

業 務 報 告 書

昭和59年度

滋賀県立機械金属工業指導所

彦根市岡町 5 2 番 地

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 依頼試験受付件数および手数料	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	14
3 公害防止巡回技術指導	15
4 簡易巡回技術指導	15
5 技術相談	15
6 調 査	16
7 技術普及講習会	16
8 地場産業振興高等技術者研修	16
9 新技術技術者研修	17
10 出版刊行物	18
11 生産技術研究会	19

IV 研究業務

1 金属材料の破壊機構に関する研究	19
✓2 バルブのかじり現象と低温強度に関する研究	42
3 マイコン制御による自動化に関する研究（その3）	59
4 マイクロコンピュータの応用技術に関する研究	69
5 オーステナイト系ステンレス鋼（SUS 304）の旋削加工条件に関する一考察	84

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

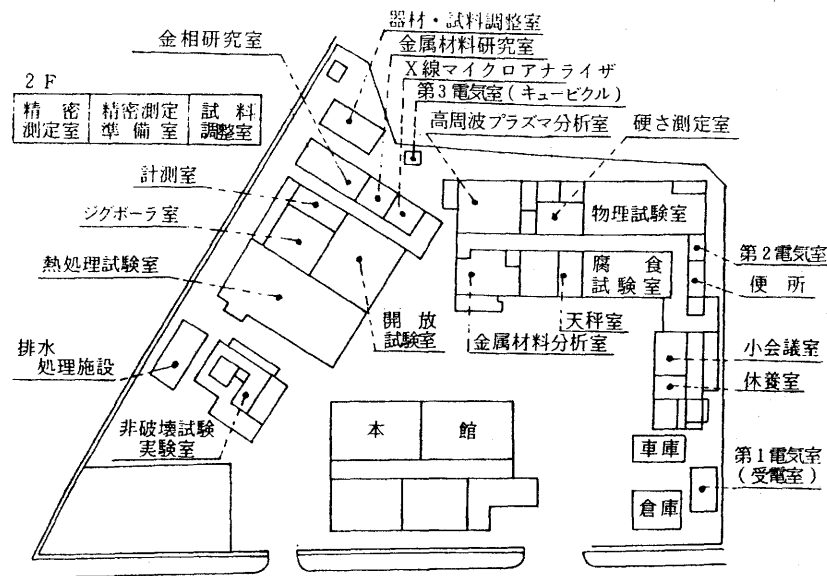
1. 沿革

- 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23年 7月 木工部を増設
- 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築を決定
- 昭和35年10月 庁舎竣工新庁舎にて業務を開始
- 昭和38年 3月 別館（精密機械加工室、熱処理中間試験室、ジグボーラ室、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 本館 竣工

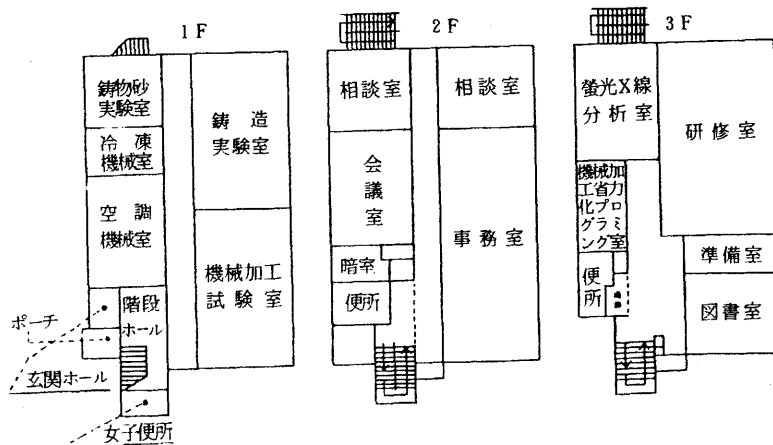
2. 規模

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

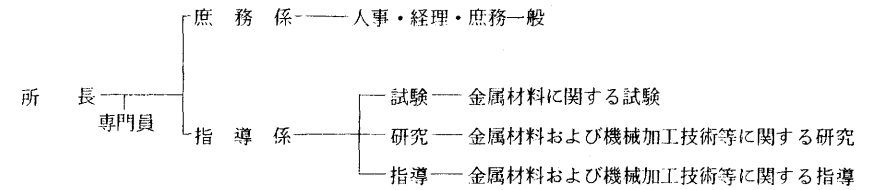
建物配置図



本館の各室配置図



3. 組織



4. 職員

4-1 職員構成 (昭和59年4月1日現在)

所長	瀬利幸次
専門員	河崎勲
庶務係 係長	居原田浩一
主事	斎藤俊美
指導係 係長	村口明義
主査	中山勝之
"	松川進
"	樋口英司
技師	佐藤真知夫
"	西内廣志
"	宮川栄一
"	月瀬寛二
"	酒井一昭
嘱託	宮田しず子

4-2 職員の異動 (昭和60年4月1日)

	新所属	氏名	旧所属
転入		川瀬邦治	県立短期大学
転出	長浜土木事務所	居原田浩一	
"	看護専門学校	斎藤俊美	
"	滋賀県工業技術センター	中山勝之	
"	"	西内広志	
"	"	月瀬寛二	

5. 予算および決算

(1) 昭和59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	円	円	円	円
使用料及 手数料	使用料	商工使用料	機械金属 工業指導所				
				100,000	121,800	121,800	0
06	02	05	04	円	円	円	円
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				
				15,900,000	16,855,400	16,855,400	0
08	02	02	45	円	円	円	円
財産収入	財産売払 収入	物品売払 収入	機械金属 工業指導所				
				0	14,230	14,230	0
12	06	05	11	円	円	円	円
諸収入	雑入	雑入	経営技術等 研修講習 受講料				
				902,200	902,200	902,200	0
			24	円	円	円	円
			雇用保険料				
				0	3,377	3,377	0
合 計				16,902,200	17,897,007	17,897,007	0

(2) 昭和59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	細 節				
総 務 費	総務管理費	一般管理費			779,523	779,523	0	
			共 済 費		80,223	80,223	0	
			賃 金		699,300	699,300	0	
07	01	03			2,706,010	2,706,010	0	
商 工 費	商工業費	工業振興費						
			01	報 酬	2,028,000	2,028,000	0	
			08	報 償 費	3,000	3,000	0	
			09	旅 費	588,010	588,010	0	
			11	需 用 費	58,000	58,000	0	
			12	役 務 費	29,000	29,000	0	
07	02	02			3,977,630	3,977,630	0	
	中小企業費	中小企業 指導費						

科 目					令達予算額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
			08	報 償 費	1,202,000	1,202,000	0	
			09	旅 費	993,630	993,630	0	
			11	需 用 費	87,000	87,000	0	
				01 食 糧 費				
				02 そ の 他 需 用 費	1,473,000	1,473,000	0	
			12	役 務 費	112,000	112,000	0	
				02 そ の 他 役 務 費				
			14	使用料及び 賃借料	108,000	108,000	0	
			19	負担金補助 及び交付金	2,000	2,000	0	
				01 技術者研修 協会加入会 費負担金				
07	02	03			30,000	30,000	0	
		中小企業 振興費						
			09	旅 費	30,000	30,000	0	
07	02	06			29,340,000	29,336,392	3,608	
		機械金属工 業指導所費						
			01	報 酬	687,000	686,400	600	
			08	報 償 費	48,000	47,700	300	
			09	旅 費	1,433,000	1,432,892	108	
			11	需 用 費	209,000	209,000	0	
				01 食 糧 費				
				02 そ の 他 需 用 費	14,032,000	14,032,000	0	
			12	役 務 費	1,954,000	1,954,000	0	
				02 そ の 他 役 務 費				
			13	委 託 料	190,000	189,840	160	
				01 電気保安業 務委託料				
				02 恒温恒湿点 検委託料	188,000	188,000	0	
				03 警備業務 委託料	417,000	416,400	600	
				04 浄化槽等維 持管理業務 委託料	127,000	126,400	600	

科目					令達予算額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
				05 ボイラー 整備検査 委託料	66,000	66,000	0	
				06 火災報知設 備保安検査 委託料	35,000	34,800	200	
				07 排出水の 分析委託料	125,000	124,800	200	
				08 冷凍機保安 点検委託料	162,000	162,000	0	
			14	使用料及び 賃借料	21,000	21,000	0	
			18	備品購入費	9,625,000	9,625,000	0	
			19	負担金補助 及び交付金	7,000	6,960	40	
				01 冷凍設備 保安協会 負担金				
			27	公 課 費	14,000	13,200	800	
合 計					36,833,163	36,829,555	3,608	

6. 試験研究設備の整備状況（昭和59年度）

品 名	数 量	型 式	製 造 者	備 考
冷熱衝撃試験機	1台	TSR-63	タバイエスペック㈱	中小企業庁補助物件
金属顕微鏡	1台	EPIPHOT-TME	日本光学工業㈱	"
顕微鏡試料作成装置	1式		ビューラー社	"
マイクロロボット ムーブマスター	1台	RM-101	三菱電機㈱	県 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
ソルトバス電気炉	友信工業㈱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-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MLD1000	40. 1. 14	"
ロックウェル硬度計	明石製作所ORK型（電動）	40. 8. 20	"
万能工具顕微測定器	津上製T-MCL2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	テーラーボブソン社製 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 オブチメーター	カールツァイスイェナ社製 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

品 名	規 格	購入年月日	備 考
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
オートコリメータ	ニコン6D型	46. 8. 16	"
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ம்பス電気炉	東洋電熱工業社製 NC-25PLS	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	"
高温鋳物砂試験機	東京衡機製力量500kg	47. 10. 31	"
直示式鋳物砂熱膨張計	小沢製作所製EOS-1	47. 11. 20	"
曝熱試験器	小沢製作所製MO-1	"	"
定電位電解分析装置	柳本製作所AFS-4 4連式	47. 9. 8	"
ニッサンセドリックパン	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-20SC	49. 8. 12	"
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

品 名	規 格	購入年月日	備 考
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	"
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
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	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
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 ー	三菱電機製RM-101	59. 9. 21	"
顕微鏡試料作成装置一式	ビューラー社	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	ダバイエスベックTSR-63型	59. 12. 17	"

Ⅱ 依 頼 業 務

1. 依頼試験受付件数および手数料
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	16,855,400円	
(1) 材 料 試 験	6,454,900円	8,304試験 (3,248 試料)
(試験項目)	抗 折	1,034 試験
	引 張 強 さ	3,040 "
	耐力、降伏点	783 "
	伸 び	1,774 "
	硬 さ (H B)	1,333 "
	" (その他)	81 "
	そ の 他	259 "
(2) 化学分析試験	8,713,700円	4,834成分 (1,125 試料)
(種 類)	ね ず み 鑄 鉄	173 試料
	球状黒鉛鑄鉄	106 "
	青 銅 鑄 物	616 "
	そ の 他	230 "
(3) その他の試験	1,083,000円	676試験 (495 試料)
(試験項目)	組 織 試 験	338 "
	腐 食 試 験	338 "
	耐 寒 試 験	
	精密測定試験	
	そ の 他 試 験	
(4) 成績書副本発行	603,800円	1,986通
	和 文	1,907 "
	英 文	79 "

2. 設備使用件数および使用料

使 用 料	121,800円	
(内 訳)	治 具 中 ぐ り 盤	19件 (76時間)
	万能工具研削盤	7件 (11時間)
	そ の 他	7件

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. 公害巡回技術指導
4. 簡易巡回技術指導
5. 技術相談
6. 調 査
7. 技術普及講習会
8. 地場産業振興高等技術者研修
9. 新技術技術者研修
10. 出版刊行物
11. 生産技術研究会

1. 技術アドバイザー指導事業

実施期間 昭和59年4月1日～昭和60年3月31日

実施日数 延169日

実施企業	指導項目	担当アドバイザー
新和工業(株)	水道用バルブの漏れ発生の原因と対策	中川 悟 孝
河野 幸 雄	スキューバダイビング用総合計器の開発及び製品化	〃
(株)常盤精機製作所	科学的品質管理活動	田 北 進之十
〃	ポンプケーシングの中ぐり加工法	大 槻 泰 幹
(株)センサーテック	水溶液揮発性成分検出センサーの実用化	加 藤 薫
江州計器工業(株)	アクリル板スケールの切削加工技術と専用機の開発	中 川 悟 孝
(株)中谷製作所	原価管理、工程管理、作業管理	田 北 進之十
大塚産業(株)	自動車用内装材の縫製工程の合理化省力化	中 川 悟 孝
飛田鉄工所	NC旋盤による鋳物部品のチャッキングと加工精度	大 槻 泰 幹
セキシン電子(株)	VTRヘッドの精密スライシング技術	〃
新光工業(株)	多種少量生産の機械加工技術と生産管理	〃
近江ベルベット(株)	金型製作技術(分野、設備、技術)について	池 田 寿 紀
新和工業(株)	水道用仕切弁製造における生産管理、品質管理、工程管理	服 部 威
大塚産業(株)	自動車用レザー部品の曲線縫いの自動化と延反機の位置決め機構の改善	中 川 悟 孝
エスピーバルブ工業(株)	スラリー用バルブ部品のNC加工及びステンレス鋼のドリル加工	大 槻 泰 幹
(株)センサーテック	液体センサーの用途開発	加 藤 薫
新和工業(株)	鋳物外注管理及び検査データのフィードバックシステム	服 部 威
(株)信楽工作所	熱硬化性樹脂成形品バリ取り自動機及び窯業用施釉機の設計改善	中 川 悟 孝
高橋金属(株)	全社的品質管理技術(外注管理・不良対策)	辻 秀 雄
(株)今津精器	生産管理(工程分析・標準化)	田 北 進之十
柚川工業(株)	ブレーキパイプ曲げ加工の自動化及び冷却装置	辻 秀 雄
扶桑工業(株)	高周波焼入加工技術及びアルミ鋳物の表面硬化法	〃
湖南精機(株)	ビデオ部品の切削及び表面処理と量産化計画	大 槻 泰 幹
甲西高周波工業	高周波焼入における焼入歪と焼割れの防止策	辻 秀 雄

実施企業	指導項目	担当アドバイザー
山川製作所	フライス及び旋削加工条件	大槻泰幹
西山鉄工所	減速機ローターの切削加工の改善と工程バランス	〃
国友熱工機	熱処理技術	辻秀雄
作新工業機	パーソナルコンピュータによる製品出荷管理	武部正幸
㈱奥村バルブ	プレートバルブ切削加工技術	大槻泰幹
㈱井上工業所	プレス作業の安全化対策と金型の標準化	池田寿紀
トリイ工業機	建築用金具塗装工程の自動化と工場レイアウト	中川悟孝
吉岡鉄工所	工場レイアウト改善	大槻泰幹
大和バルブ工業機	ボイラ用バルブのドレイン系弁の腐食対策について	山下等

2. 一般巡回技術指導

(1) 機械計測技術

期 間 昭和59年6月25日～29日

指導員 三豊商事㈱大阪営業所

永尾恵造

滋賀県立機械金属工業指導所

指導係長 村口明義

主 査 松川進

〃 樋口英司

技 師 佐藤真知夫

〃 月瀬寛二

実施企業 ㈱イズミ製作所、広瀬バルブ工業機、角田鉄工機、㈱奥村製作所、協和工業機

(2) 金属材料の基礎知識

期 間 昭和59年12月12日・17日～20日

指導員 安倍技術士事務所

所 長 安倍駿一郎

滋賀県立機械金属工業指導所

主 査 中山勝之

〃 松川進

〃 樋口英司

技 師 佐藤真知夫

〃 西内広志

〃 酒井一昭

実施企業 チルホール機、㈱毛利精穀研究所、㈱松原鉄工所滋賀工場、近江金属工業機、中嶋バルブ工業機

3. 公害防止巡回技術指導

排水処理に関する技術指導

期 間 昭和59年10月16日～17日・25日～26日・30日

指導員 ㈱日研技術コンサルタント

滋賀県技術アドバイザー 山下等

滋賀県立機械金属工業指導所

指導係長 村口明義

主 査 松川進

技 師 西内広志

〃 宮川栄一

実施企業 伊藤工機機滋賀工場、㈱光徳メッキ工業所、㈱ヤマダエレホン金属、㈱竹田メッキ工業所、新旭電子工業機

4. 簡易巡回技術指導

県下の金属製品製造業者および一般機械器具製造業者に対する技術指導

期 間 昭和59年10月1日～11月15日

指導員 滋賀県立機械金属工業指導所職員

企業数 30企業

5. 技術相談

金 属 材 料	130件	地区別件数	
熱 処 理 技 術	50件	湖 北 地 区	176件
機 械 加 工 技 術	53件	湖 東 地 区	677件
試験法および測定法	308件	湖 南 地 区	642件
鑄 造 技 術	30件	湖 西 地 区	18件
金 属 組 織	122件	県 外	17件
分 析 一 般	208件	計	1530件
防 食 技 術	70件		
電 子 技 術	19件		
実 地 指 導	13件		
そ の 他	527件		
計	1530件		

6. 調 査

- (1) 彦根パルプ生産動向調査 24企業
1—四半期ごとに企業訪問して実施
- (2) 制度融資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関係 17企業
設備貸与制度関係 30企業
技術改善費補助金、技術開発資金 2企業
先端設備導入資金関係 9企業
- (3) 産地中小企業事業合理化承認調査 3企業
- (4) 工 場 診 断 2企業

7. 技術普及講習会

年 月 日	題 目	講 師	場 所	受講人員
59・5・15(水)	生産現場における計測機器の保守管理	長野県情報技術試験場 主任研究員 中沢 晃	指 導 所 研 修 室	31名
59・10・23(水)	。ステンレス鋼材の用途別 選択法と現況について 。昭和58年度研究成果発表会	山陽特殊製鋼大阪支店 技術サービス室課長 藤田 光庸 指導所職員	“	33名
60・1・29(水)	工業材料としての セラミックス	名古屋工業技術試験所 主任研究官 佐野 資郎	彦根市民会館 第2会議室	28名
60・3・5(水)	小ロット、短納期化時代の 到来とNCマシン	佐藤技術士事務所 所 長 佐藤 善治	指 導 所 研 修 室	31名
60・3・19(水)	新製品開発とデザインにつ いて	㈱タナカヤ開発技術部 技師長 鋒山 恒夫	“	21名

8. 地場産業振興高等技術者研修

- (1) コース名 マイクロコンピュータ応用技術
- (2) 実施期間および時間数
昭和59年9月3日～11月16日 132時間
- (3) 場 所 滋賀県立機械金属工業指導所・彦根商工会議所
- (4) 受講者および修了者 受講者 26名
修了者 21名
- (5) 講 師 ミカサ商事㈱システム開発部 大阪府立工業技術研究所
係長 川 崎 博 司 主任研究員 杉 左 近 隆
熊 谷 誠 治 “ 杉 井 春 夫
滋賀県立機械金属工業指導所
主査 樋 口 英 司
技師 月 瀬 寛 二

(6) 研修科目と時間数

科 目	内 容	時間数
マイクロコンピュータの基礎知識	2 進 数	1 5
	論・理 演 算	
	論 理 回 路	
	CPU・メモリ・I/Oの働きと構造	
プログラミング演習	機械語とアセンブラ	3 9
	CPU8085の命令とその機能	
	プログラミング技法と演習 〔命令セット・スタック・サブルーチン・マ〕 シンサイクル・割込み等	
	CP/Mの利用法とアセンブラ	
ハードウェアおよび ストップウォッチ回路の製作実習	汎用LSIの機能と使い方および アナログ信号とデジタル信号の入出力	1 8
制 御 実 習	実習用応用機器の解説	2 1
応用プログラム開発 (論文製作を含む)	ステッピングモータ駆動制御	3 6
	白熱灯の照度制御	
	DCサーボモータによる位置制御	
	圧力と温度の自動制御	
	シリンダのシーケンス制御	
	X・Yテーブルの2軸制御	
	形状選別システムの制御	
	タンクの水量制御 自動販売機制御部のシミュレーション XYプロッタの制御	
マイクロコンピュータ展望	マイクロコンピュータの現状と今後の展望	3
計		1 3 2

9. 新技術技術者研修

- (1) コース名 メカトロニクスコース
- (2) 実施期間および時間数 昭和59年8月27日～8月31日 16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 26名
修了者 22名
- (5) 講 師 滋賀大学 ミカサ商事㈱システム開発部
助教授 法 雲 俊 邑 係 長 川 崎 博 史

(6) 研修科目と時間数

科 目	内 容	時 間 数
マイクロコンピュータの魅力と現況	マイクロコンピュータの利点・欠点・現状	4 時間
マイクロコンピュータの基礎	マイクロコンピュータの概要	6
ワンボードマイコン (TK-85) の操作方法	プログラムの基礎・操作方法 デモプログラム実習	6
計		16

10. 出版刊行物

昭和58年度業務報告書 (B 5、110P)

機工指だより No.25 }
No.26 } 各 1 回
No.27 }

11. 生産技術研究会

(1) 昭和59年度役員

会 長 北 川 彰 (沢村バルブ工業KK)
幹 事 川 部 朝 男 (KK川部バルブ製作所)
" 北 川 一 男 (KK相川バルブ製作所)
" 森 田 幸 彦 (KK清水鉄工所)
" 森 毅 (大和バルブ工業KK)
" 樋 口 英 司 (滋賀県立機械金属工業指導所)
" (事務局) 月 瀬 寛 二 (")
会計監事 西 川 俊 夫 (広瀬バルブ工業KK)
" 増 田 米 男 (日の本弁工業KK)

(2) 事業内容

ア. 技術講習会 5 回
イ. 工場見学会 2 回
◦ 日本バルカー工業㈱ 新城工場
◦ バルカーベローズ工業㈱ 新城第一工場
◦ 東レエンジニアリング㈱
ウ. 研 究 会 1 回
「製品に関する苦情処理について」
エ. 総 会 1 回
オ. 幹 事 会 4 回
カ. 新春懇談会 1 回
キ. 会 報 29号 30号 2 回

