
		A		B		C		D	
		10	15	10	15	10	15	10	15
1	X	1.60	2.40	2.53	3.90	1.61	2.49	2.11	3.13
	Y	0.66	0.98	2.82	4.29	2.95	4.58	2.10	3.10
2	X	2.14	3.22	1.49	2.31	2.15	3.28	-0.89	-1.28
	Y	2.60	3.90	1.91	2.89	2.82	4.35	0.01	0.03
3	X	4.95	7.47	-0.97	-1.42	-2.22	-3.30	-1.54	-2.25
	Y	0.25	0.37	0.24	0.43	-0.53	-0.70	-0.74	-1.06
4	X	-2.36	-3.58	-0.75	-1.14	-2.44	-3.67	-0.83	-1.22
	Y	0.01	-0.02	0.15	0.30	-0.59	-0.94	-0.93	-1.35
5	X	-1.82	-2.79	—	—	-0.81	-1.19	1.78	2.62
	Y	0	-0.05	—	—	-1.70	-2.54	2.25	3.34
6	X	-1.72	-2.64	-0.79	-1.29	5.09	7.45	6.61	9.83
	Y	0.06	0.06	-0.50	-0.78	0.15	0.12	0.87	1.37
7	X	-1.89	-2.89	6.73	10.20	4.83	7.03	4.18	6.08
	Y	0.07	0.07	0.98	1.57	0.19	0.18	0.40	0.60
8	X	-2.60	-3.94	4.16	6.26	-1.93	-2.97	2.84	5.68
	Y	0	-0.01	0.10	0.21	0.02	-0.09	0.27	0.89
9	X	1.56	2.38	4.28	6.37	-3.83	-5.76	0.66	0.87
	Y	2.51	3.85	0.25	0.40	-0.09	-0.24	0.08	0.10
10	X	4.56	6.75	1.87	2.76	-3.25	-4.91	-0.23	-0.41
	Y	0.14	0.21	0.11	0.17	0.25	0.25	0.43	0.64
11	X	-0.85	-1.30	0.10	-1.29	7.05	10.39	-2.38	-3.54
	Y	0.51	0.73	0.07	-0.30	0.45	0.66	-0.13	-0.19
12	X	-1.85	-2.80	-1.81	-2.72	5.60	8.19	-0.87	-1.25
	Y	0.02	0	-0.10	-0.14	0.26	0.34	0.22	0.48
13	X	-2.34	-3.51	-1.07	-1.59	4.20	6.10	-3.27	-4.79
	Y	0	0	0.18	0.27	0.19	0.22	-0.20	-0.28
14	X	-2.14	-3.20	-2.34	-3.52	1.89	2.70	-4.27	-6.25
	Y	0.54	0.79	-0.08	-0.14	0.09	0.06	0.02	0.04
15	X	-2.99	-4.48	-2.64	-3.95	-0.28	-0.49	-5.65	-8.20
	Y	0.03	0.03	0.08	0.12	0.08	0.03	-0.38	-0.53
16	X	4.53	6.70	-3.53	-5.29	-1.86	-2.79	0.67	1.00
	Y	0.30	0.44	-0.16	-0.24	0	-0.06	0.61	0.88
17	X	2.97	4.42	1.45	2.27	-1.75	-2.63	0.55	0.81
	Y	-0.57	-0.82	2.35	3.59	-0.02	-0.11	0.36	0.63
18	X	3.05	4.48	1.55	2.45	-3.25	-4.84	0.38	0.61
	Y	0.15	0.22	2.85	4.42	0.05	0.02	0.27	0.55
19	X	0.73	1.06	1.46	2.28	-3.83	-5.71	0.50	0.75
	Y	-0.42	-0.59	2.26	3.46	0	-0.06	-0.13	-0.04
20	X	-0.40	-0.62	1.25	1.97	-4.92	-7.32	0.28	0.09
	Y	0	0	1.69	2.63	-0.15	-0.28	0.44	-0.39
21	X	-0.91	-1.36	0.45	0.76	-0.10	-0.12	-1.20	-1.74
	Y	0.38	0.56	0.65	1.05	0.61	1.04	-1.00	-1.39
22	X	-1.76	-2.64	-1.61	-2.36	0.09	0.19	-1.44	-2.09
	Y	0.01	0	-0.64	-0.88	-0.63	-0.76	-1.53	-2.19
23	X	-2.64	-3.94	-0.78	-1.20	-0.58	-0.85	—	0.77
	Y	-0.05	-0.07	-0.73	-1.02	-1.45	-2.11	—	2.79
24	X	-3.03	-4.49	-2.26	-3.50	-0.58	-0.97	-0.31	-0.41
	Y	0.37	0.55	-1.13	-1.61	-1.02	-1.47	-1.03	-1.49
25	X	-3.35	-4.99	-0.98	-1.41	1.69	2.50	0.96	1.41