IV 研 究 業 務

1. 金属材料の破壊機構に関する研究 (その2)
2. バルブのかじり現象と低温強度に関する研究
3. マイコン制御による自動化に関する研究 (その3)
4. マイクロコンピュータの応用技術に関する研究
5. オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304) の
旋削加工条件に関する一考察

金属材料の破壊機構に関する研究 (配管装置材における浸食腐食の原因究明について)

主査 松 川 進
技師 西 内 廣 志

1. 緒 言

近年、各種の機械・装置の使用条件はますます過酷になり、高温あるいは低温、高圧、強酸、有機溶剤等の過酷な腐食性環境にさらされることが多い。

化学プラント、工業用水、および各種の排煙・排水等に利用される配管装置材においても同様であり、これらに伴う腐食損失が少なからず発生している。

材料の性能、品質の保障はますます高度化し、環境の影響を無視して耐久性、信頼性を考えることは無意味であるとさえいえるし、材料の選定、および設計において、より厳しさが要求されるのである。

上記のような腐食（主として浸食腐食）は単に流体の種類のみならず、材料の組成、温度、圧力等の複合的な要因から起こるもので、そのメカニズムは複雑多岐であり、これを解明し腐食防止への対策が急務といわれている。

そこで今回は、昭和58年度に実施したオーステナイト系ステンレス鋼の粒界腐食に関する研究を基にし、配管装置材料における各種環境下での浸漬腐食あるいは流動腐食試験を実施し、その原因究明と併せて今後の装置設計における防食の指針を得る。

2. 供試材および実験方法

2-1 供試材および熱処理

実験に用いた試料はオーステナイト系のSUS303とオーステナイト・フェライト系のSUS329J1のステンレス鋼棒、およびニレジスト鋳鉄とねずみ鋳鉄の4種類であり、その化学成分を表1に示す。

表1 供試材の化学成分

種類	成分 記号	成分(%)								
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
ステンレス鋼棒	SUS 303	0.06	0.45	1.96	0.033	0.193	8.59	17.41	—	—
"	SUS 329J1	0.04	0.39	0.53	0.003	0.002	5.41	24.14	1.25	—
ニレジスト鋳鉄	NiFC	2.73	1.60	1.08	0.001	0.010	14.88	1.66	—	6.95
ねずみ鋳鉄	FC20	3.27	1.71	0.95	0.033	0.018	—	—	—	—

各材質に次の記号を付ける

(SUS303 — S NiFC — N)
 SUS329J1 — J FC20 — F)

熱処理はステンレス鋼における粒界腐食を迅速に検知させるために鋭敏化処理を、また熱履歴における耐食性能を調べるために固溶化処理を、そしてこれらの複合状態をみるために固溶化+鋭敏化処理を施した。その熱処理条件を表2に示す。

表2 供試材の熱処理

処 理	条 件
鋭 敏 化	650℃×1000分、空冷
固 溶 化	1100℃× 30分、水冷
固溶化+鋭敏化	1100℃×30分、水冷+650℃×1000分、空冷

各処理について次の記号を付ける

無処理	M
鋭敏化	E
固溶化	K
固溶化+鋭敏化	KE

ニレジスト鉄とねずみ鉄は何も処理せず無処理のみとした。

なお、試料の形状および寸法は浸食腐食試験には円柱形で $32\phi \times 10^h$ (平均)とし、流動腐食試験には角形で $65 \times 25 \times 10^h$ とした。

2-2 浸漬腐食試験方法

2-2-1 硫酸・硫酸銅腐食試験 (Strauss試験)

JISG0575に準じ図1に示す立型逆流コンデンサ付ガラス製フラスコ (試験液約2ℓ)を用い、連続24時間試料と銅片を接触させながら浸漬沸騰させた。試験液は次のように調整したものを用いた。

試験液: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 g を H_2O 700 ml に溶解し、 H_2SO_4 (比重1.84) 100 ml を加え、 H_2O により1000 mlにする。

浸漬後、試料に付着した腐食生成物をブラシにより流水で除去し、乾燥後秤量して次式により腐食減量を求めた。

$$\text{腐食減量 (mg/cm}^2\text{)} = (a-b) / s$$

a: 腐食前重量 (mg)

b: 腐食後重量 (mg)

s: 試料表面積 (cm^2)

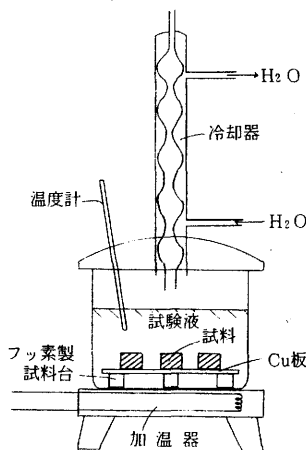


図1 硫酸・硫酸銅および65%硝酸腐食試験装置 (略図)

2-2-2 硝酸・フッ化水素酸腐食試験

JISG0574に準じ10%硝酸・3%フッ化水素酸による浸漬試験を行った。恒温槽で70℃に保持したテフロン製ビーカー中 (試験液量: 約200 ml) で連続2時間浸漬後、2-2-1と同様の方法で腐食減量を求めた。

2-2-3 65%硝酸腐食試験

JISG0573に準じ、2-2-1と同様の立型逆流コンデンサ付ガラス製フラスコを用い、連続48時間浸漬沸騰させた。試験液は65%に調整した硝酸を用いた。腐食減量は2-2-1と同様の方法により求めた。

2-3 流動腐食試験

ジェット・エロージョン腐食試験装置を用いて、高流速下での腐食状態を調べた。今回はニレジスト鉄とねずみ鉄について、pHおよび流速を変化させた水での状態を調べた。なお、腐食減量の測定方法は2-2-1と同様である。

2-4 X線マイクロアナライザ (EPMA) による組成解析

各種の浸漬および流動腐食試験後の試験片について熱影響・材質別による組成解析 (二次電子像 (SEM)、反射電子像 (BSE)、X線分析、線分析 (Line profile)) をEPMAで行った。このときの試料調整および測定条件を表3に示す。

表3 EPMAによる像観察条件

項目	像の種類	二次電子像 (SEM)	反射電子像 (BSE)	X線像
	表面層	金 蒸 着	金 蒸 着	金 蒸 着
試料	断面層	バフ研磨後 金 蒸 着	バフ研磨後 金 蒸 着	バフ研磨後 金 蒸 着
加速電圧 KV		25	25	軽元素と重元素により条件が異なる
試料電流 nA		0.1	10	
Beam径 μm		1	1	

3. 実験結果および考察

3-1 オーステナイト系ステンレス鋼および二相ステンレス鋼の熱履歴について (組織)

3-1-1 鋭敏化熱処理 (Sensitizing heat treatment)

一般的にSUS303等のオーステナイト系ステンレス鋼は高温では均一な γ 相であるが、低温では γ +Cr炭化物安定相となり、高温からの徐冷、あるいは炭化物析出温度域 (一般的には450℃~870℃)での加熱の際、粒界部分での温度変化、すなわち鋭敏化が起こり、材質に大きく影響すると云われている。

そこで、前述の条件により鋭敏化処理を施した結果、SUS303については写真1の組織およ

び写真2のSEM像から結晶粒界が無処理に比べ明確に現れ、粒界近傍に炭化物析出層 ($\text{Cr, Fe}_{23}\text{C}_6$)が見られる。

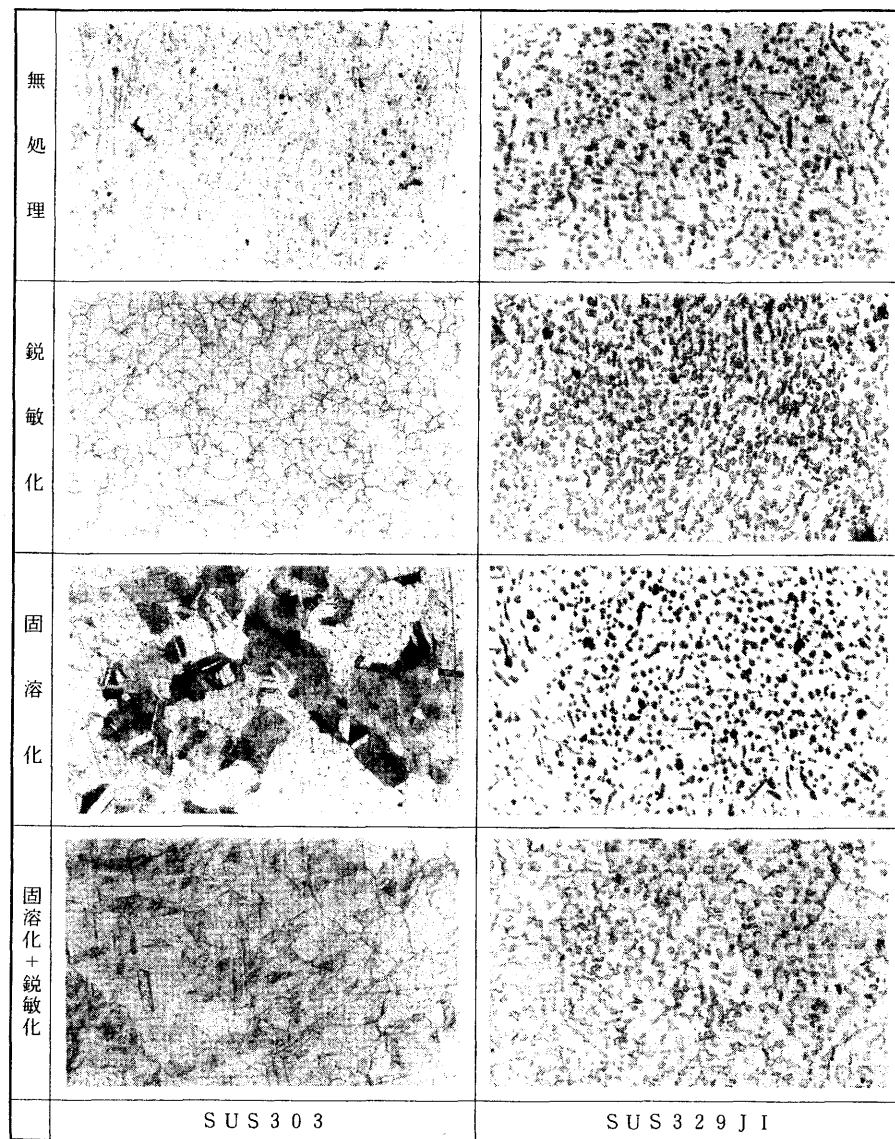
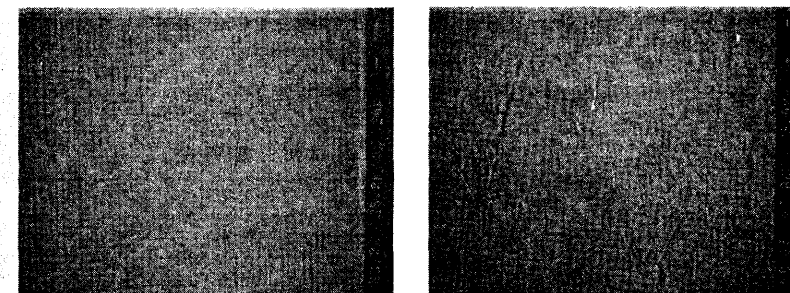


写真1 供試材の組織

($\times 125$)



SEM像 $\times 500$ SEM像 $\times 2000$
写真2 SUS303の組成像 (鋭敏化処理、腐食試験前)

一方、SUS329JIはオーステナイト相 (粒状) とフェライト相の二相に分離し、その比率はおおよそ45:55となっているが、熱履歴の影響はほとんど受けていない。

3-1-2 固溶化熱処理 (Solution heat treatment)

粒界近傍の炭化物の析出を抑え、耐食性を向上させる目的で固溶化熱処理を施した結果、SUS303については結晶粒はやや粗大化したものの成熟されたオーステナイト地となった。

一方、SUS329JIは鋭敏化に比べフェライト相の割合がやや増加したものの熱履歴の影響は受けていない。

3-1-3 固溶化熱処理+鋭敏化熱処理 (Solution and Sensitizing heat treatment)

固溶化熱処理を施した供試材が鋭敏化域で熱履歴を受けた時の耐食性の変化を調べるために両処理を施した結果、その組織はSUS303については固溶化に比べ結晶粒が幾分粗大化し、粒界も再びはっきりしてきた。また、炭化物の析出も見られる。

一方、SUS329JIについては結晶粒は他の処理と同様の大きさであるが形態的には鋭敏化処理のそれに戻ったような状態となった。

3-2 ニレジスト鋼鉄およびねずみ鋼鉄の組織について

供試材の組織を写真3、および4に示す。

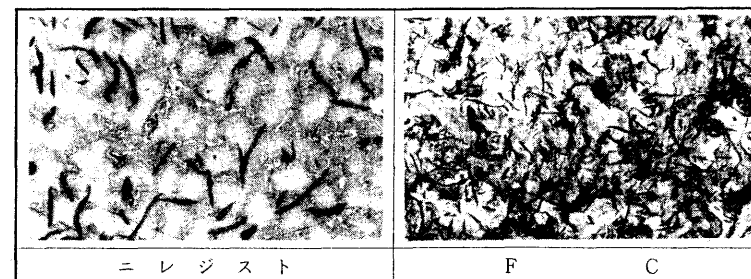


写真3 供試材の組織 (無処理)

($\times 125$)

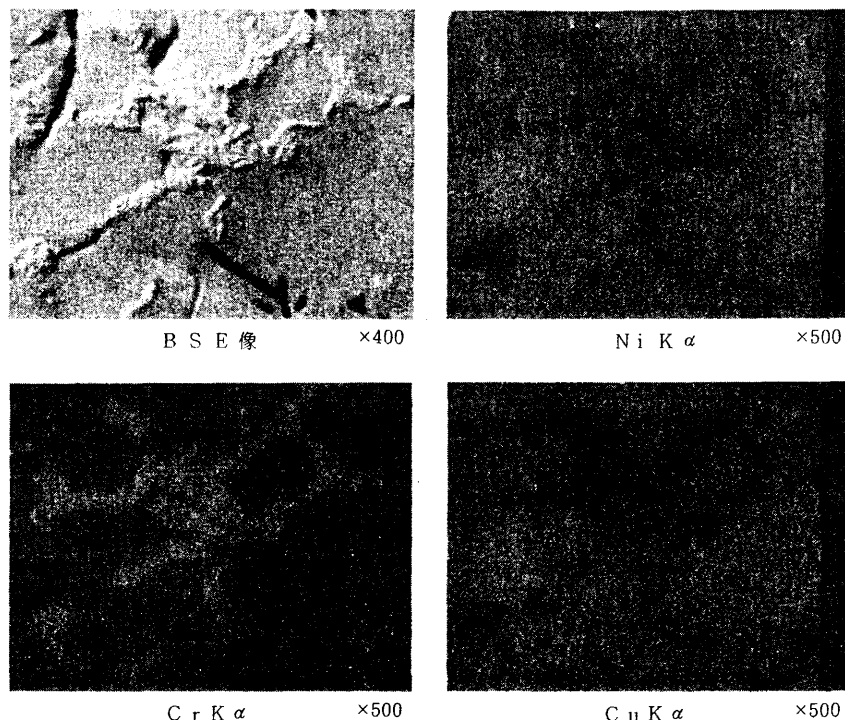


写真4 ニレジスト鉄の組成像（無処理、腐食試験前）

ニレジスト鉄は基がオーステナイト地となり、片状黒鉛の周囲に共晶炭化物（Ni、Crの化合物）の析出層が点在している。一方、ねずみ鉄はフェライトおよびパーライトの混合地に片状黒鉛が無数に点在する標準的な組織となっている。

3-3 硫酸・硫酸銅腐食試験

3-3-1 腐食量および浸食状況

湿式排煙脱硫プラント等における非酸化性強酸環境下での適用材質を見出すことを目的として、この試験を実施した。その結果は図2、および写真5に示すとおりであった。

SUS303における処理別の腐食順位は次のようになる。

鋭敏化 > 固溶化+鋭敏化 > 固溶化 > 無処理

このことは鋭敏化はCr炭化物析出等の熱履歴による影響のため著しく浸食され、腐食量が増加したと考えられる。

一方、固溶化+鋭敏化の場合は粒界が鋭敏化に比べ明確に出ないため、炭化物の析出が比較的少なくなり、腐食量が若干減少したと思われる。

SUS329J1は熱履歴等の処理に関係なく、ほとんど腐食されなかった。

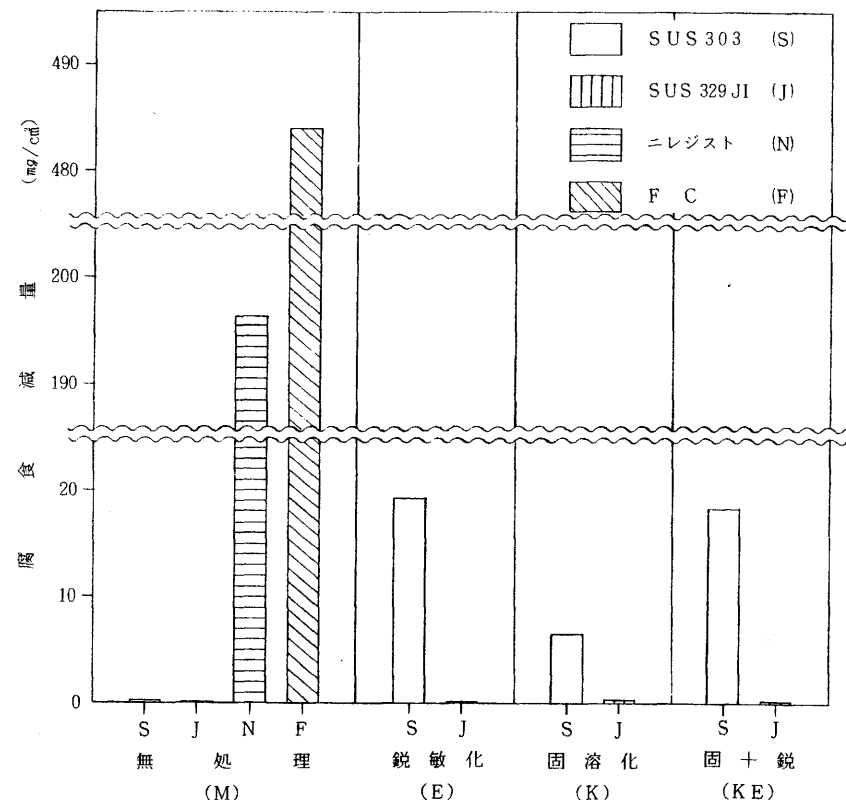


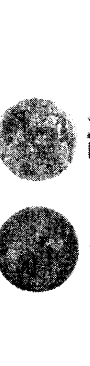
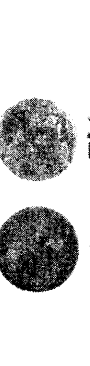
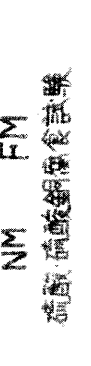
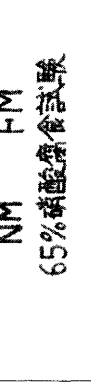
図2 硫酸・硫酸銅腐食試験における処理条件と腐食減量の関係
(24hr 浸漬)

ニレジスト鉄とねずみ鉄における腐食減量は前者の方が若干少なかったが、いずれもステンレス鋼等の強固な不動態皮膜を持たないため、活性溶解の腐食となった。腐食量としてはSUS303の100倍以上である。

3-3-2 EPMAによる組成解析

3-3-2-1 SUS303の固溶化+鋭敏化処理後の表面腐食層

写真6に示すSEM像から結晶粒界が選択的に腐食されていることが判る。黒色部は結晶粒が脱落した跡である。また、結晶粒が脱落し、活性溶解された箇所をCKα、CrKαで線分析すると炭化物の析出、およびCr濃度が低下しており、面分析でCrKα、CuKαの分布を調べた結果、粒界腐食によるCr欠乏帯およびFe、CrのAnode溶解から生じたCathode反応 $\text{Cu}^{2+} + e \rightarrow \text{Cu} +$ によるCuの析出であることが推定される。

SUS303	    硫酸 硫酸銅腐食試験	    磷酸 磷酸銅腐食試験	    65%硝酸腐食試験
SUS329J1	    硫酸 硫酸銅腐食試験	    磷酸 磷酸銅腐食試験	    65%硝酸腐食試験
鉄	  硫酸 硫酸銅腐食試験	  磷酸 磷酸銅腐食試験	  65%硝酸腐食試験
電位	$H_2SO_4 - CuSO_4$	$HNO_3 - HF$	$65\% HNO_3$

($\times 0.6$)

写真5 浸漬腐食試験結果

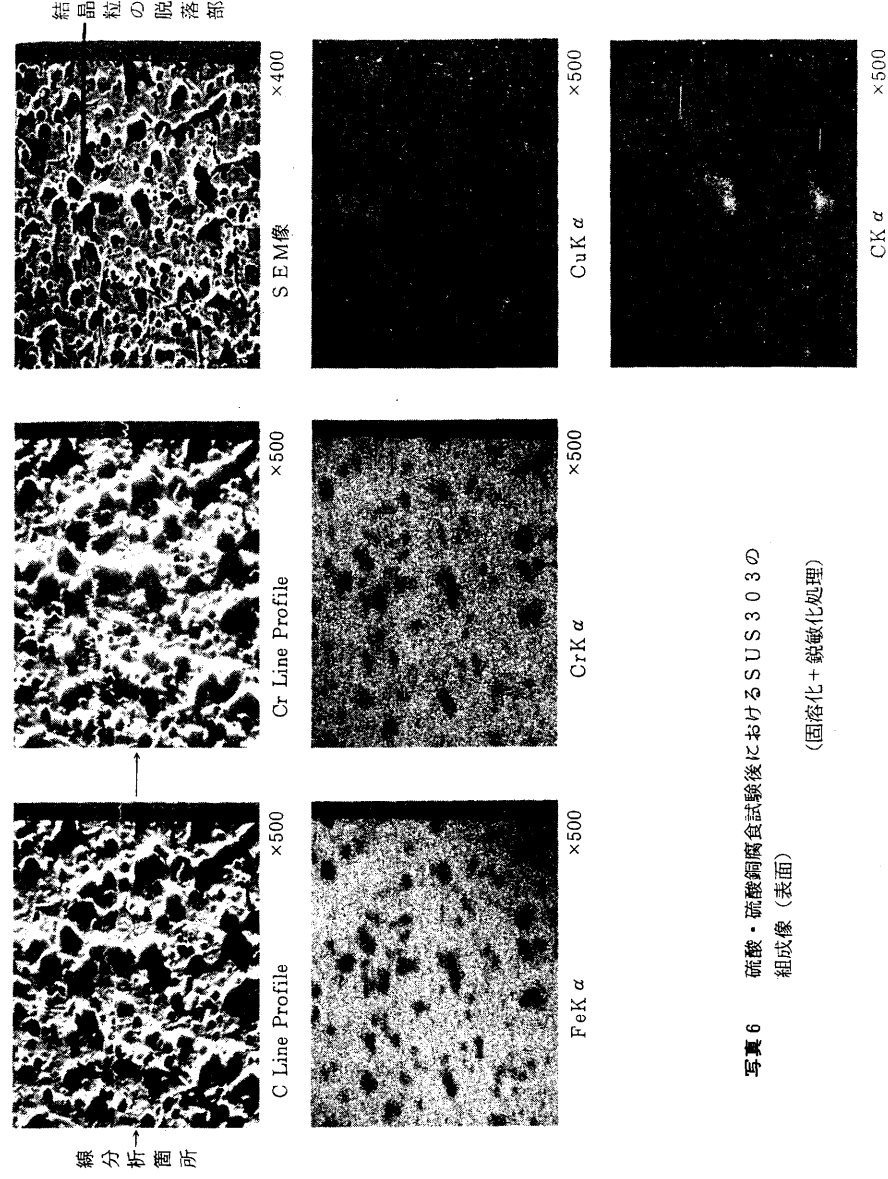


写真6 硫酸・硫酸銅腐食試験後におけるSUS303の組成像(表面)
(固溶化+鋭敏化処理)

3-3-2-2 ニレジスト鋼鉄の表面腐食層

写真7に示すようにSEM像から擬へき開状の浸食状況がみられ、黒色部は活性溶解された腐食層であり、面分析により黒鉛の析出層であることが判った。

このことから硫酸・硫酸銅の環境下において、ニレジスト鋼鉄中の黒鉛が高電位側となり、低電位側の鉄、ニッケル等が選択的に腐食されるという“黒鉛化腐食”を生じさせたと考えられる。

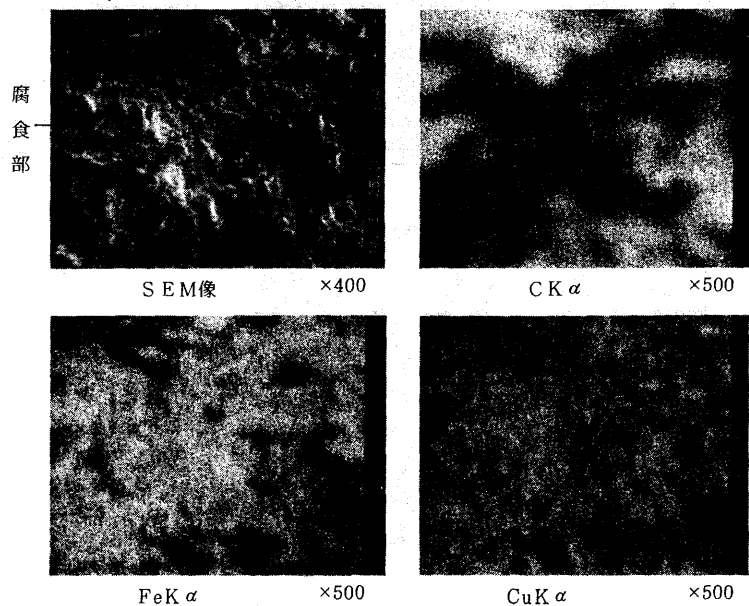


写真7 硫酸・硫酸銅腐食試験後におけるニレジスト鋼鉄の組成像（表面）（無処理）

3-3-2-3 ねずみ鋼鉄の表面および断面腐食層

腐食形態は前述のニレジスト鋼鉄と同様の黒鉛化腐食である。これを写真8、9および図3に示す。腐食断面の面および線分析からもわかるように、表面からの腐食層（浸食層）が約40μmと深く浸かされている。



写真8 硫酸・硫酸銅腐食試験後におけるねずみ鋼鉄の組成像（表面）（無処理）

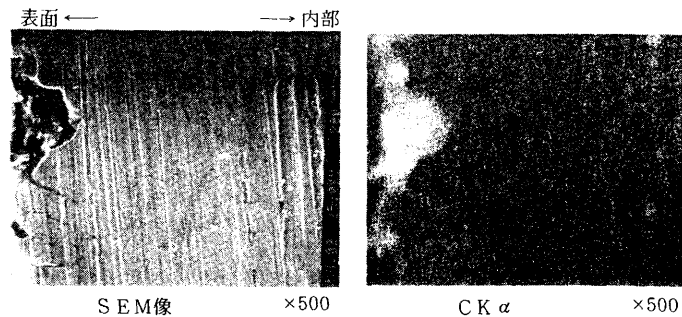


写真9 硫酸・硫酸銅腐食試験後におけるねずみ鋼鉄の組成像（断面）（無処理）

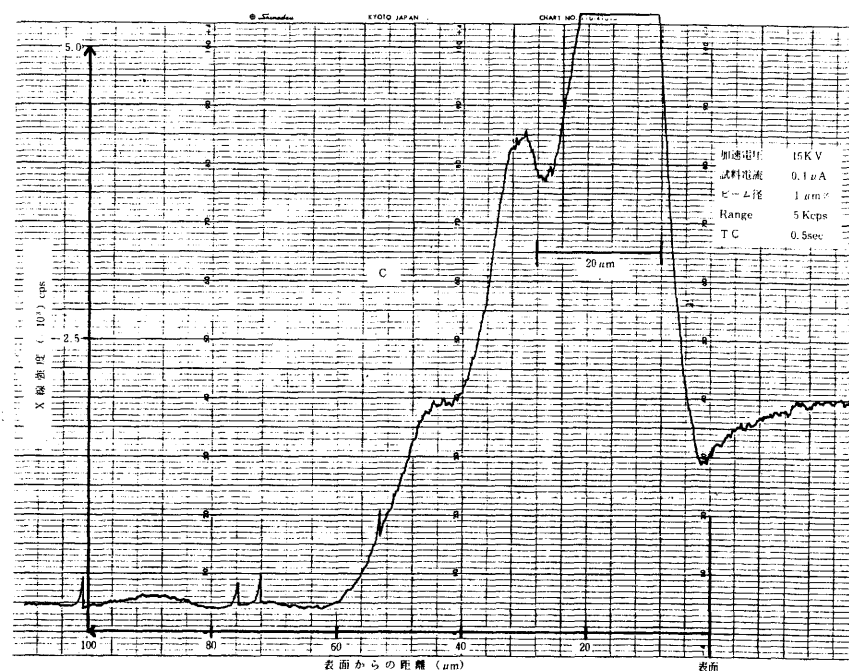


図3 硫酸・硫酸銅腐食後におけるねずみ鋼鉄の線分析（断面）（無処理）

3-4 硝酸・フッ化水素酸腐食試験

ステンレス鋼等の酸化性環境下における腐食状況を調べるためにこの試験を実施した。この試験はステンレス鋼の過不動態領域における最も過酷な試験であり、図4および写真5に示すと

りSUS303および両鉄は激しく腐食された。これに対し、SUS329JIはほとんど腐食しなかった。

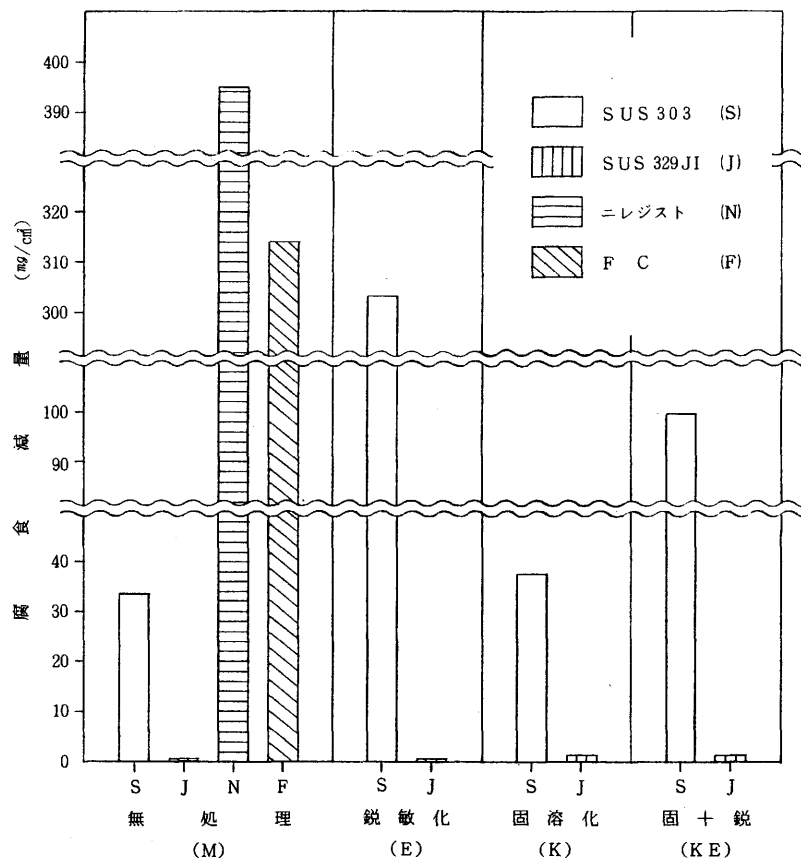


図4 硝酸・フッ化水素酸腐食試験における処理条件と腐食減量の関係 (2hr浸漬)

SUS303の処理別における腐食順位は前述の硫酸・硫酸銅腐食試験結果と同様であったが、固溶化+鋭敏化処理の効果が前者に比べ顕著であり、鋭敏化に比べ約3倍の耐食性能効果を示した。勿論、固溶化の効果は前者に勝るとも劣らない。

SUS329JIは前述のようにほとんど腐食されず、写真10からも浸食層は見られないが、わずかな腐食量のなかで熱履歴による差が若干確認された。処理により異なるがSUS303に比べ30倍以上の耐食性を示した。

一方、ニレジスト鉄およびねずみ鉄は3-3の腐食同様、活性溶解型の腐食であり、激しく浸かされているが、この試験ではねずみ鉄の方が酸性環境下における活性→不動態化

すすみ、ニレジスト鉄よりも腐食量は少なかった。

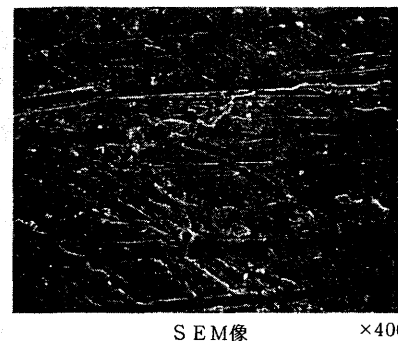


写真10 硝酸・フッ化水素酸腐食試験後におけるSUS329JIの組成像 (表面) (鋭敏化処理)

3-5 65%硝酸腐食試験

3-5-1 腐食量および浸食状況

一般にオーステナイト系ステンレス鋼は硝酸等の酸化性環境下では優れた耐食性を示すといわれているが、これは常温、常圧下に限ってのことである。これが発煙硝酸等の常圧、沸点以上の環境下では図5に示す腐食度曲線のように65%硝酸沸点で粒界腐食の感受性がピークに達する。そこで今回はこのような過酷な条件下での腐食状況を調べたが、その結果を図6に示す。

SUS303の処理別における腐食順位は次のとおりであった。

鋭敏化>固溶化+鋭敏化>無処理>固溶化
固溶化処理が良好な結果を示したが、これは熱処理により炭化物の析出およびCr欠乏帯の抑制効果が出たものと考えられる。

SUS329JIは前述の2種の腐食試験に比較するとわずかに腐食量は増えたが、SUS303および鉄に比べると数段の耐食性を示した。

なお、処理による違いはほとんど認められなかった。

ニレジスト鉄およびねずみ鉄は短時間で活性溶解し、前記2種の腐食試験よりはるかに早いスピードで溶解した。今回の試験片では約10時間で完全に消滅するほどであった。

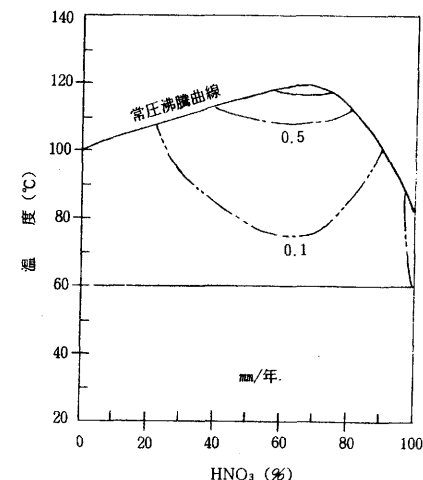


図5 硝酸溶液における二相系ステンレス鋼の腐食度曲線

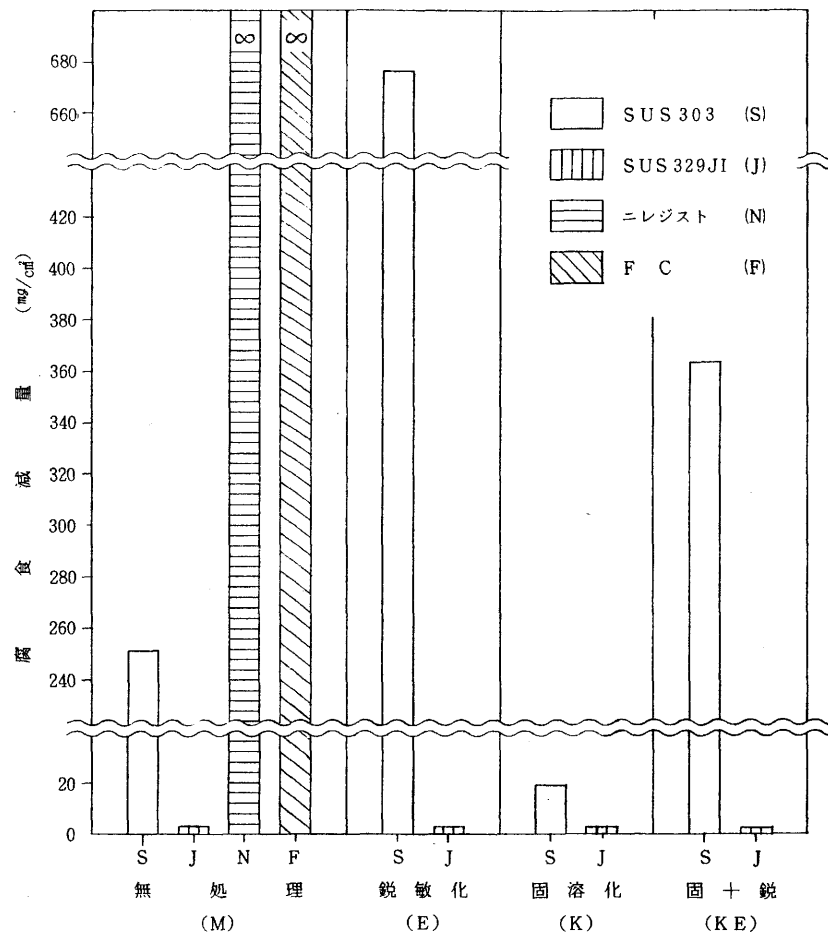


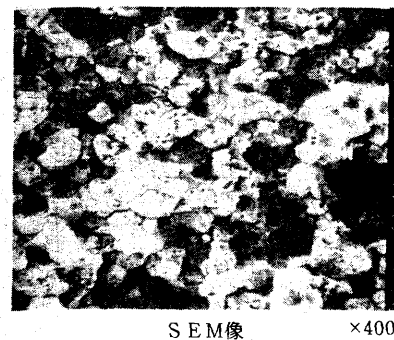
図6 65%硝酸腐食試験における処理条件と腐食減量の関係 (48hr浸漬)

3-5-2 EPMAによる組成解析

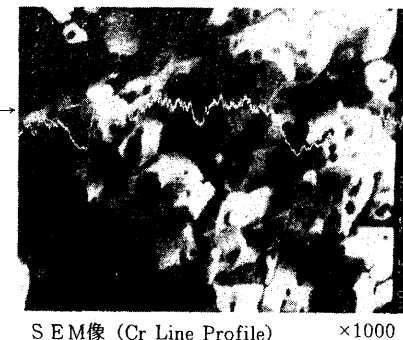
3-5-2-1 SUS303の鋭敏化処理後の表面および断面腐食層

写真11に示す表面層のSEM像から、粗大化した結晶粒が高温、強酸化液中で浸漬されたため、結晶粒の規則的な配列が崩れ、この粒界から選択的に腐食されていることが判る。

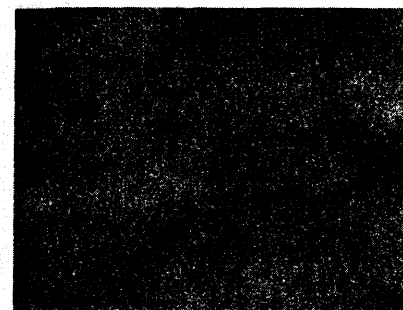
断面における浸食状況は写真12および図7に示すとおり深く浸食しており、その浸食深さは約40 μ mで粒界炭化物析出付近のCr濃度が低下していることが判った。



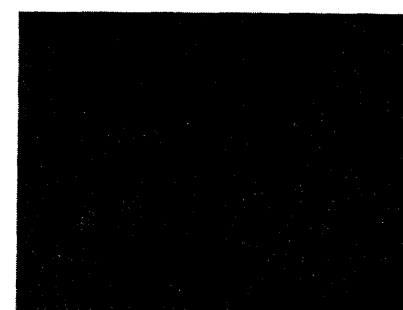
SEM像 ×400



SEM像 (Cr Line Profile) ×1000



CK α ×1000

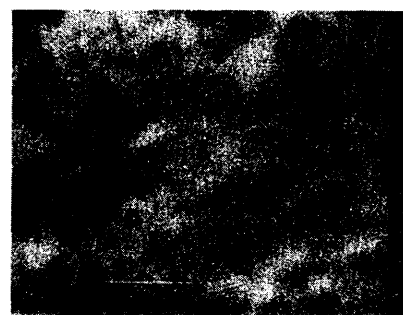


NK α ×1000

写真11 65%硝酸腐食試験後におけるSUS303の組成像 (表面) (鋭敏化処理)



SEM像 ×1000



CK α ×1000

写真12 65%硝酸腐食試験後におけるSUS303の組成像 (断面) (鋭敏化処理)

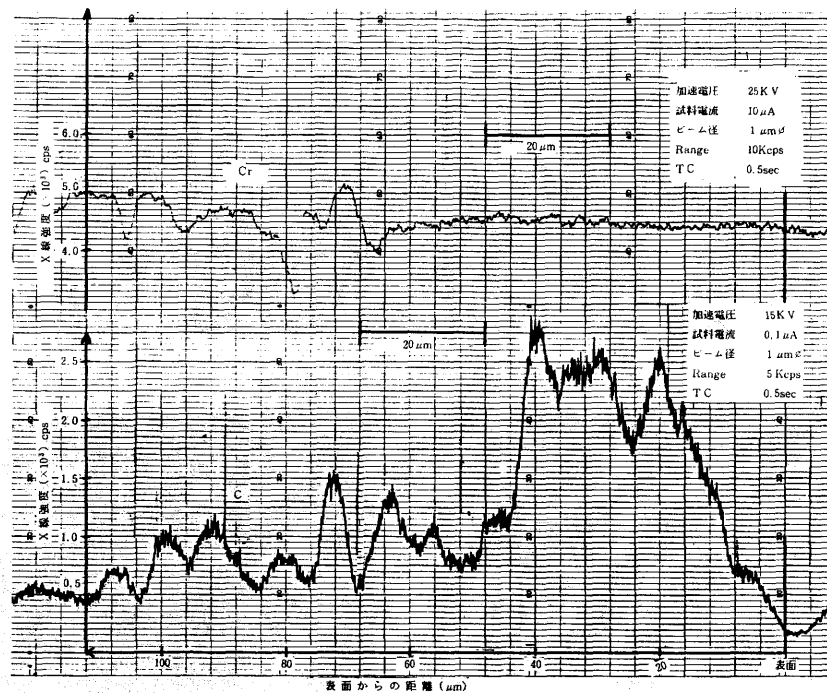


図7 65%硝酸腐食試験後におけるSUS303の線分析(断面)
(鋭敏化処理)

3-5-2-2 SUS303の固溶化および固溶化+鋭敏化処理後の表面腐食層

固溶化における表面層の腐食状況は写真13に示すとおり結晶粒の欠落は少なく、固溶化+鋭敏化に比べ浸漬による結晶粒の崩壊はみられない。

一方、固溶化+鋭敏化は写真14のように、前者に比較し大きく崩れていることが判る。

3-6 流動腐食試験

一般に配管装置材において腐食環境が流動を伴うと酸素の供給速度が増し、腐食速度を早めるが、更に流速が増すと乱流が発

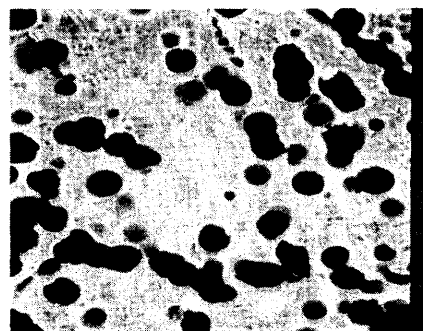
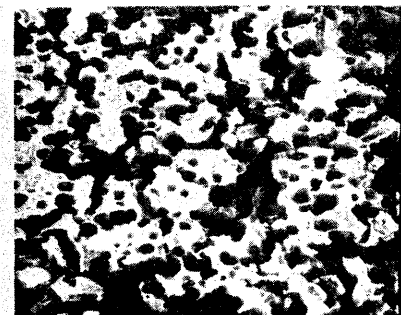
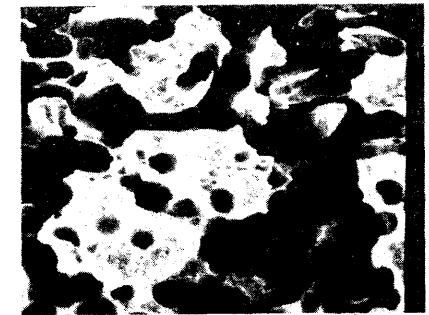