	Y	-0.06	-0.11	-0.82	-1.13	-0.42	-0.57	-0.67	-0.97

測定箇所	口径mm 試料 kg/cm ²	500				600			
		A		B		C		D	
		10	15	10	15	10	15	10	15
26	X	-0.23	-0.27	-0.12	-0.09	2.01	2.93	4.12	6.02
	Y	0.19	0.37	-0.55	-0.77	0.16	0.16	0.27	0.41
27	X	-0.14	-0.15	6.73	10.26	2.00	2.96	3.64	5.31
	Y	0.14	0.26	0.60	0.99	0.07	0.07	0.19	0.30
28	X	-0.07	-0.05	4.23	6.39	1.63	2.37	2.59	3.72
	Y	0.12	0.25	0.37	0.60	0.13	0.11	0.17	0.25
29	X	0.25	0.41	0.52	0.78	0.31	0.42	1.21	1.72
	Y	-0.12	-0.10	0	0.02	0.05	0.04	0.06	0.08
30	X	0.22	0.37	-2.37	-3.51	-1.78	-2.69	-0.95	-1.40
	Y	-0.02	0.07	-0.22	-0.31	-0.02	-0.08	-0.05	-0.08
31	X	-0.52	-0.73	-3.12	-4.65	-1.86	-2.76	-2.47	-3.58
	Y	-0.85	-1.17	-0.18	-0.26	0	0	-0.16	-0.22
32	X	-1.16	-1.69	-3.69	-5.48	-3.16	-4.69	-2.59	-3.75
	Y	-1.03	-1.45	-0.11	-0.14	0.01	0.01	-0.08	-0.12
33	X	-1.42	-2.07	-4.89	-7.28	-1.96	-2.97	-3.58	-5.16
	Y	-0.98	-1.39	-0.03	-0.02	0.13	0.14	-0.19	-0.26
34	X	-0.23	-0.29	-4.92	-7.28	-2.50	-3.69	-4.97	-7.15
	Y	-0.51	-0.69	-0.34	-0.46	-0.06	-0.10	-0.17	-0.24
35	X	1.89	2.88	0.48	0.70	0.87	1.24	-4.60	-6.58
	Y	0.15	0.29	0.53	0.72	1.36	1.92	-0.10	-0.12
36	X	6.80	10.30	1.94	2.91	1.07	1.54	1.10	1.66
	Y	0.54	0.90	1.30	1.84	1.28	1.81	0.67	0.96
37	X	6.29	9.50	0.86	1.29	0.48	0.68	0.94	1.38
	Y	0.45	0.74	0.46	0.64	0.54	0.75	0.56	0.82
38	X	—	—	-2.18	-3.22	-0.67	-1.08	0.85	1.26
	Y	—	—	-0.65	-0.98	-0.37	-0.59	0.44	0.68
39	X	2.88	4.31	-1.55	-2.31	-1.42	-2.18	0.61	0.87
	Y	0.14	0.21	-0.51	-0.76	-0.87	-1.29	0.12	0.22
40	X	—	-0.09	-2.75	-4.03	-1.76	-2.66	0.30	0.44
	Y	—	-0.03	-1.31	-1.73	-0.71	-1.06	-0.07	-0.06
41	X	-1.61	-2.41	-1.87	-2.77	-0.63	-0.98	-1.00	-1.41
	Y	-0.04	-0.05	-0.60	-0.86	-0.46	-0.70	-0.72	-1.00
42	X	-2.40	-3.57	-1.24	-1.84	0.29	0.42	-1.61	-2.31
	Y	-0.13	-0.18	-0.47	-0.65	-0.25	-0.35	-0.84	-1.20
43	X	-3.01	-4.50	2.51	3.77	3.21	4.71	-1.70	-2.45
	Y	-0.10	-0.14	1.57	2.22	0.50	0.67	-0.71	-1.04
44	X	-4.91	-7.30	1.10	1.66	1.05	1.47	-0.35	-0.49
	Y	-0.17	-0.23	0.67	0.94	0.08	0.01	-0.42	-0.63
45	X	-5.57	-8.25	-1.97	-2.89	-1.06	-1.67	0.66	0.99
	Y	-0.11	-0.12	-0.43	-0.66	0.06	0	-0.12	-0.17
46	X	0.16	0.36	-1.43	-2.11	-1.50	-2.31	4.41	6.35
	Y	0.73	1.19	-0.31	-0.47	0.14	0.14	0.26	0.41
47	X	1.31	2.04	-2.53	-3.73	-3.45	-5.19	4.15	5.92
	Y	4.01	5.96	-0.63	-0.92	-0.16	-0.30	0.24	0.35
48	X	1.45	2.23	-2.45	-3.61	-4.15	-6.21	3.84	5.46
	Y	2.86	4.28	-0.69	-0.97	-0.25	-0.42	0.25	0.36
49	X	1.64	2.50	—	-2.82	-3.49	-5.18	1.87	2.64