写真13 65%硝酸腐食試験後におけるSUS303の組成像(表面)
(固溶化処理)



SEM像 ×400



SEM像 ×1000



CKα ×1000

写真14 65%硝酸腐食試験後におけるSUS303の組成像(表面)
(固溶化+鋭敏化処理)

生したり、気泡が発生するようになり腐食作用に機械的作用が相乗したエロージョン腐食が起ることが知られている。

そこで実際の環境に近い使用条件である中性液(pH7.7)、酸性液(pH3.5)、流速4 m/sおよび8 m/sでニレジスト鋼鉄およびねずみ鋼鉄の流動腐食試験をジェット・エロージョン腐食試験装置を用いて実施した。

3-6-1 腐食量および腐食状況

中性域における腐食状況は図8および写真15に示すようにニレジスト鋼鉄、ねずみ鋼鉄ともに流速の増加に比例して腐食量が増す。

ニレジスト鋼鉄はねずみ鋼鉄に比べ流速8 m/sで約6倍の耐食性を示すことが判った。このことは素地がNiを固溶したオーステナイト組織であり、黒鉛との間のgalvanic actionを減じ強固なNi(OH)₂皮膜が生成したためと考えられる。

一方、図9に示す酸性域における腐食状況は電導

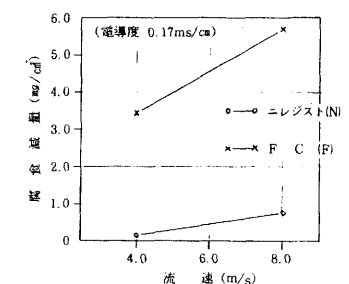


図8 ジェット・エロージョン腐食試験における流速と腐食減量の関係
(pH7.7, 144hr浸漬)

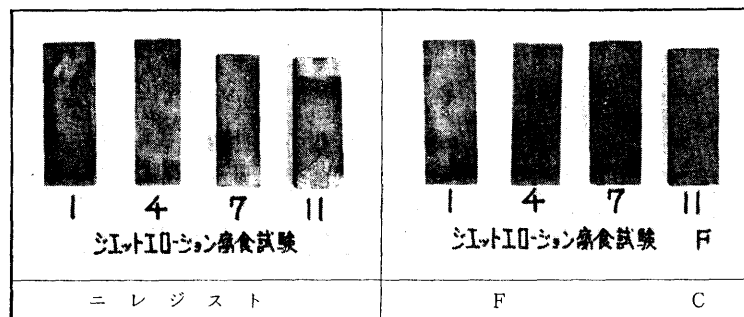


写真15 ジェット・エロージョン腐食試験結果

1—pH7.7, 流速4 m/s
4— " , " 8 m/s
7—pH3.5, 流速4 m/s
11— " , " 8 m/s

度が高くなったためねずみ鋳鉄は素地中の鉄がAnodeとなり、黒鉛がCathodeとなる電位差腐食、すなわち黒鉛化腐食が形成され、流速4 m/sでは中性域での腐食に比べ約60倍という腐食量となった。

一方、ニレジスト鋳鉄は中性域と同様の腐食変化を示した。すなわち、流速の増加に比例し、腐食量も増すが、ねずみ鋳鉄に比べると4倍前後の耐食性を示した。

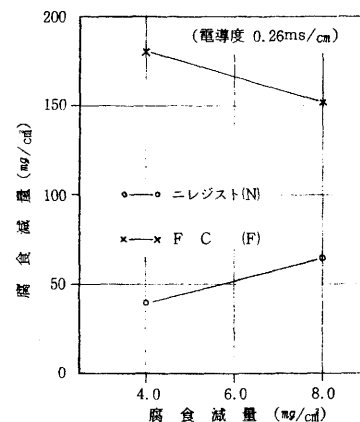


図9 ジェット・エロージョン腐食試験における流速と腐食減量の関係 (pH3.5, 144hr浸漬)

3-6-2 EPMAによる組成解析

3-6-2-1 ニレジスト鋳鉄の断面腐食層 (pH3.5, 流速4 m/s)

写真16に示すとおり表面部が潰食状に腐食されている。腐食層を線分析すると

図10に示すように表面から約50 μmの位置にある浸食層が最も強く破壊されていることが判る。

3-6-2-2 ねずみ鋳鉄の断面腐食層 (pH3.5, 流速4 m/s)

写真17に示すとおりニレジスト鋳鉄よりも強く潰食状に腐食されている。浸食層を1000倍に拡大して観察するとパーライトのへき開破面 (脆性破面) が検出された。これは流動下で酸性腐食環境と流速効果とが相乗して起ったエロージョン腐食の典型的な破面である。また、図11に線分析した結果を示しているが表面部から内部に至るまで黒鉛化腐食が断続的に起っていることがよく判る。

表面 ← → 内部



SEM像 ×400



CKα ×900

写真16 ジェットエロージョン腐食試験後におけるニレジスト鋳鉄の組成像 (試験片, N-7) (無処理, 断面)

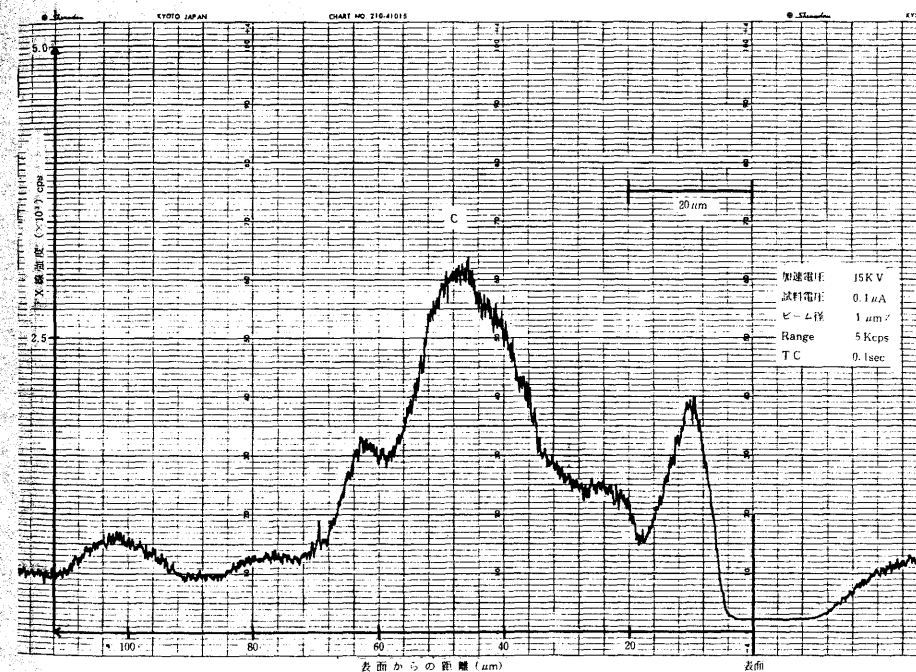
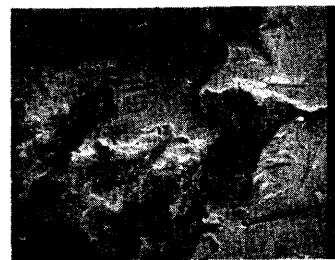


図10 ジェット・エロージョン腐食試験後におけるニレジスト鋳鉄の線分析 (断面) (無処理)

表面← →内部



SEM像 ×500



SEM像 ×1000



CKα ×500

写真17 ジェット・エロージョン腐食試験後におけるねずみ鉄の組成像(試験片.F-7)(無処理,断面)

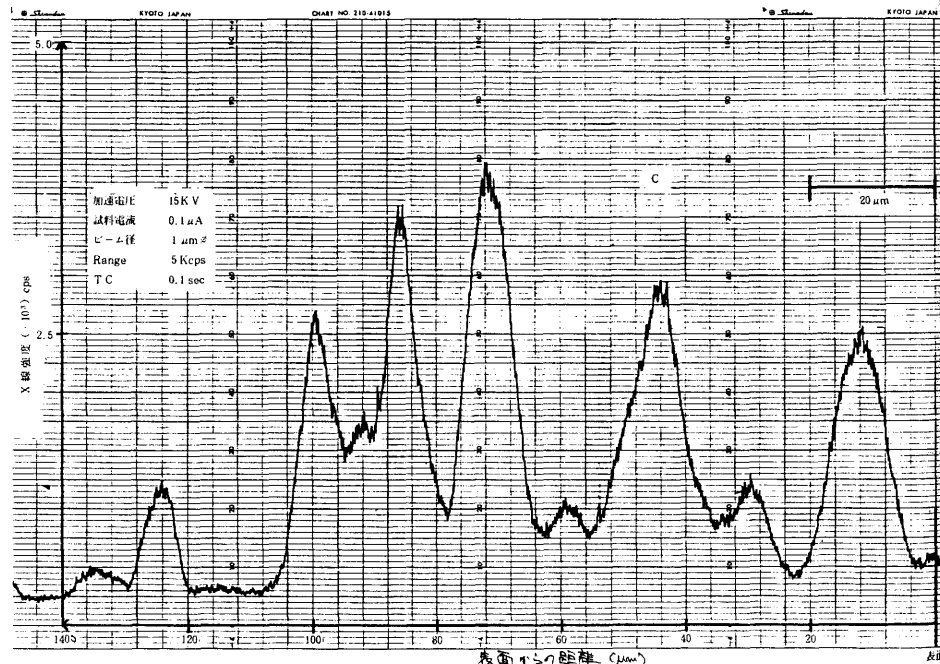


図11 ジェット・エロージョン腐食試験後におけるねずみ鉄の線分析(断面)(無処理)

4. ま と め

オーステナイト系ステンレス鋼および鋳鉄等の各種環境下における腐食試験を行なったが、それぞれの腐食減量を腐食度(腐食速度)に換算すると表4のようになる。これを以下に要約する。

表4 ステンレス鋼および鋳鉄の各種環境中における腐食度

腐 食 剤	腐 食 条 件	試験時間 (hr)	熱処理	腐 食 速 度 (mg/cm ² ・h)			
				SUS303	SUS329JI 以下	ニレジスト	F C
硫 酸	10%硫酸 10%硫酸銅 99.9%銅板 浸 沸 漬 騰	24	無	0.003	0.001 以下	8.185	20.163
			鋭敏化	0.803	0.001 以下	—	—
			固溶化	0.270	0.007	—	—
			固+鋭	0.765	0.003	—	—
硝 酸 フッ化水素酸	10%硝 酸 3%フッ化水素酸 浸 70 °C 漬 騰	2	無	16.7	0.2	197.5	157.1
			鋭敏化	151.6	0.3	—	—
			固溶化	18.7	0.7	—	—
			固+鋭	49.7	0.5	—	—
硝 酸	65%硝 酸 浸 沸 漬 騰	48	無	5.22	0.07	205.71	167.60
			鋭敏化	14.09	0.06	—	—
			固溶化	0.39	0.06	—	—
			固+鋭	7.56	0.05	—	—
流 動 水	pH7.7 30~40°C 電導度0.17ms/cm	流速4 m/s	144	無	—	0.001 以下	0.024
		流速8 m/s	144	無	—	0.005	0.040
流 動 水	pH3.5 30~40°C 電導度0.26ms/cm	流速4 m/s	144	無	—	0.28	1.25
		流速8 m/s	144	無	—	0.44	1.05

① 硫酸、硝酸等の強酸沸点下での環境においてはSUS303等のオーステナイト系ステンレス鋼に比べSUS329JIのオーステナイトとフェライトの二相ステンレス鋼の方が数段優れている。

この理由は鋭敏化域においてフェライト粒界でもCr炭化物の析出が起るが図12、表5に示すようにフェライト中のCr濃度が高いため、Crの欠乏がわずかとなる。一方、オーステナイト粒界では前者での析出のためCr炭化物の析出がなく、全体としてCr濃度がCr₂O₃の不動態限度である18%を大きく上回っているため腐食しにくいといえる。

強酸化でオーステナイト系ステンレス鋼を使用する場合は高温域は避けるべきである。また、溶接等の鋭敏化域で使用する時はあらかじめ固溶化熱処理を施す必要がある。この処理を怠ると常温下

表5 SUS329JIのEPMAによる定量分析結果 (%)

成分	素 材	フェライト相	オーステナイト相
Mn	0.53	0.68	0.77
Ni	5.41	4.79	8.01
Cr	24.14	23.64	19.58
Fe	68.23	69.24	70.35

(強酸)でも激しく浸食する。固溶化熱処理を施せば鋭敏化域で使用しても約2倍の耐食性が保てる。

- ② 淡水環境下における流動状態ではねずみ鉄よりもニレジスト鉄の方が優れている。

この理由はオーステナイト素地のNiが黒鉛との電位差を少なくし、腐食の進行を抑制しているためと考えられる。

一方、酸性液中での流動腐食は両鉄とも中性液中のそれに比べ20倍以上であるが、これは液中の電導度が増し、黒鉛化腐食が促進するためである。ゆえに、このような環境下で使用する場合はインヒビター等の防食措置が不可欠である。

- ③ 腐食形態を図13の模式図から次のように分類できる。

強酸沸騰域では④と⑩の混合形態であり、鋭敏化を受けたオーステナイト系ステンレス鋼は⑩となる。

また、流動環境下での鉄は③と⑩の混合形態である。

以上のように腐食環境下で頻繁に使用されているもの、あるいは物性等の利点により大いに使われるであろうと思われる材料について各種の腐食試験を実施し貴重なデータを得られ、装置設計等に大いに利用できるものとする。なお、電位差腐食およびアルカリ域での流動腐食、あるいはオーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ等の試験を実施し、実用材料の腐食・防食マニュアルの作成データを得るため、今後も腐食実験を続ける予定である。

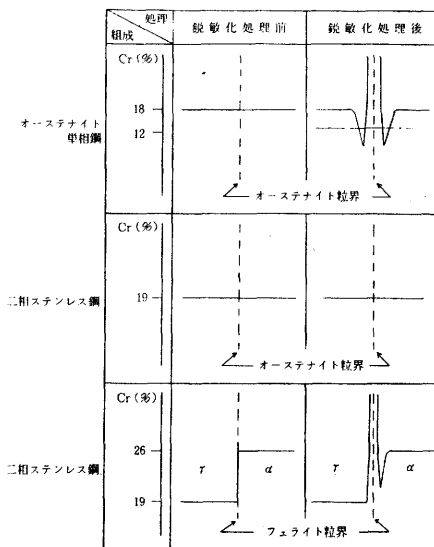


図12 オーステナイト単相鋼と二相ステンレス鋼の炭化物析出状況(模式図)

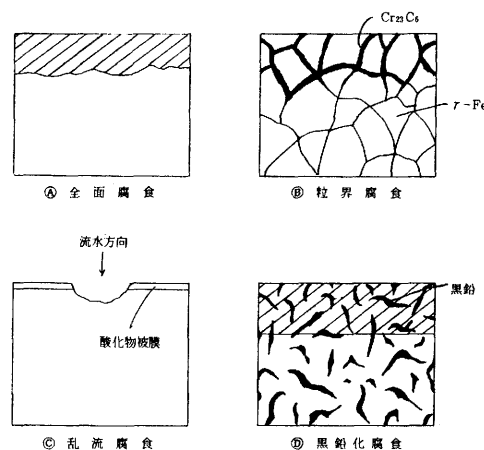


図13 各種腐食形態(模式図)

(参考文献)

1. (財)素形材センター：鋳物の腐食特性
2. 井上勝也：鋳との戦い
3. 伊藤伍郎：腐食科学と防食技術
4. 日本金属学会：金属の化学的測定法Ⅱ
5. 須永寿夫：ステンレス鋼の損傷とその防止
6. 歌川寛也：機械材料の実用知識Ⅱ
7. 小寺沢良一：フラクトグラフィとその応用
8. 日本熱処理技術協会：入門金属材料とその組織
9. 長谷川正義：ステンレス鋼便覧
10. (社)腐食防食協会：防食技術 VOL.33 No.10 1984
11. 松川・西内：滋賀県立機械金属工業指導所研究報告(昭和58年度)
12. 日本鉄鋼協会：鋼の熱処理
13. 内山郁：X線マイクロアナライザ
14. 日本材料学会：腐食防食部門委員会資料 JUL. 9. 1973
15. 佐藤知雄：鉄鋼の顕微鏡写真と解説

バルブのかじり現象と低温強度に関する研究

主 査 中 山 勝 之

技 師 酒 井 一 昭

1. 研究の方向と強度評価法

材料や製品の強度を調べる場合、単一の強度試験では対応しきれないことは周知のところである。材料特性と加工上の誤差が交絡することから、特性の要因効果なのか加工上のばらつきなのか判然とせず、結果として次のアクションがとりにくくなってしまふ。このような在来の試験方法を検討し、強度試験の信頼性を評価する新しい統計手法を導入した多元的評価法¹⁾によって、バルブ材料の強度特性を調べたのが本報告である。

バルブ材料には多くの種類があり、構造条件、環境条件、使用条件、さらには価格上の理由から決められているようであるが、個々の目的別に分類すればいくつかのパターンに分けることができることから、バルブに共通した破壊事故やトラブルはかなり集約された形をとる。このようなことから、バルブに共通した技術課題をとり上げ研究テーマとした。

1つは、要部部品に多用されるステンレス鋼の摺動時のかじり試験の適性化問題、他の1つは、鋳鋼製バルブを設計するための耐衝撃面からみた加工条件の選定である。いずれも、従来の経験や実験からは未解決のものであり、前述した多元的評価が必要な分野と思われる。

強度の特性は、単にその表示にとどまらず、信頼性、安全性など社会的な責任も伴うものであるためデータ取得に際してのプロセスの明確化は不可欠となり、本研究においても可能な限り、その面からも検討を加えた。

また、目的特性によっては、効果の現れ方が変動し、結果の判断が難しいこともあるが、多くの特性値を様々な面から検討する評価法では説明が可能であり、加工要因の効果と加工条件のばらつきを分離できる特長を持つ。

このような点は、製品設計、製造条件設定の段階で明らかになっていることが必要である。以下にかじり現象と低温強度に関する研究結果を報告する。

2. かじり試験法の適性化について

2・1 目的と実験の流れ

摺動する金属部品間の凝着現象は同種金属ほど激しく、また組織が軟かい（たとえばオーステナイト面心立方格子材料など）ほど顕著である。バルブにおいては、弁体と弁箱における弁座部分、弁棒と押え部のねじ間、さらには、締付ボルト等にも生じることがあり、細かくみれば凝着パターンもさまざまと考えられるが、ここでは弁座部分を想定した実験を行った。図1に製品のかじり事例を示した。

研究を実施した流れ²⁾を示すと、およそ次のようになる。

(1) 要因探索：かじりに寄与する要因を業界調査から抽出³⁾し、

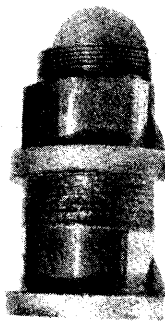


図1 製品のかじり事例

重要因子を選定した。

- (2) 計測特性の発見：何を測るべきか、何が目的とする特性かを明確にする。かじりが生じた時点の物理的現象の変化を推定し、次の代用特性との関係を調べた。
- (3) 計測方法の開発と代用特性の選択：目的とする計測特性が不明なこともあり、また、明らかであっても測定不可の場合もある。したがって、有効な代用特性を見出す必要がある。ここでは摩擦力、押圧荷重、摺動回数、荷重プロセスのグラフ等を選んだ。
- (4) 因子と水準の設定：強度評価のための実験の因子（制御因子、標示因子、信号因子、誤差因子など）とその水準の設定を行った。特に、実際のバルブの使用条件を考慮した。
- (5) 実験計画と割り付け：有効データの採取と効率化を図る実験計画を立てる。ここでは $L_{18} \times L_8$ という直交表による直積実験を試みた。特に、かじり検出感度を知るための外側直交表の信号因子にはステンレス材質の組合せ（熱処理によって金属組織と硬さを変えた試料）とした。
- (6) 実験と解析：それぞれの目的特性に応じた解析を行い、実態との対応性を検討する。
- (7) 最適条件の推定：目的特性により最適水準は変るが、コンカレント（concurrent:同時的）な評価⁴⁾から、試験や加工の最適化を検討した。

2・2 要因と実験計画

表1に試験条件を割り付けた L_{18} の内側直交表を、表2に材料の加工条件を割り付けた L_8 の外側直交表を示した。各試験条件の水準は実態に近いものとし、信号因子には材質組合せをとった。従来の実験結果と経験からは、材質組合せがかじりに与える効果度は認められていたが、その値と水準間隔は必ずしも明確ではないため、真値不明のSN比として比較した。平行試料を保持する治具の種類A、試験開始時の押圧荷重B、摺動1回毎の押圧荷重増加量C、試験片の相対摺動速度D、試験片の摺動距離E、摺動後の停止時間間隔F、潤滑剤の種類Gを制御因子とした L_{18} 内側直交表のNo.1～No.18毎に、信号因子と誤差因子を配した L_8 外側直交表の組合せによるかじり試験を実施した。つまり、いろいろな試験条件を考慮した18通りの方法について、材料加工

表1 内側直交表の因子と水準

因子 \ 水準	1	2	3
A 治具	中心押圧	自在治具	—
B 試験開始荷重 kgf	200	400	600
C 荷重増加量 kgf	10	30	50
D 摺動速度 min	100	200	300
E 摺動距離 mm	30	40	50
F 試験停止時間 sec	0	20	40
G 潤滑剤	無	水	油

表2 外側直交表の因子と水準

因子 \ 水準	1	2	3	4
M 材質組合せ	SUS304 SUS304	SUS304 SUS403軟	SUS304 SUS403硬	SUS403軟 SUS403硬
K 加工方向	平行	直交		
L 表面粗さ	小 (研磨)	大 (フライス)		
R 面取り	無	有		

上の変化を与えた場合のかじり検出感度を比較する訳である。図2に試料の加工状態の一例を示した。

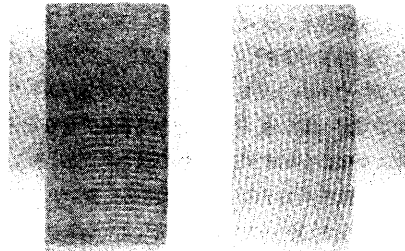


図2 試料加工状態の一例

2・3 実験方法

かじり試験は試作した装置⁵⁾により実施したが、そのブロック図は図3の通りである。平行して接する試験片に初期設定の押圧荷重を与え、試験開始と同時に徐々に荷重を増す方式によって両試験片間に生じる摩擦力を調べた。摩擦力の検出はロードセルを介して、経過を記録した。

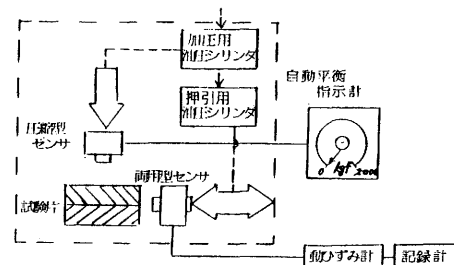


図3 かじり試験機のブロック図

まず、制御因子の試験No毎に信号因

子・誤差因子を組合せた L_8 直交表についてくりかえし2回の実験を行った。実験総数は $18 \times 8 \times 2 = 288$ 回であり、かじりに対して弱いものは数秒、強いものは1時間に及んだ。かじり時の摩擦力の検出感度は250kgfに設定し、実験中その値に達すれば試験機が停止するようにした。図4に試験片のかじり事例を、図5に摩擦力の検出例

を示した。かじりが生じる直前の摩擦力を読み取り、その値が大きい方がかじりに対して



図4 試験片のかじり例

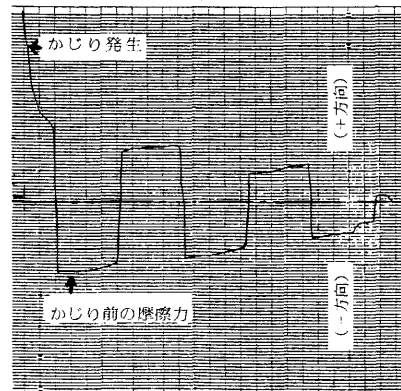


図5 摩擦力の検出例

も強いという判断の基に代用特性値とした。

ステンレス材が他の鋼種に比較してかじりが生じやすいことはよく知られているが、材料特有の塑性流動性や摩擦係数が大なることも指摘されている。⁶⁾実際の摺動条件に近い水準をとったため、ややその効果性に懸念のある要因もあったがそのまま実験を進めた。

2・4 実験結果の累積法による解析

いくつか得られた特性値を検討したが、現段階で妥当性があると思われる摩擦力を代用特性値に取り上げた。摩擦力の検出感度の設定は250kgfにしているが、かじりが発生するものについては全て、それ以内の摩擦力であり計量値として測定できた。

ただ、押圧荷重が上限の1200kgfになってもかじりが発生せず、なおかつ250kgf以内の摩擦力を示した試験片組合せもあり、その場合の判断が問題となった。結局、種々検討の結果250kgfでもかじりが生じない強い組合せと推定することにした。そこで、通常の計量データとして計算できないため、設定値250kgfを5組に分類し、50kgf毎に小さい順からI~V組とした累積法⁷⁾による解析を行った。前述のデータはこの場合、V組に組み入れた。

解析手順の一例として、 L_{18} 内側直交表のNo.2の場合を図6に示しておく。この組合せは、全て計量値のデータであったが、18通りのうちに10組に押圧荷重が最大でもかじらないものがあったことから全部を累積法の解析とした。

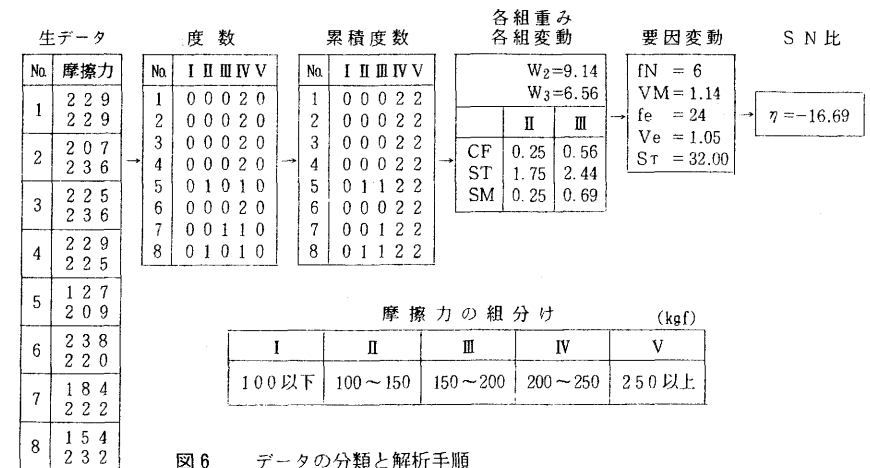


図6 データの分類と解析手順

まず、 L_{18} 直交表No.2に対応する L_8 直交表(くりかえし2回)のデータを密度々数→累積度数→各組の重みと変動→要因総変動(Mの変動)→S N比……という手順で算出した。実験No.1、3~18についても同様にしてS N比を求めた。すなわち、材質組合せ(M)の違いを、かじり検出感度としてどのように検出するかを調べる訳であるが、M間の変動より誤差変動が大きいためS N比が $-\infty$ になった場合は欠測値としてNo.1~18の中の計量値のうち最も悪いS N比より、さらに2倍程度(3 db)悪い値をその実験の第1次近似値として代用した。

以上のようにして算出した18個のS N比のデータを基にL₁₈直交表による解析を行った。つまり、外側直交表による16回の実験が1個のS N比のレベル値となる訳である。ここで、第2次近似値における推定値^{*)}は第1次近似で効果が認められた要因、すなわち、治具種類A、試験開始荷重B、試験停止時間F、潤滑剤を用いて次式で計算した。

たとえば、

$$\bar{A}_1 + \bar{B}_1 + \bar{F}_1 + \bar{G}_1 - 3 \times \bar{T}$$

$$= -16.59 - 16.45 - 17.23 - 17.85$$

$$- 3 \times (-254.6/18)$$

$$= -25.69 \text{ db}$$

(ただし、 $\bar{T}$ = 総平均、他は水準の平均値)

同様にして、第3次近似値まで求めたが、その値を表3に、第3次近似値の分散分析表を表4に示した。第3次近似値で効果が認め

られた要因の平均値は図7の通りである。

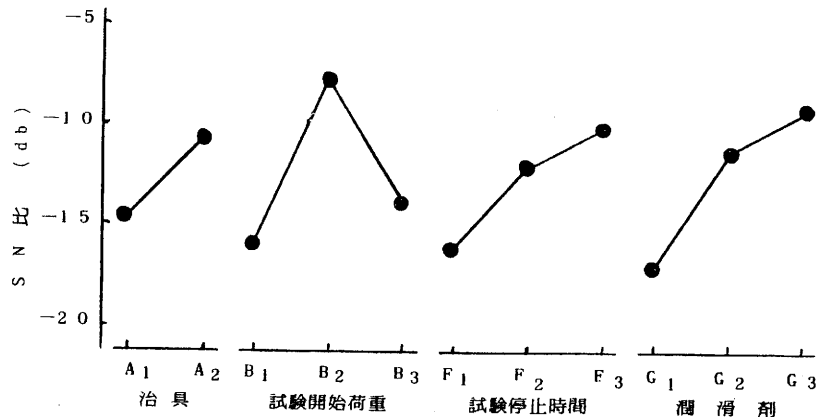


図7 制御因子の水準とS N比の平均値

表3 摩擦力の近似値 (db)

No	近 似 値			No	近 似 値		
	1 次	2 次	3 次		1 次	2 次	3 次
1	-20	-25.7	-26.65	10	-13.60		
2	-16.69			11	-8.43		
3	-20	-14.89	-13.48	12	-20	-20.8	-22.23
4	-5.24			13	-3.39		
5	-20	-15.34	-12.91	14	-7.09		
6	-20	-15.03	-12.99	15	-4.22		
7	-7.38			16	-20	-16.45	-14.55
8	-20	-18.32	-16.68	17	-20	-16.14	-14.63
9	-20	-19.86	-19.69	18	-8.56		

表4 S N比を特性値とした内側直交表の分散分析表 (第3次近似値使用)

要 因	f	S	V	f %
A 治 具	1	68.09	68.09	9.44
B 試験開始荷重	2	261.45	130.72	37.19
C 荷重増加量	2	8.97	4.48	—
D 滑動速度	2	6.21	3.10	—
E 滑動距離	2	6.65	3.32	—
F 試験停止時間	2	112.55	56.28	15.43
G 潤滑剤	2	197.73	98.86	27.88
e 誤 差	4	13.21	3.30	—
e' 〇印プールの誤差	10	35.04	3.50	—
T 合 計	17	684.12		

2・5 最適試験条件の推定

効果のあった要因A、B、F、Gによって最適条件を推定する。各要因で最もS N比の高かった水準値を用い、

$$\bar{A}_2 + \bar{B}_2 + \bar{F}_3 + \bar{G}_3 - 3 \times \bar{T}$$

$$= 10.74 - 7.64 - 10.16 - 9.30 - 3 \times (-12.69)$$

$$= -0.23 \text{ db} \quad \text{となり、内側直交表18通りの中で一番S N比の高い実験No13の}-3.39 \text{ db よりも約3 db、すなわち精度にして約2倍改善できることが分った。}$$

したがって自在治具を用い、試験開始荷重400kgfで、停止時間が40秒であり、潤滑剤に油を組合せた条件が、かじりを検出するのに最も適した試験法といえる。

2・6 かじりに強い製品の加工条件

製品側からみた耐かじり性を調べる上で、加工条件の適否は重要である。この場合、制御因子にL₈直交表をとり、L₁₈直交表を全て誤差因子と考えて解析した。すなわち、摺動条件に絡むものは、使用する際の誤差要因であるため、要はどんな使い方をしてもかじりに強いという条件をさがすためである。特性値を摩擦力とし、次式により大きければ大きいほど良いという望大特性に変換した。

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{36} \sum \frac{1}{y_i^2} \right) \text{ db}$$

分散分析表を表5に、平均値を図8に示したが、この結果からSUS403材を熱処理により硬度差をつけ(寄与率38%)、表面粗さは研摩程度(寄与率30%)に小さくした方がよい。ただし、面取りは無い方がわずかに良いが、これは単位面積あたりの押圧荷重値が若干小さくなるためかも知れない。この点は今後検討する必要がある。

$$\bar{M}_4 + \bar{L}_1 + \bar{R}_1 - 2 \times \bar{T}$$

$$= 44.70 + 44.45 + 44.40 - 2 \times 352.61/8$$

$$= 45.40 \text{ db} \quad \text{となり、改善のためのアクションをとることが可能である。以上の結果は、従来からの経験や固有技術面と大体、符合するものであり、今後のかじり防止対策上の資料とすることができる。}$$

表5 加工条件の分散分析表 (db)

要 因	S	f	V	p %
材質組合せ M	1.7709	3	0.5903	37.99
加工方向 K	0.0091	1	0.0091	—
表面粗さ L	1.0878	1	1.0878	30.34
面 取 り R	0.8515	1	0.8515	19.36
誤 差 e	0.1830	1	0.1830	—
(〇印プールの) e'	0.1921	(2)	0.0961	残 12.31
T	3.9024	7		100.00

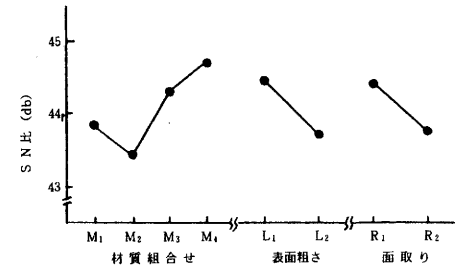


図8 加工条件の平均値

2・7 今後の課題

この研究において試験条件の妥当性を中心に検討したが、最適試験条件による確認実験を実施

するとともに以下に述べる様な点について深く追求しておく必要がある。

- 1) 押圧荷重と摩擦力とのベクトル和を新しい特性値とした解析の検討。
- 2) 特性値の組分けを細分化した精密累積法の導入。
- 3) 加工の形状効果をもとにした加工条件の適正化。

3. 低温高圧用鋳鋼品の熱処理と耐衝撃性について

3・1 目 的

低温で使用される弁、フランジなどの材料として低温高圧用鋳鋼品（SCPL）が利用されるが、この場合、各種使用条件に応じた必要十分な靱性を満足させなければならない。実際上はNiを添加するなど化学成分を調整したり、組織を改善するため焼ならし、焼入れ、焼戻し等の熱処理を組み合わせて使用目的に適する材料としている。⁹⁾

しかし、SCPLのようなフェライト系鋼材は結晶構造が面心立方格子のAl合金やオーステナイト系ステンレス鋼とは異なり、結晶構造が体心立方格子のため低温域での靱性が急減する。このため、使用温度下で十分な強度を満足しているかどうか確める必要が生じる。

本研究では、設計者が機械材料を選択する時の材料の使用条件を想定した強度問題、つまり、この場合SCPL 1材の寸法・形状と材料自体の使用条件および加工条件（ただし、ここでは各種熱処理条件を意味する。）が靱性そのものを支配しているとして設計と実体強度の適応関係を解明した内容である。以下にその結果を報告する。

3・2 実験計画の立案と強度評価の方針

3・2・1 実験計画の立案

実験を計画するに際して、まず実験計画の立て方を知らねばならない。何のために測るのかと言う目的意識があり、何を計画すればよいのかを明確にして実験計画を立てねばならない事は誰にでも分るが、目的意識→目的特性→代用特性となるべき所を、目的特性＝代用特性としていることが多い。目的特性とは計測したい特性であって計測目的から考えるともっと別のものであることが多いことを忘れてはならない。それが直接測定できにくいことが分っているため、それを測定しやすい特性（代用特性）に置き換えて測定しているのである。¹⁰⁾ ここでは、一つの材料が種々の条件に加工された場合（各種の熱処理、寸法、形状、冷熱環境を施した場合）、それらがどの程度、各種の使用条件に適しているか、またどの程度初期の材質を損ねず維持することができるかを目的意識とし、設計の合理化を図ることを目標に実験計画を考えた。

衝撃試験は熱処理の効果を検出し易いことや応力が高速で作用する時の材料の挙動（製品設計における最悪条件を想定した特性）を知ろうとする場合の試験であること、また材料の寸法・形状による違い（切欠効果の違い）が既に知られていることから試験法として選んだ。製品設計において熱処理が主として材料の組織を変える。すなわち、材質を変化させるのだという意味から熱処理条件の因子をコントロールする因子（制御因子）を選び、熱処理が適切に行われたかどうか（＝目標どおりの熱処理が施されたかどうか）確認するため、硬度も併せて測定した。

硬さを調べる事により材料の粘さを知ることができ、また衝撃特性は延性に支配されうる事

からこれを伴に衝撃強度に対する代用特性に選んだ。

3・2・2 強度評価の方針（実験因子・水準の選定と分類）

3・2・1 の実験計画の考え

方で目的特性は冷熱疲労という悪環境を受けても耐衝撃性があり、また設定した熱処理が損わない事として代用特性にシャルピー衝撃試験機における振上がり角度（小さければ小さい程良い特性）と、ロックウェル硬度を選定した。

以上を強度評価の基本方針とし表6に示すように因子と水準を選び各因子を分類した。制御因子は熱処理条件で、各因子の組合せにより基地組織は表7のように変化する。加熱温度(A)が上昇すればする程オーステナイト粒は大きくなり、セメントイトとフェライトが早く溶けこむと同時に変態が早くなる。加熱

表6 実験因子と水準

因子の種類	要因と記号	水 準	1	2	3
制 御 因 子	加 熱 温 度 ℃ A	820	870	920	
	保 持 時 間 分 B	10	20	30	
	冷 却 方 法 C	徐 冷 (炉冷)	空 冷	急 冷 (油冷)	
	焼 戻 温 度 ℃ D	250	450	650	
標 示 因 子	冷 熱 温 度 範 囲 ℃ (冷熱保持時間0.5hr) E	+20 -20	+110 -40	+200 -60	
	断 熱 効 果 F	全 面	裏 半 分	無	
	先端切欠き半径 R G	1	5	10	
	先端切欠きの有無と方向 H	無	縦	横	
	先端切欠きの深さ I	0.5	2	4	
	試 験 温 度 ℃ J	+20	-20	-60	
因 子 誤 差	持 上 げ 角 度 K	130	135	140	
	冷 熱 サ イ ク ル 回 L	15, 30, 60, 120			

温度と保持時間(B)は同時に考慮しなければならないが、時間の要素は温度よりも重要性が少ないのでこの表では省略した。冷却方法(C)は組織、つまり機械的性質を決定する。徐冷の場合、延性の高い粗い層状のパーライト+粗い塊状フェライトからなり焼戻温度(D)を高くすると微細組織となる。空冷の場合は、細かい層状パーライト+細かい塊状フェライトで焼戻温度が高くなれば微細組織となる。油冷の場合には組織はマルテンサイトとなり一般に焼戻して使用されるが、焼戻し操作の進行につれてマルテンサイトからセメントイトが析出しセメントイトの拡散

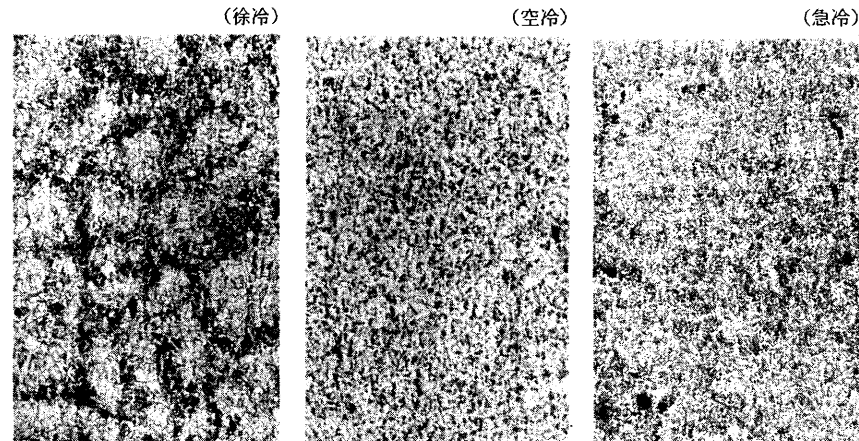
表7 熱処理による供試材の主組織

加熱温度 ℃ 焼戻温度 ℃	冷 却 方 法 冷 却 方 法	(オーステナイト化)					
		820	870	920	820	870	920
		小 ← 結晶粒 → 大	小 ← 結晶粒 → 大	小 ← 結晶粒 → 大	小 ← 結晶粒 → 大	小 ← 結晶粒 → 大	小 ← 結晶粒 → 大
		焼 な ま し (徐 冷)	焼 な ら し (空 冷)	焼 な ら し (空 冷)	焼 な ら し (空 冷)	焼 入 (油 冷)	焼 入 (油 冷)
250	小	粗い層状パーライト	細かい層状パーライト	細かい層状パーライト	細かい層状パーライト	マルテンサイト	マルテンサイト
450	↑	粗い塊状フェライト	細かい塊状フェライト	細かい塊状フェライト	細かい塊状フェライト	↓	↓
650	大	微 細 組 織	微 細 組 織	微 細 組 織	微 細 組 織	セメントイトの 拡 散 と 凝 集	セメントイトの 拡 散 と 凝 集

と凝集が生じる。¹³⁾このように各種熱処理条件によって写真1に示されるような特徴的な組織が得られ、これらはロックウェル硬度Bスケールで最小79.8、最大113.2でショア硬さではおよそ24~48の範囲であった。

標示因子は冷熱温度範囲(E)、断熱効果(F)、切欠部の半径(G)、切欠の有無と方向(H)、切欠深さ(I)、試験温度(J)、持上げ角度(K)とし誤差因子には冷熱のサイクル数(L)を選んだ。

加熱温度が低い場合



加熱温度が高い場合

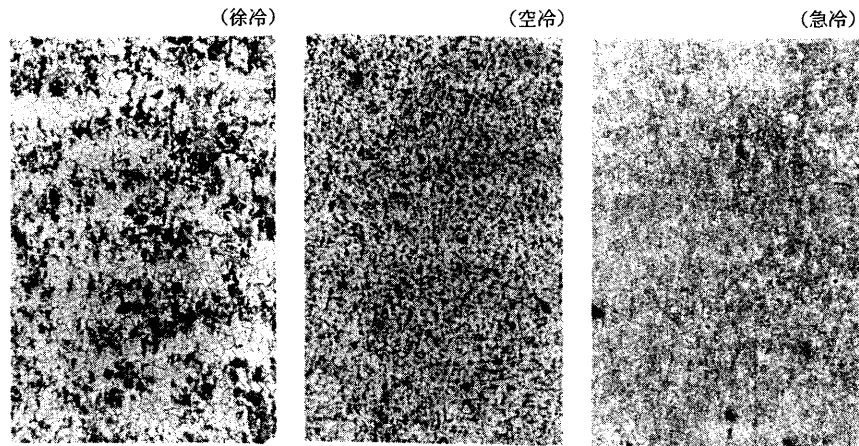


写真1 各種熱処理と組織

3・3 実験因子の割付け²⁾と実験方法

表6の実験因子で制御因子および標示因子を実験計画法のL₂₇直交表に割付けた。表8に各因子の割付けを示す。3、4列に加熱温度と保持時間の交互作用を取り出す以外は各列単独に因子を割付けた。