	Y	2.00	2.98	—	-0.78	-0.05	-0.12	0.07	0.09
50	X	1.73	2.63	-0.85	-1.26	1.33	1.97	-0.67	-0.96
	Y	0.94	1.40	0.18	0.24	0.89	1.32	-0.06	-0.10
51	X	-0.92	-1.34	-1.27	-1.88	-0.49	-0.73	-2.09	-2.97
	Y	-0.27	-0.38	-0.23	-0.33	0.16	0.27	-0.07	-0.08

測 定 所		500				600			
		A		B		C		D	
		10	15	10	15	10	15	10	15
52	X	-1.96	-2.91	-2.61	-3.83	-1.24	-1.84	—	-4.33
	Y	-0.78	-1.14	-0.76	-1.08	-0.30	-0.43	—	-0.94
53	X	-2.44	-3.63	-1.94	-2.87	-2.23	-3.30	-3.36	-4.77
	Y	-1.01	-1.46	-0.84	-1.17	-0.69	-0.97	0.13	0.20
54	X	-1.63	-2.37	-1.61	-2.33	-1.62	-2.40	-5.88	-8.31
	Y	-0.83	-1.17	-0.64	-0.80	-0.54	-0.74	-0.40	-0.56
55	X	0	0.07	-1.24	-1.82	-0.49	-0.70	-5.82	-8.22
	Y	-0.08	0	-0.94	-1.28	-0.23	-0.28	-0.25	-0.34
56	X	2.88	4.31	0.95	1.57	-0.34	-0.51	1.44	2.03
	Y	1.82	2.70	0.82	1.37	0.34	0.55	0.65	0.88
57	X	-0.08	-0.10	-0.98	-1.40	-0.89	-1.32	-1.25	1.79
	Y	0.60	0.89	0.15	0.32	-0.03	0.02	-0.32	0.59
58	X	-1.67	-2.46	-1.12	-1.65	-2.17	-3.22	-2.43	-3.40
	Y	-0.12	-0.16	-0.15	-0.14	-0.70	-0.97	-0.83	-1.20
59	X	-2.79	-0.12	-0.89	-1.35	-1.54	-2.28	-3.75	-5.23
	Y	-0.69	-0.95	-0.15	-0.15	-0.48	-0.64	-1.16	-1.64
60	X	—	-4.91	1.17	1.68	-0.55	-0.81	-1.71	-2.39
	Y	—	-1.35	-0.51	-0.78	-0.26	-0.32	-0.51	-0.71
61	X	-1.78	-2.57			-1.72	-2.58	-0.77	-1.05
	Y	-0.60	-0.74			-0.40	-0.54	0.03	0.02
62	X	1.33	1.97			-0.29	-0.42	-1.96	-2.72
	Y	1.11	1.66			0.57	0.92	-0.59	-0.85
63	X	-1.08	-1.62			-1.11	-1.65	-3.51	-4.91
	Y	0	0.06			-0.09	-0.06	-1.11	-1.35
64	X	-2.69	-7.99			-1.05	-1.54	-1.24	-3.12
	Y	-0.85	-1.16			-0.28	-0.70	-0.84	-1.15
65	X	-3.53	-5.24			-0.31	-0.42	-3.90	-5.44
	Y	-1.34	-1.85			-0.14	-0.11	-1.71	-2.37
66	X	-2.08	-3.03			3.13	4.96	-1.97	-2.74
	Y	-0.99	-1.31			0.18	0.33	-1.36	-1.86
67	X	-2.27	-3.38			0.38	0.61	-0.55	-0.77
	Y	-0.78	-1.04			0.45	0.71	0.42	0.64
68	X	-1.44	-2.08			0.66	-0.63	-1.51	-2.12
	Y	-1.12	-1.52			0.56	0.39	-0.49	-0.67
69	X	-0.79	-1.12			-0.17	-0.25		
	Y	-0.63	-0.81			0.18	0.32		
70	X	2.01	3.18			1.95	3.13		
	Y	1.95	3.17			0.11	0.13		
71	X	-1.18	-1.77			0.82	1.18		
	Y	0.35	0.63			1.07	1.59		
72	X	-0.96	-1.45			1.15	1.84		
	Y	0.05	0.13			0.58	0.83		
73	X	-0.19	-0.25			0.25	0.39		
	Y	0.20	0.35			0.39	0.59		
74	X	2.26	3.73			1.87	4.54		
	Y	2.09	3.41			1.64	3.00		
75	X	3.99	6.33			4.05	6.18		
	Y	0.78	1.27			2.38	3.59		
76	X					0.81	1.27		
	Y					0.51	0.76		
77	X					0.09	0.11		
	Y					1.47	2.43		