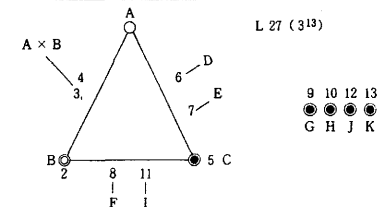
さて、表8のL₂₇に割付けられた各種組合せ条件で試験片作成→熱処理→冷熱疲労→試験の手順で実験を進めるのであるが、容量的に30kgf・mのシャルピー衝撃試験機で実験がうまくいくのか(破断させうるのか)という問題が生じる。容量上の問題が破断させる事の解決にならない場合がある。容量が十分であっても試験片が破断せず、単に曲げを生じ試験機から抜け出してしまう事態も起きる。実験において、このようなことができるだけ生じないようにシュナット試験¹¹⁾の考え方を利用し最も延性があると予想される熱処理を施した無みぞの試験片で予備実験を行った。シュナット衝撃試験の特長は、試験片の背面、つまりハンマで直接打撃する部分(破断の際に著しい圧縮応力が生じる部分)に直径5mmの円孔を作り圧縮部を除去し、試験の際はその孔を硬い丸鋼で埋め試験機のハンマを直接この丸鋼に打撃させるので、試験片の最小断面はほとんど引張応力の状態で破断されることである。ここではφ5.5の円孔とした。

(図9)

なお、供試材として使用したSCPL1材の铸造状態での化学成分および機械的性質を表9、表10に示した。またロックウェル硬度は86(HRB)であった。この供試材を各種条件に加工するのであるが、熱処理と切欠きの順序を考えねばならない。既に、熱処理性評価とシャルピー衝撃試験機の比較測定の共同実験により熱処理と切欠きの順序を変えても有意な差は出ないことが知られている¹²⁾ので試験片作成の都合上、铸造状態で各種形状・寸法の試験片に加工した。表11にその形状・寸法を示した。

表8 L₂₇ 内側直交表への各要因の割付け

要 因	加熱 温度	保持 時間	冷 却 方 法	冷熱 温度 範圍	断熱 効果	先 断切欠き 半徑	先 断切欠きの有無と 方向	試験 温度	持上 げ角 度	A × B																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
										A			B			C			D			E			F			G			H			I			J			K																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	



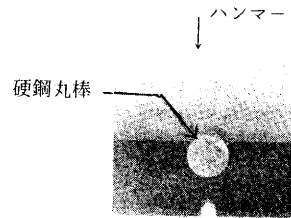


図9 シュナット試験

表10 供試材の機械的性質

供試材	記号	引張試験				シャルピー 吸収エネルギー kgf·m (試験温度-45℃)
		降伏点 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %	絞り %	
供試材	—	32	59	32	58	2.0
JIS参考値	SCPLI	25以上	46以上	21以上	35以上	1.8以上

表11 試験片切欠部の形状および寸法

(単位:mm)

方向 半径 深さ	縦			横		
	1	5	10	1	5	10
0.5						
2						
4						
無みぞ						

3・4 実験結果の解析 (特性値のSN比変換とL₂₇直交表の解析)

この実験における振上がり角度およびロックウェル硬度は、衝撃特性を考えた時、これらの値が小さい程良い特性と言えるので、一種の望小特性としてとらえ、各9個、15個の生データを(3・4・1・1)式により変換した。

表9 供試材の化学成分 (%)

	供試材	JIS参考値 SCPLI
C	0.25	0.30 以下
Si	0.55	0.60 以下
Mn	0.76	1.00 以下
P	0.020	0.040 以下
S	0.019	0.040 以下
Cu	0.16	0.50 以下
Ni	0.047	0.50 以下
Cr	0.099	0.25 以下

(Mg 0.001)

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum y_i^2 \right)$$

(n; データ数, y_i; データ)

(3・4・1・1)

この式により変換したSN比のデータを表12に示した。SN比を新しい特性値としてL₂₇の解析を行ったのが表13、14の分散分析表である。

表12 SN比に換算した実験データ

(db)

実験 番号 No	振上がり角度の 変換値 (生データ数: 9)	ロックウェル硬さ (HRB)の変換値 (生データ数: 15)	実験 番号 No	振上がり角度の 変換値 (生データ数: 9)	ロックウェル硬さ (HRB)の変換値 (生データ数: 15)
1	-12.07	-38.34	15	-39.39	-41.04
2	-39.49	-38.55	16	-41.49	-38.10
3	-41.83	-39.31	17	-41.04	38.92
4	-42.29	-38.09	18	-31.17	-39.92
5	-32.39	-38.64	19	-35.41	-38.81
6	-18.68	-39.57	20	-32.84	-38.65
7	-38.92	-38.04	21	-27.81	-40.54
8	-31.57	-38.54	22	-35.64	-38.65
9	-35.03	-39.68	23	-27.94	-38.62
10	-35.10	-38.15	24	-40.33	-40.02
11	-30.41	-39.00	25	-30.76	-38.70
12	-42.32	-40.90	26	-41.68	-38.67
13	-34.47	-38.08	27	-17.44	-39.83
14	-38.34	-39.05			

表13 A N O V A

生データの区分		振上がり角度			ロックウェル硬度		
Source	f	S	V	ρ (%)	S	V	ρ (%)
加熱温度 A	2	135.1942	67.5971	7.26	1.2490°	0.6245	5.77
保持時間 B	2	10.6832°	5.3416	—	0.2042°	0.1021	—
A×B	4	61.2572°	15.3143	—	0.2322°	0.0581	—
冷却方法 C	2	26.2857°	13.1429	—	15.2916	7.6458	78.65
焼戻温度 D	2	4.6168°	2.3084	—	0.1921°	0.0960	—
冷熱温度範囲 E	2	50.6917	25.3458	2.04	1.3664	0.6832	6.38
断熱効果 F	2	46.1512	23.0756	1.76	0.1748°	0.0874	—
切欠き半径 G	2	206.2695	103.1348	11.65			
切欠きの有無と方向 H	2	705.1162	352.5581	42.46			
切欠き深さ I	2	310.4811	155.2406	18.09			
試験温度 J	2	2.7604°	1.3802	—			
持上げ角度 K	2	59.8316	29.9158	2.61			
e (○印プール) e' (・印 ")	(12) (20)	105.6033	8.8003	残14.13	1.3629	0.0681	残 9.2
T (合計)	26	1.619.3387		100.00			100.00

3・5 最適水準の推定と低温強度に対する検討¹⁾

3・5・1 最適水準の推定

表13の分散分析表から効果のある要因を選び出し、最も衝撃に強い要因組合せと、最も粘り(硬度が低い)熱処理条件を調べ、この衝撃と硬さの2特性について最適条件の推定を行った。各要因の影響は図10、図11で示し、主効果とその信頼限界は次のとおりであった。

図10 デシベル値の平均値(振上がり角度による解析の場合)

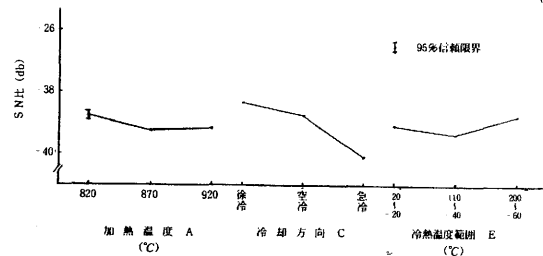
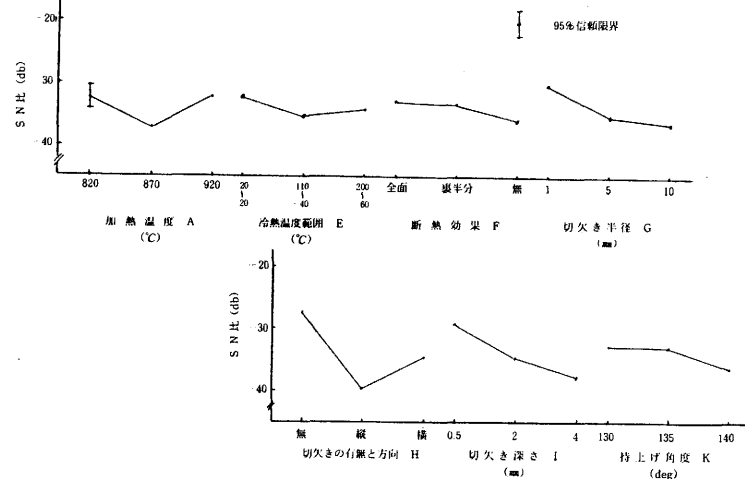


図11 デシベル値の平均値(ロックウェル硬度による解析の場合)

衝撃について計算すれば、

$$\begin{aligned} & \begin{cases} A_1 = -32.47 \pm 2.16 \\ A_2 = -37.08 \\ A_3 = -32.21 \end{cases} \quad \begin{cases} G_1 = -30.04 \pm 2.16 \\ G_2 = -35.43 \\ G_3 = -36.29 \end{cases} \quad \begin{cases} K_1 = -32.88 \pm 2.16 \\ K_2 = -32.87 \\ K_3 = -36.03 \end{cases} \\ & \begin{cases} E_1 = -32.07 \\ E_2 = -35.35 \\ E_3 = -34.34 \end{cases} \quad \begin{cases} H_1 = -27.21 \\ H_2 = -39.60 \\ H_3 = -34.95 \end{cases} \\ & \begin{cases} F_1 = -32.81 \\ F_2 = -33.20 \\ F_3 = -35.76 \end{cases} \quad \begin{cases} I_1 = -29.43 \\ I_2 = -34.70 \\ I_3 = -37.63 \end{cases} \end{aligned}$$

ただし、信頼限界は $\pm \sqrt{F \cdot Ve / ne}$ (但し、neは有効反復数) で求めた。

となり、同様に硬さについても計算すれば、

$$\begin{aligned} & \begin{cases} A_1 = -38.75 \pm 0.18 \\ A_2 = -39.24 \\ A_3 = -39.17 \end{cases} \quad \begin{cases} E_1 = -39.09 \pm 0.18 \\ E_2 = -39.31 \\ E_3 = -38.76 \end{cases} \\ & \begin{cases} C_1 = -38.33 \\ C_2 = -38.74 \\ C_3 = -40.09 \end{cases} \end{aligned}$$

となる。

以上より最適条件は衝撃に強い条件として $A_3 E_1 F_1 G_1 H_1 I_1 K_1$ の組合せとなるが、E、Kは材料の使用温度と外力に対する適応性と考えると、実際には製品の使用条件の問題で、製品開発という面からは技術的に処理し難い。そこで、要因E、Kを危険な環境条件であるとして冷熱温度範囲、衝撃的な外力はできる限り小さい方が良く寸法・形状、熱処理の次に重要であるという解釈に留めておく。結局、最適組合せは $A_3 F_1 G_1 I_1$ となり、この組合せによるSN比の推定値は、要因の平均値を用いれば、

$$\begin{aligned} & (A-1) + (F-1) + (G-1) + (H-1) + (I-1) + 1 \\ & = A + F + G + H + I - 4 \text{ より} \\ & \hat{\mu} = \bar{A}_3 + \bar{F}_1 + \bar{G}_1 + \bar{H}_1 + \bar{I}_1 - 4 \times m \quad (m = \text{総平均}) \\ & = \frac{(-289.85)}{9} + \frac{(-295.27)}{9} + \dots + \frac{(-264.89)}{9} - 4 \times \frac{(-915.85)}{27} \\ & = -16.02 \text{ db が期待される。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \hat{\mu} \text{ の SN 比の 95\% 信頼限界は、} \\ & \pm \sqrt{F_{12} \times Ve \left(\frac{1}{ne} + 1 \right)} \\ & = \pm \sqrt{4.75 \times 8.8003 \left(\frac{2+2+2+2+2}{26} + 1 \right)} \\ & = \pm 7.61 \text{ db} \end{aligned}$$

であるから、 $\hat{\mu} = -16.02 \pm 7.61$ となり、9個の試験片が全て破断しなかった実験番号No 1を除けば、No 2～27で最も高いSN比-17.44 dbを示している実験番号No 27よりも1.42db高い組合せが見い出される。この衝撃に強い条件は、要因効果の高い順に(寄与率の大きい順に)試験片の形状は無みぞで熱処理は加熱温度を高くし断熱はできるだけ施す方がよい条件として与えられる。しかし、形状・寸法は設計上の都合もあるから表13の分散分析表で寄与率の高い順に各種製品の形状に合わせて適する条件を選定すればよい。例えば、SCPL 1の材料の場合

(形状・寸法) (熱処理)

合は、切欠の有無と方向→切欠き深さ→切欠き半径→→加熱温度の順に寄与率が高いので、切欠がどうしても必要な時にはその方向は外力に対して横方向ではダメかどうか考え順次、因子の水準を設定していけばよい。

次に熱処理と硬さの関係について、最適条件を調べてみる。生データに振上がり角度をとり衝撃に強い製品の特性は振上がり角が小さい程良いとして衝撃に強い条件を調べたが、熱処理の効果は試験片の形状・寸法の次に問題となる要素でこの解析では衝撃に対して加熱温度が重要

で他の熱処理条件の効果が低い結果となっていた。

ここで、耐衝撃性を見方を変え、ロックウェル硬さを特性値として、衝撃は延性に支配される事を材料は粘り程良い(硬さ値が小さい程良い)のだという考え方に置き換え、衝撃試験前の硬度を測定する事により解析してみた。ただし、試験片形状・寸法と試験温度、持ち上げ角の因子はこの解析にはほとんど意味がないと考えられるので、これらの因子を除き要因効果を調べた。表4・2により熱処理条件として冷却方向が大きく効いていることが分る。この解析においても加熱温度、冷熱温度範囲の効果が現れている。しかし、これらは冷熱方法の効果度を基準にすれば、7～8%程度のみ効果しかない。寄与率から徐冷にすれば熱処理としては粘り材料となり、この条件のみでも目的とする効果は十分期待される。通常、冷却方法が徐冷の場合、そのまま使用され、急冷の場合はこの状態では非常に脆く硬い材料であるため歪を除去する意味から焼入れ後、焼戻し操作を行うので、この解析では熱処理の常識と一致する結果を得た。

振上がり角度での解析と同様に最適条件を推定すると、

$$\begin{aligned} & (A-1) + (C-1) + (E-1) + 1 \\ & = A + C + E - 2 \text{ より} \\ \hat{\mu} & = \bar{A}_1 + \bar{C}_1 + \bar{E}_3 - 2 \times m \\ & = \frac{(-348.76)}{9} + \frac{(-344.96)}{9} + \frac{(-348.83)}{9} - 2 \times \frac{(-1054.41)}{27} \\ & = -37.74 \text{ db が期待される。} \\ \hat{\mu} \text{ の信頼限界は} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \pm \sqrt{4.35 \times 0.0681 \left(\frac{2+2+2}{26} + 1 \right)} \\ & = 0.60 \text{ db} \end{aligned}$$

となり、 $\hat{\mu} = -37.74 \pm 7.61$ を得る。No.1～No.27中最も高いSN比である。最も良いNo.7の-38.04 dbより0.3 db高くなる。

3・5・2 低温強度に対する検討

表13で試験温度の効果が小さい、これは供試材が低温用の材料であり、特に表9で理解されるように靱性を高めるためC、Mn、P、Niなどの化学成分量の調整により必要靱性を付与させていることによる。

しかし、このような低温用鋼であっても使用条件が冷熱疲労を受けるような場合特に注意を要する事が明らかとなった。なぜならば、15～120サイクル(冷熱温度範囲200～-60℃)という一般的な機械的疲労に比べて非常に小さい熱疲労により材料の靱性が影響され、また断熱効果によってもその度合いが異なるという結果を得たからである。感覚的には、この結果は当たり前のように思われ、技術的にはおろそかにされ易い事柄であるが、実は製品の多くは常時熱的環境条件下にさらされているから非常に重要な問題となる。

3・6 ま と め

低温高圧用鋼鋼品(SCPLI)に各種の加工条件(試験片の形状・寸法、熱処理、冷熱疲労、試験条件)を施し、目的特性は冷熱という環境下にさらされても耐衝撃性が要求されるという考えの基に、代用特性にシャルピー衝撃試験における振上がり角度、硬さ測定でのロックウェル硬度を選びL27内側直交の解析を行った結果、次のような結論が得られた。

(1) 最適水準の推定について

分散分析で効果のあった要因について高いSN比が期待される加工条件を調べると、振上がり角度およびロックウェル硬度を特性値としてそれぞれ最適組合せ条件は、特性値が振上がり角度の場合、A3 F1 G1 H1 I1 (加熱温度920℃——断熱は全面的におおう——切欠きなし)、ロックウェル硬さの場合はA1 C1 E3 (加熱温度820℃——冷却方法は徐冷——冷熱温度範囲200℃～-60℃)という組合せを得た。SN比の推定値は95%信頼限界をとると-16.02±7.61、-37.74±7.61(db)であった。

(2) 低温強度に対する検討

15～120サイクルという機械的疲労に比べると非常に少ない熱疲労により材料の靱性が低下する事が明らかとなった。又、断熱効果の影響も無視できない事が分った。

以上(1)(2)は熱処理条件、試験片の寸法・形状などの要因効果の度合からも妥当な結論を得た。

3・7 今後の課題

本研究により、SCPL材のような低温用の鋼鋼であっても冷熱衝撃疲労が材料選定において技術的問題となる事が明らかにされた。

今後は、どの程度の冷熱サイクル数が材料の強度に大きく影響するか、また冷熱温度範囲はどのようなかを詳細に調べる事が材料の使用条件の適性化を図る上で重要な要素となる。

終りに本研究を実施するに際して、実験計画の立案に適切な御指導とご助言を賜った工業技術院計量研究所・矢野宏計測機構課長に厚くお礼申し上げます。

なお、研究に使用した設備は中小企業庁の技術開発研究費補助金の交付を受けて導入したものであることを付記しておく。付表にその設備を示した。

No.	設 備 名	型 式
1	冷 熱 衝 撃 試 験 機	TSR-63
2	倒立型金属顕微鏡	EPIPHOT-TME
3	空圧式自動埋込機	ニューメットI コンプレッサー付
4	ロースビード二連式 研 磨 テ ー ブ ル	ロースビード研磨機 オートメットアタッチメント付
5	湿式ベルト粗研磨機	リーフメットII型 単式卓上型 16-1280
6	電 解 研 磨 機	エレクトロメットIII
7	精密低速切断機	アイソメット
8	湿式高速試料切断機	SMC-500型
9	接 触 温 度 計	2575-10

〔参考および引用文献〕

- 1) 中小企業庁, 工業技術院計量研究所: 機械部品の強度の多元的簡易評価技術に関する研究 (昭和60年2月)
- 2) 矢野 宏: 計測管理工学入門, 工業調査会 (1984)
- 3) 中山勝之, 矢野 宏: パルプのかじり試験評価法の検討, 標準化と品質管理, Vol.35 1982.8
- 4) 田口玄一: 品質評価と特性値, 標準化と品質管理, Vol.36 1983.5
- 5) 中山勝之: パルプ摺合せ部の改良研究 (かじり摩耗試験機の導入の経緯), 指導所研究報告書 (55年度)
- 6) 東京都立工業技術センター: ねじの正しい使い方 (ステンレス編), 技術ガイド46.
- 7) 田口玄一: 統計解析, 丸善 1972.
- 8) 矢野 宏: 実験による計測器のパラメータ設計 (計測管理工学入門No.9), 菱光技法, 第20巻 239号, 58年12月
- 9) 日本工業規格, JIS G 5152
- 10) 矢野 宏: 計測管理工学入門——実験計画のたて方—— (菱光技報, 58.6.1 第20巻 233号)
- 11) 石橋 正: 設計を主とした金属の強さ (養賢堂)
- 12) 酒井・中山: 滋賀県立機械金属指導所業務報告書 (昭和58年度)
- 13) 金属熱処理技術便覧編集委員会編: 金属熱処理技術便覧 (日刊工業)

「マイコン制御による自動化に関する研究(その3)」

主 査 樋 口 英 司
技 師 月 瀬 寛 二

1. 緒 言

近年のロボットの普及は著しく、NC工作機械との組合せにより搬送を自動化し、CAMと共に連続無人運転も可能となってきた。

本研究では、過去2ヶ年間に汎用旋盤の簡易NC化を図る目的で、シーケンサとワンボードマイコン制御によりJIS Z 2201の4号および8号(8C)引張試験片切削加工が可能となった。しかし、搬送については加工物を人が着脱する必要があるため、ロボットで搬送を実施すれば、より完成された旋盤制御加工システムとなり得る。

そこで本年度ロボット制御の実施と、昨年度までのマイコン・シーケンサ制御とのマッチングを主目的に行った。

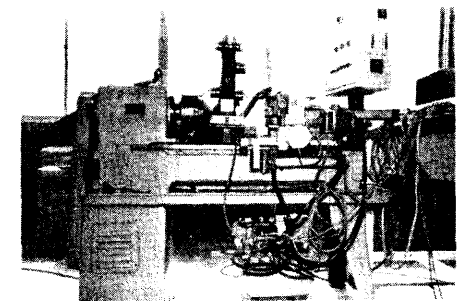


写真1 旋盤制御システム

2. ロボット装置の概要

2-1 仕 様

使用したロボットは「三菱電機製マイクロ・ロボットムーブマスター RM-101」である。マイコンで容易に制御が可能なセンタロニクス準拠パラレルインターフェイスを備えた6軸5自由度の多関節タイプで、駆動はステッピングモータにより行っている。表1にこの仕様を示す。

このロボットは、一般には研究開発・研修・教育用で、可搬重量も500gと低く、必ずしも今回の旋盤制御システムの搬送に適していない。しかし、対象としている旋盤が1/2番と小さく市販の油圧チャック取付が困難で、チャッキングの自動化は難しい状況にある。結局、ロボットによる搬送はシュミレーション的にしかならざるを得ないため、このロボットを選択した。

表1 ムーブマスター RM101 ロボットの仕様

形 式		RM-101
構 造		関節形・鋼板構造
動 作 自 由 度		5
動作範囲	胴 体 旋 回	240°(左右120°)
	肩 回 転	150°(後方75°, 前方75°)
	肘 回 転	120°(後方45°, 前方75°)
	手 首 曲 げ	180°
	手 首 ね じ り	360°
ハ ン ド の 爪 の 間 隔		最大80mm
最 大 速 度		ハンド先端で7 cm/S
位 置 精 度 分 解 能		0.3mm台
駆動 制御部	駆 動 モ ー タ	ステッピングモータ6個
	速 度 制 御	台形波制御
	各 軸 制 御	6 軸同時複合動作可能
	インターフェイス	セントロニクス準拠

2-2 動作

6軸同時複合動作およびマルチ・ロケーション・メモリ等により能率的で、人間の片腕に似せて設計され手の様な動作が可能である。

2-3 取付け

ロボット取付設置状況を写真2に示す。旋盤ベッド下部にアームを取付け、その上にロボットを固定した。ロボット・ハンド動作距離の限界(約440mm)により、バイトおよび加工物近くの取付けとならざるをえず、切粉等の影響が避けられない悪環境となった。実切削加工時には、ロボット関節部の保護が必要である。

また、加工物(約 $\phi 30\text{mm}$ の棒)を捕むために、約100mm巾のフィンガアタッチメントをアルミ板により自作し取付けた。

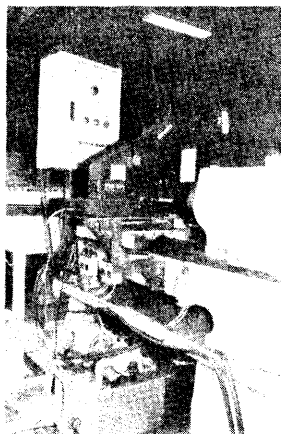


写真2 ロボット取付設置状況

3. ロボットの駆動

3-1 動作

図1のA点で加工物を捕え、矢印の経路によりB点に移動し、C点に平行移動させて搬送を終了する。切削終了後外す時は、概ねこの逆の動作をする。

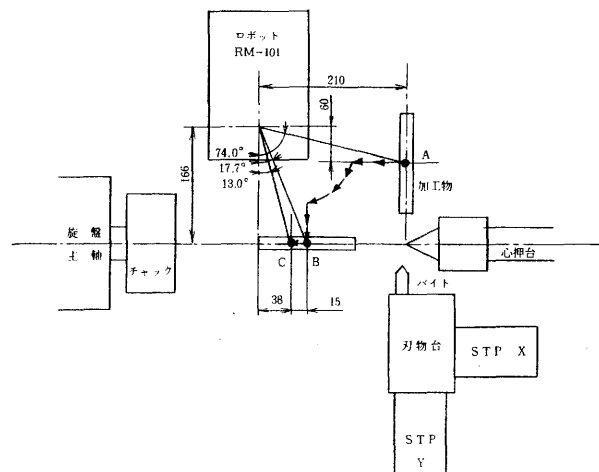


図1 ロボットの動作（上から見た図）

図2には、A点での各ステッピングモータの動作角度を示した。各動作点（全12点設定）毎に、計算によりステップ角を算出しロケーション位置としてメモリに格納した。この場合ハンド先端

は 2.25° 下方向に曲げると共に、 74.02° 振っている。

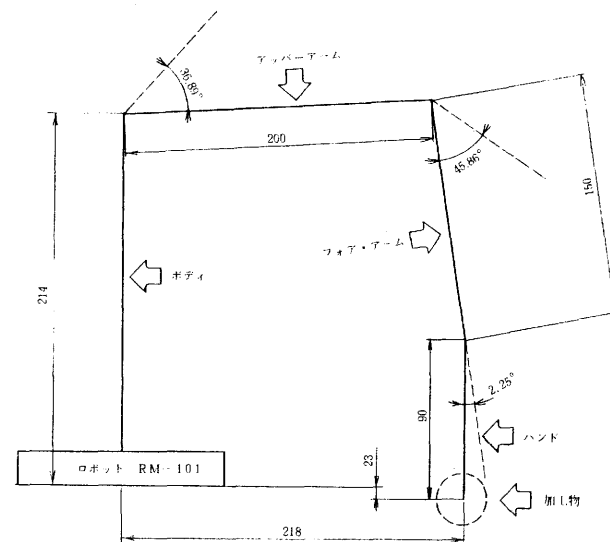


図2 各ステッピングモータの動作角度（A点の例）

3-2 ロボット駆動のワンボードマイコン

ステッピングモータ制御を実施しているマイコンTK-85でロボットをも制御することは、標準でユーザROM容量が残4Kあるので可能ではある。しかし、このTK-85の8255 I/Oポートに余裕がなく、ロボット制御のためには新たに8255 I/Oボードを増設する必要がある。また、新たなボード取付スペースが無いので、この面での負担軽減と、刀物台制御用ステッピングモータ動作中のロボット制御も可能とするため、2台のマイコンにより制御を実施することとした。

3-3 MAIN TK-85とSUB TK-85との信号伝達

MAINのTK-85とロボット制御用 SUB TK-85との信号伝達は、図3に示す信号を図9に示す各ポートにより相互に通信し、ロボットによるチャッキング開始、取外し、および各動作の終了した事を伝えた。

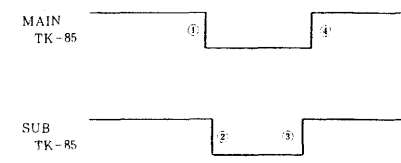


図3 2台のワンボードマイコンの信号通信

3-4 ロボット（ムーブマスタ RM-101）の駆動方法

ロボット駆動の基本は、図4に示すセントロニクス規格に準じたデータの伝送による。SUB TK-85とロボットとの結線を図5に示す。

BUSY信号は、ロボットがマイコン（TK-85）に命令の受付可否を示す信号で、STR信号

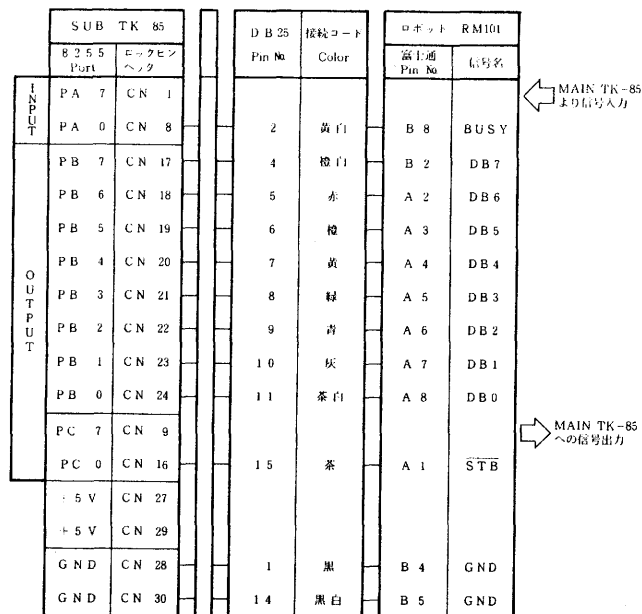


図5 SUB TK-85とロボットRM-101との接続

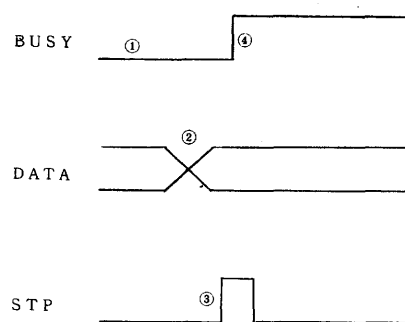


図4 セントロニクス規格に準じたデータ伝送タイミングチャート

は、マイコンがロボットに命令をデータ線D7~D0を使って送出したことを示す信号である。STR信号線が“L”レベルから“H”レベルに立上った時のデータ線D7~D0に送出されているデータを命令としてロボットは入力する。図6にロボット制御のフローチャートおよび図7にプログラムメモリマ

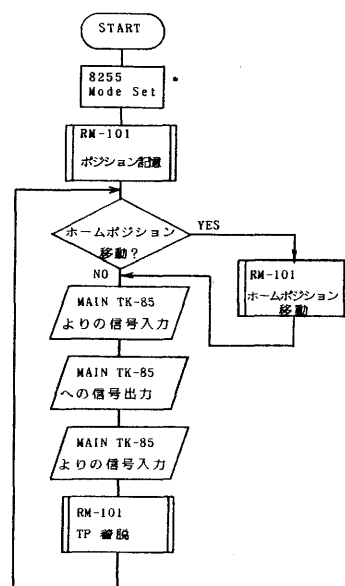


図6 ロボット制御フローチャート

ップに示す。

4. 旋盤制御プログラムの変更点

4-1 MAIN TK-85 (主に刃物台制御) プログラムの変更点

ロボット駆動のSUB TK-85と信号通信を、切削開始時および終了時に行った。これに伴い制御プログラムが、ROM2716 2Kバイト内にメモリ不能となった。そこで、昨年度の駆動プログラムの見直しを行い、安全のために行った何重もの論理演算を可能な限り簡素化し、サブルーチンをより階層化した結果、プログラム容量は約2Kバイトから約1.4Kバイトに減少した。このプログラムのメモリマップを図8に、MAIN TK-85とSUB TK-85のI/Oポート接続図を図9に示す。

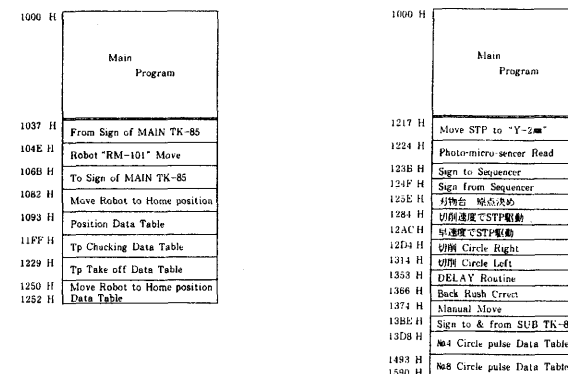


図7 SUB TK-85 プログラム メモリマップ 図8 MAIN TK-85 プログラム メモリマップ

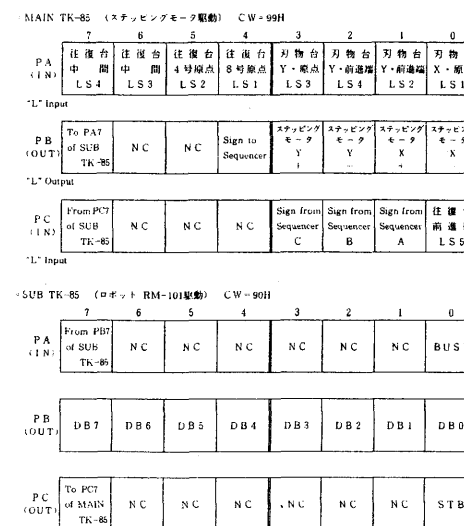


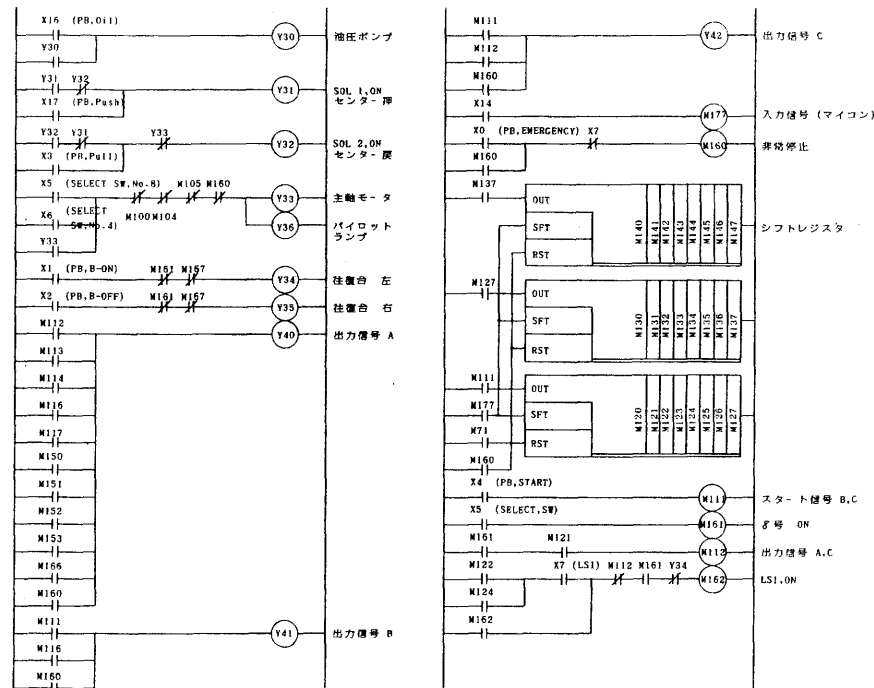
図9 マイコン入出力ポート配分

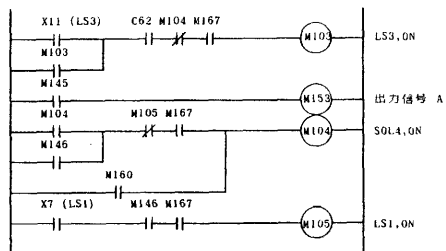
4-2 シーケンサプログラムの変更点

昨年度は、「START」スイッチで主軸回転であった。本年度、ロボットによる加工物チャック開始を指示する必要から「START」スイッチをこれに当て、4号および8号(8C)引張試験片加工選択スイッチで主軸回転する様変更した。

ところが、シーケンサのシフトレジスタ回路のリセットは、心押台のOFF(加工終了後、加工物取外しで必ずOFFするので)にて実施していた。今回、心押台のOFF状態(ロボットによる加工物搬送中)で、シーケンサプログラムを実行するとシフトレジスタが常にリセット状態となってしまう。心押台OFFの内部リレー接点は、シフトレジスタのリセットに使用できなくなった。全ての加工が終了し、ロボット搬送終了後作動する適当な内部リレーが無いので、毎回シーケンサを「STOP」してシフトレジスタをリセットする事にした。この面では操作性が若干後退した。図10にシーケンサ制御回路図を示す。

図10 シーケンサ制御回路図





5. 旋盤制御システム操作方法

表2に旋盤制御システム操作方法を示す。

表2 旋盤制御システム操作方法

操 作	動 作 お よ び 結 果
1. ロボットをマニュアル操作によりホームポジションに移動	ロボット駆動原点の記憶
2. MAIN TK-85 1000番地より RUN	
3. SUB TK-85 1000番地より RUN	
4. 「RUN」 PUSH	シーケンサ プログラム RUN
5. 「OIL ON」 PUSH	油圧ポンプ SW. ON
6. 「START」 PUSH	ロボットによる試料のチャッキング (締め付けは手動)
7. 「ON」 PUSH	心押台 センタ ON
8. 「No.4」 or 「No.8」 選択	主軸回転 4号もしくは8号(8C)引張試験切削加工
9. 「OFF」 PUSH	心押台 センタ OFF
10. 「STOP」 PUSH	ロボットによる試料取外し
以下4からの繰り返しして 切削加工	シーケンサプログラム STOP 各内部リレー初期状態復帰
11. 「EMERGENCY」 PUSH	緊急時に操作 往復台 原点 復帰 刃物台 " " 主軸回転停止
12. 「B-ON」 PUSH	往復台 原点 復帰
13. 「B-OFF」 PUSH	往復台 移動

- (1) ロボット自身にホームポジション(移動原点)を記憶させる必要から、マニュアル操作(RM-101 マニュアル参照)により、ロボットをホームポジション状態にする。
- (2) 2台のTK-85のプログラム実行は、MAINそしてSUB TK-85の順にする。これは、相互の信号伝達の関係からSUB TK-85から実行すると、「START」スイッチON以前にロボットが駆動する恐れがあるからである。
- (3) (1)、(2)より準備は完了し、以下表2の4～10の繰り返しにより切削加工を行う。
- (4) 「EMERGENCY」スイッチは、緊急時停止スイッチである。ONで往復台原点復帰、主軸停止、刃物台原点復帰をする。注意点として、油圧シリンダによる往復台原点復帰に対し、ステッピングモータによる刃物台原点復帰が遅いので、バイト刃先が加工物と干渉することもある。そこで往復台をその場で停止させればこの問題は生じないが、全体の安全面から検討した結果往復台原点復帰の方がより安全であろうと考えた。

6. 結果および考察

6-1 ロボットによる着脱時間

ロボット(ムーブマスタ RM-101)は、ステッピングモータ駆動でサーボモータ駆動に比較して動作速度が遅く、表3に示した様に加工物着脱時間は約1分40秒を要している。

表3 切削時間およびロボット動作時間

項 目	研究年度 5 7	5 8	5 9
ロボットによる加工物チャッキング	——	——	1 分 43 秒
ロボットによる外工物取外し	——	——	1 分 41 秒
4 号 試 験 片 切 削 加 工	——	約 7 分 0 秒	約 6 分 35 秒
8 号 (C) 試 験 片 切 削 加 工	約 6 分 2 秒	約 5 分 35 秒	約 3 分 40 秒
備 考	油圧系…ワイヤーロジック シーケンス マイコン系…パソコン BASIC & 機械語	油圧系…シーケンサ マイコン系…ワンボード マイコン 機械語	ロボット制御用 ワンボードマイコン 追加

6-2 切削加工時間短縮

昨年度の課題として、曲線部切削時、Y軸ステッピングモータがパルス巾を短くすると(速度を上げると)トルク不足から脱調現象を生じ加工時間短縮には限度があった。そこで、負荷トルク減少策として仕上切削代つまり曲線加工する際の取代をより小さくし、Y軸ステッピングモータの駆動パルス巾が少しでも均一になる様「DELAY ルーチン」のプログラムを変更した。その他、シーケンサとの通信、加工動作順序の見直しの結果、8号(8C)引張試験片加工で約5分35秒から約3分40秒への短縮が可能となった。

6-3 可搬重量の限界

ロボット可搬重量はカタログ値で500g、これに対して、加工対象物は8号(8C)引張試験片

で加工前約1300g、加工後約850gである。加工後の可搬は、今回のロボット動作において可能であったが、加工前の状態では、ステッピングモータのホールディングトルクを越え可搬は不可能であった。このことは、ロボット選択時から予想されていたが、この面からもロボットによる搬送はシミュレーション的なものとなった。

6-4 緊急時動作

昨年度、「EMERGENCY」スイッチを押しても、油圧系マイコン系とも緊急時動作をしない箇所があった。シーケンサの場合、メモリ容量の限界による駆動動作追加不能と、マイコンは、シーケンサとの緊急時動作信号通信をステッピングモータ駆動時に限定していたことによる。（これもメモリ容量限界が一因）

今年度、シーケンサ、マイコンともプログラムの見直しによりメモリ容量の余裕が生じ、全ての箇所において緊急時動作が可能なプログラムとなった。

7. 結 言

57年度から3ヶ年計画で実施してきた研究も本年度で終了である。主な研究の課題は、

- (1) 57年度……汎用旋盤のワイヤロジックシーケンス、パソコンによる制御
- (2) 58年度……シーケンサ、ワンボード・マイコン制御への変更
- (3) 59年度……ロボット制御および旋盤制御システムの完成であった。

以上より、次の様な成果が得られた。

- (1) パソコンでも機械制御は十分可能である。但し、ノイズ対策を十分に施す必要がある。
- (2) ワンボード・マイコンとシーケンサとの活用により、汎用旋盤の簡易NC化が比較的簡単に安い経費で可能である。
- (3) ワンボード・マイコン TK-85の耐ノイズ性は、近くに主軸モータおよび他の工作機械がある環境でも安定した動作を示している。実施した主なノイズ対策は、信号線のシールド・ケーブル化、アルミシャーシによる基板遮閉、フォトカプラの採用等である。
- (4) 対象とした旋盤サイズが小さく、市販の油圧チャックおよびボールねじが使えなかった。市販部品の適合性の十分なチェックも当然のこととして必要である。
- (5) 本年度マイコンのプログラムの根本から見直しを図った結果、プログラムサイズの約2Kバイトから約1.4Kバイトへと大巾に小さくなり切削時間短縮の一助ともなった。当然のことではあるがプログラムは小さな検討の積み重ねにより効率的なものとなると感じた。

〔参考文献〕

- (1) 太平洋工業株式会社 制御用マイコン研究会、機械設計、27-10 (1983), 125
- (2) 伊藤健一、アース回路 (日刊工業新聞社), 1984
- (3) 見城尚志、小型モータの基礎とマイコン制御 (総合電子出版社), 1984
- (4) 海老原大樹、岩佐孝夫、ステッピングモータ活用技術 (工業調査会), 1984

マイクロコンピュータの応用技術に関する研究

技師 宮 川 栄 一

技師 月 瀬 寛 二

1. 緒 言

当所における依頼試験実施件数は年々増加しており、受付事務や試験成績書の作成に多大な労力と時間を費さねばならなくなっている。また、受付の手数料計算や統計データの処理も手作業で行っており、処理すべきデータ数は膨大する一方である。

ところで、現在最先端技術の一つとして、マイクロコンピュータがある。これは近年、事務の合理化・省人化等に寄与するため、現在は大企業から中小企業に至るまで多数取り入れられており、導入している県内自治体も多数ある。

この研究で、最先端技術の一つであるマイクロコンピュータ技術を習得して、現在の依頼試験事務をシステム化し、省人化が図れることを期待してマイクロコンピュータ応用の受付事務、試験データの入力および試験成績書の作成システムのソフトウェアを開発したのでここに報告する。

2. 現状の受付事務と試験成績書作成の作業分析

この研究では、受付事務・試験データの入力等の処理をコンピュータで行うため、依頼試験内容をコード化する必要がある。

このため、現在当所で行われている依頼試験を大きく分けてコード化し、表1に示すように、すべての試験をコードAO=1~10に大分類した。また、各々の試験をさらに細分化し、表2に示すコードC=1~35 (コード数28) に小分類化した。

表1 依頼試験大分類コード

コード番号	依頼試験の種類
AO=01	材料試験
AO=02	組織試験
AO=03	腐食試験
AO=04	耐寒試験
AO=05	分析試験
AO=06	鋳物砂試験
AO=07	精密測定試験
AO=08	高周波表面電入試験
AO=09	その他特殊試験
AO=10	複 本

表2 依頼試験小分類コード

コード番号	試 験 の 種 類
C=01	硬さ試験
02	硬さ分布試験
03	引張試験
04	圧縮試験
05	抗折試験
06	曲げ試験
07	剪断試験
08	衝撃試験
09	降伏点試験
10	耐力試験
11	伸び試験
12	絞り試験
13	金属顕微鏡写真
14	メッキ腐食試験
15	定性分析
16	定量分析
17	PH測定
25	長さの測定
26	角度の測定
27	ねじの測定
28	表面粗さ測定
29	メッキ厚測定
30	フロッグゲージの測定
31	ゲージの測定
32	複本、和文
33	複本、英文
34	浸漬試験
35	塩水噴霧試験

表3 パターン化された試験の分類コード

コード番号	試 験 の 内 容
B=1	F.C. 抗折、引張、硬さ
B=2	F.C.D. 引張、耐力、伸び
B=3	B.C. 引張、伸び
B=4	F.C.D. 引張、耐力、伸び、硬さ
B=5	B.C. 引張、耐力、伸び
B=6	F.C. 定電 (C, Si, Mn, P, S)
B=7	F.C.D. 定電 (C, Si, Mn, P, S)
B=8	B.C. 定電 (Cu, Sn, Zn, Pb)

ところで、当地はパルプの産地であり、この分類の中で、材料試験および分析試験について、依頼内容がパターン化されたものが多く、材質もFC、FCD、BCに集中している。このことから、パターン化している試験項目の組み合わせをさらにコード化したものが表3である(コードB=1~9)。

3. ハードウェアの概要

3-1 ハードウェアのシステム構成

図1に今回使用したパーソナルコンピュータのシステム構成を示す。一般的なパーソナルコンピュータであるシャープ製MZ-2000を受付事務および統計用に使し、NEC製PC-8801を試験データの入力および試験成績書の印刷用に使った。

これは、MZ-2000あるいはPC-8801のみではメモリ容量が絶対的に不足していることと、付属しているフロッピーディスク

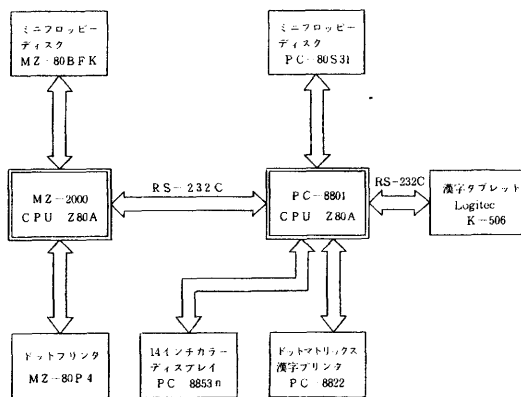


図1 ハードウェアシステム構成

ク(2 Drives)では、プログラムのSaveおよびランダムファイルの作成が困難であるためであり、2台を同時に使用しているのは、受付事務・試験データの入力および試験成績書の印刷が同時に処理できないハード上の制約からである。

また、PC-8801側を試験成績書の印刷に用いたのも、漢字ROMボードがPC-8801側にしかないためである。

3-2 パーソナルコンピュータの基本仕様

表4に各パーソナルコンピュータの基本仕様を示す。この中でPC-8801での印刷にメモリを大量に使用するため、128KバイトRAMを増設した。

表4 パーソナルコンピュータ基本仕様

機種	SHARP MZ-2000	NEC PC-8801
CPU	SHARP LH0080A Z-80A	μPD780C-1 Z-80A
メモリ	ROM 4Kバイト RAM 64Kバイト	ROM 40Kバイト RAM 64Kバイト 増設RAM 128Kバイト

3-3 パーソナルコンピュータのメモリマップ

図2、3に各パーソナルコンピュータのメモリマップを示す。

3-4 RS-232Cインターフェイスのピン配置と機能

図4に各パーソナルコンピュータに接続されるRS-232Cインターフェイスのピン配置および

その機能を示す。

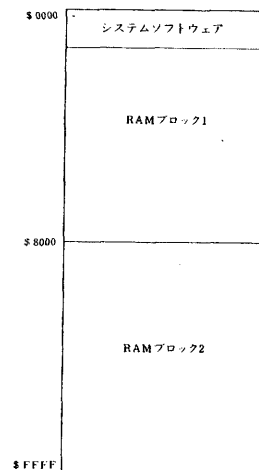


図2 MZ-2000メモリマップ

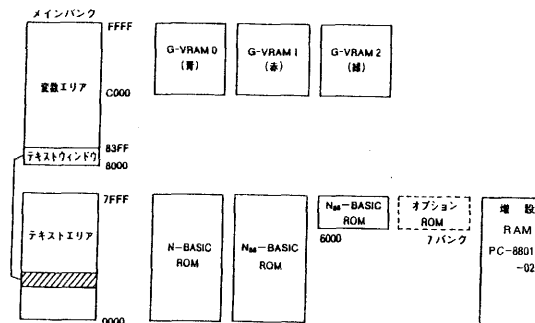
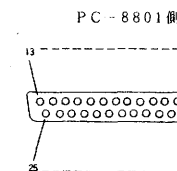
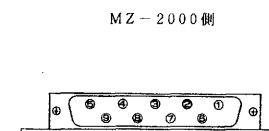


図3 PC-8801メモリマップ



信号名	ピン番号	機能
GND	1, 7	1: 機壳アース 7: 信号用アース
TXD	2	送信データ
RxD	3	受信データ
RTS	4	モデムへの送信要求
CTS	5	モデムからの送信可能信号
DSR	6	モデムからの動作可能信号
DCD	8	キャリア検出
RXC	17	受信クロック入力
DTR	20	ターミナルの動作可能信号
TXC	24	送信クロック出力



信号名	ピン番号	機能
GND	1	保安用アース
TXD	2	送信データ
RxD	3	受信データ
RTS	4	送信要求
CTS	5	受信可能
DTR	6	データターミナルレディー
DCD	7	受信可能
GND	8	信号用アース
	9	N.C

図4 RS-232Cのピン配置と機能

4. ソフトウェアの概要

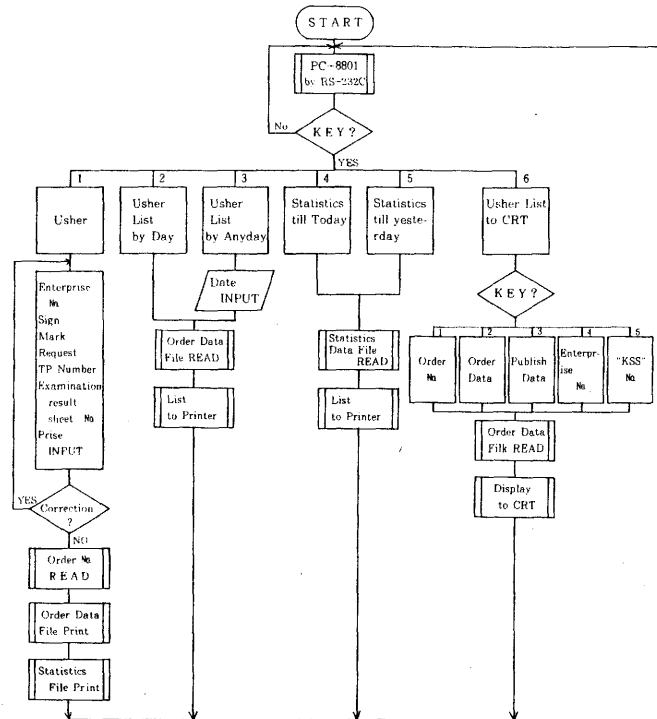
4-1 フローチャートの作成

受付事務および試験データの入力はすべてMenuが表示され、対話形式であり、要求されているデータを入力するだけで、誰でも使用できるプログラムに作成した。

4-1-1 受付事務フローチャート

図5に受付事務フローチャートを示す。MZ-2000の受付プログラムは、大きく分けて6種

図5 受付事務フローチャート



類のサブルーチンから成っている。通常は、PC-8801とのRS-232Cデータ転送要求のスクラン、および各Menu選択キースキャンを行っている。

まず、受付のサブルーチンでは、依頼試験の受付を処理するルーチンである。企業コードNo、符号、材質、依頼項目、試料数、発行枚数および手数料等の入力を行って行う。以後、受付データファイルに入力し、統計データファイルの更新を行う。

受付リストサブルーチンは、一日終了後その日の受付リストをプリントアウトするルーチンと、年月日を指定しその日の受付リストをプリントアウトするルーチンとがある。

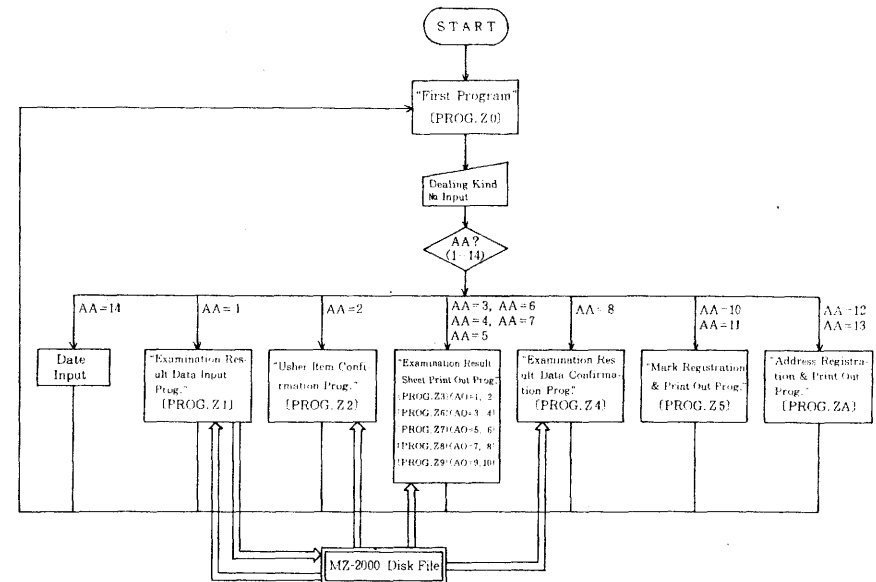
統計リストサブルーチンは、一日終了後の統計と、昨日までの統計リストプリントアウトサブルーチンがある。一日終了後の統計リストをプリントアウトする際、月計、年計とも更新される。

受付リストCRT表示サブルーチンは、整理番号、受付日、発行日、企業コードNo、機指試Noのいずれかを指定すれば、最新受付から逆に受付ファイルのサーチを行い、マッチすれば受付各項目、発行日および機指試NoをCRT表示する。

4-1-2 試験データ入力・試験成績書印刷ブロック図

図6に試験データ入力・試験成績書印刷のブロック図を示す。各々の処理ルーチンを一つの

図6 試験データ入力・成績書印刷ブロック図



プログラムにSaveしており、メインプログラムと処理プログラム併せて11のプログラムによって構成している。

コンピュータを始動すれば、後述するIDセクタの書き換えにより自動的に“First Program”がRunされ、処理できるMenuがCRT表示される。通常は、MZ-2000とのRS-232Cデータ転送スキャンを行っており、HELPキーにより各Menu選択モードに移る。

処理Noの入力により分岐し、それぞれのサブプログラムがRunされた後処理に移る。

試験データの入力 (PROG. Z0)、受付事項の確認 (PROG. Z2)、試験成績書の印刷 (PROG. Z3, Z6, Z7, Z8, Z9)、試験データの確認 (PROG. Z4) のプログラムについては、RS-232CでMZデータファイルからデータ転送を行う。

必要な処理が実行された後は、“First Program”がRunされ、最初の処理Menuに戻る。

4-1-3 試験データ入力フローチャート

図7に試験データ入力プログラムのフローチャートを示す。“First Program”より分岐しRunされた後、整理番号入力モードがCRT表示される。試験データ入力は、整理番号30個分が入力可能で、連続してできる。入力の最後は、Returnキーにより“0000”が入力される。

整理番号を入力した後、入力用画面がCRT表示され、最初の整理番号から順次試験データ入力処理に移る。

まず、試験データ入力したい整理番号の受付データが必要であるため、RS-232CでMZ受付ファイルよりデータ転送を行う (Z\$(1)~Z\$(20), 20行)。受信した受付データに

一連の入力作業が終了した後、次の入力整理番号に移る。順次入力終了後、整理番号が“0000”になり次第、“First Program”に戻る。

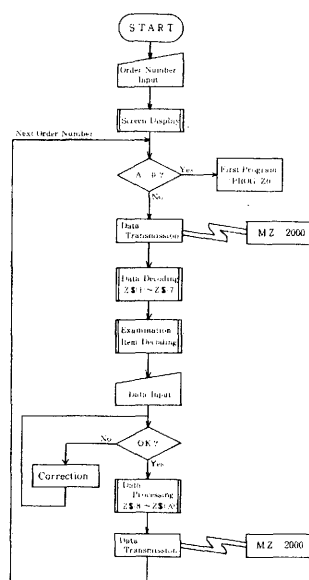


図7 試験データ入力プログラム
フローチャート

4-1-4 試験成績書の印刷フローチャート

まず、試験データ入力プログラムと同様に、整理番号が30個まで入力できる。ところが、現在Runされているプログラムに入っていない試験の印刷は、今のところ“First Program”により選択しなければならない。しかし、これを改良すれば、印刷作業の大量夜間無人運転が可能である。入力の最後は同様にReturnキーにより“0000”が入力され、最初の整理番号から順次印刷に移る。

はじめに、RS-232Cにより、MZデータファイルからデータ転送(Z\$(1)~Z\$(20))を行い、受信した受

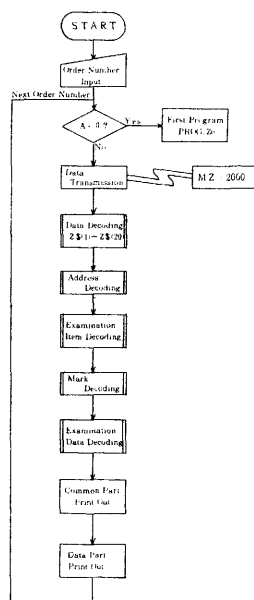


図8 試験成績書印刷プログラムフローチャート

順次印刷作業が行われた後は、試験データ入力と同様“First Program”に戻る。

4-2 受付データ・試験データのファイル化

4-2-1 受付データファイルマップ

詳細を図9に示す。

	1	10	20	30	3																										
Z \$(0) =	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	1																			
	最終受付の 最後の整理番号 最初の整理番号 ディスク行番号																														
Z \$(1) =	0	0	0	1	0	0	6	0	0	3	1	8	1	2	3	4	5	6	7	3	T	1	1	2	0	0	0	0	1		
	整理番号				受付日				企業コードNo				試料 数		単 位 数		手数料		試料 調整数												
Z \$(2) =	ア	ー	1	2	3	4		イ	ー	5	6	7	8		ウ	ー	9	0	1	2											
	荷 号																														
Z \$(3) =	エ	ー	3	4	5	6		オ	ー	7	8	9	0		カ	ー	1	2	3	4											
	荷 号																														
Z \$(4) =	キ	ー	5	6	7	8		ク	ー	9	0	1	2		ケ	ー	3	4	5	6											
	荷 号																														
Z \$(5) =	0	1	2	0			1	0	1	2	5			1	0	2	4	5													2
	種類・記号・試料数																														
Z \$(6) =	0	2	5	0			1	0	3	6				3	0	3	3														1
	種類・記号・試料数																														
Z \$(7) =	A	0	5	C	0	1	0	2	0	3	0	4																			
	大分類				小分類コード																										

図9 受付データ・ファイルマップ

まず、ファイル管理データはZ\$(0)に4バイトずつ先に述べた3データを格納する。受付ファイルデータ1行目Z\$(1)は図で示す通り、受付整理番号(4バイト)、受付日(6バイト)、企業コードNo(7バイト)、試料数(1バイト)、試験成績書の単記・連記印刷の区別(1バイト)、発行枚数(1バイト)、手数料(6バイト)、試料調整数(1バイト)を割り当てている。2行目Z\$(2)から4行目Z\$(4)には、試料の符号(10バイト)を最大9個まで格納できる。5行目Z\$(5)と6行目Z\$(6)には、材質で種類・記号そのままの文字、または、登録記号コード(9バイト)と、同種の試料数(1バイト)を6種類まで格納できる。7行目Z\$(7)は、試験の内容、つまり、試験の種類の大分類コード(3バイト)と、パターン化された試験の分類コード(3バイト)、または、小分類コード(1バイト+1試験項目2バイト)を割り当てており、小分類コードは13まで格納可能である。

以上のZ\$(1)からZ\$(7)までの7行により受付データファイルマップを構成している。

4-2-2 試験データファイルマップ

受付データファイルには、1つの整理番号につき32バイト20行のデータから構成されているが、受付データZ\$(1)からZ\$(7)の7行を除くZ\$(8)からZ\$(20)までの13行に試験データを格納する。そのデータ配置の概要を図10に示す。

8行目Z\$(8)から16行目Z\$(16)

までは試験データ部として、試験の結果得られた各データの格納に割り当てており、17行目Z\$(17)から19行目Z\$(19)までは、備考データ部として備考データの格納に割り当てている。Z\$(17)の最初の2バイトにその備考数を割り当て、その後の30バイトに備考文字を割り当てている。

最後の行Z\$(20)は管理データ部として、発行年月日(6バイト)、発行枚数(1バイト)、この受付整理番号の最初の機指試No(4バイト)を割り当てている。

以上のZ\$(8)からZ\$(20)までの13行により試験データファイルマップを構成している。

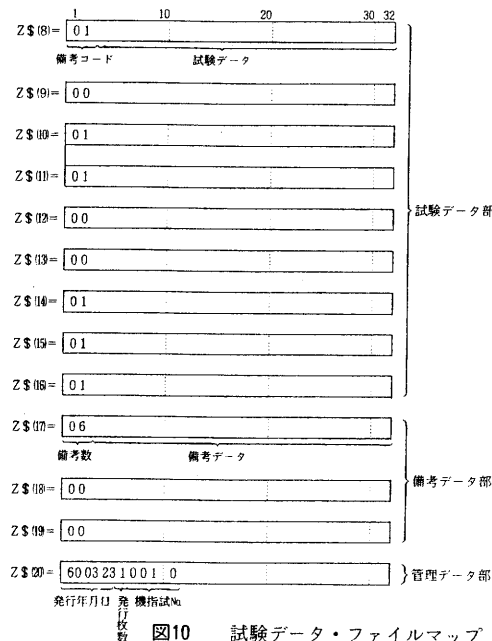
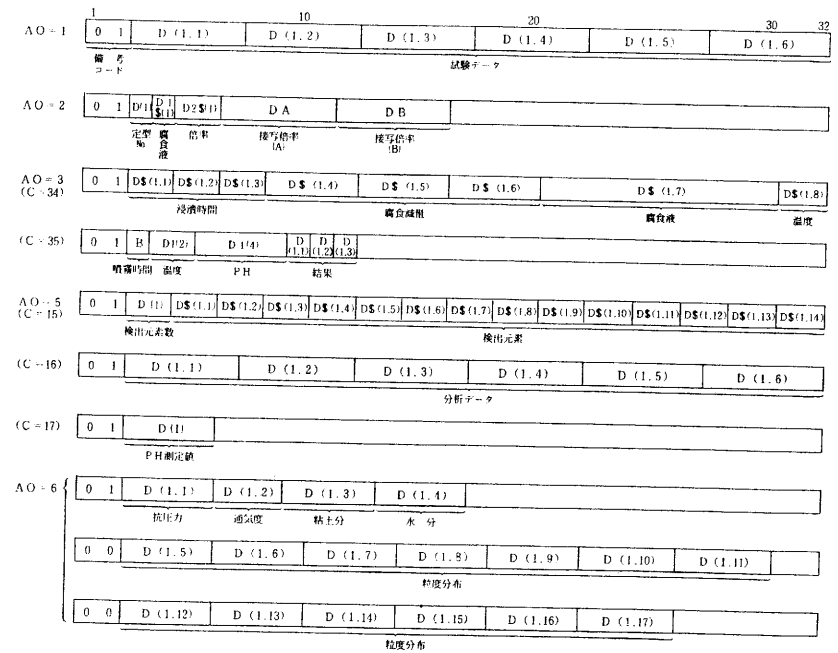


図10 試験データ・ファイルマップ

4-2-3 各試験毎のデータファイルマップ

さきに試験データファイルマップを示したが、各試験によってデータの形式や内容が異なるため、各試験に応じた加工プログラムを作成した。図11に各試験データの割り当てを示したデータ

図11 各試験のデータファイルマップ



ファイルマップを示し、その概要を説明する。

すべての試験に共通して、最初の2バイトにその試料の備考データの有無コード(有:01、無:00)を割り当てており、残る30バイトを試験データの格納に割り当てている。試験データ部のうち、余ったファイルデータには、32バイトすべてに“0”を格納する。

まず、材料試験(AO=1)では、受付した試験項目順に、順次1試験データを5バイトずつに加工したデータを割り当ててゆき、1行に最大6データ(30バイト)を格納する。試験項目が6項目を越えた場合は、1試料につき30バイト2行のデータを使用する(2行目の割り当て方法は1行目と同じ)。

組織試験(AO=2)では、パターン化された腐食液、倍率の組み合わせコード(1~3)を1バイト、続いて、腐食液コード(1~8)を1バイト、倍率コード(9~12)を2バイトで格納し、接写の場合はその後に倍率の2データを5バイトずつ格納しており、加工形式は定型である。

腐食試験(AO=3)のうち浸漬試験(C=34)では、浸漬時間3データは2バイトずつ割り当て、腐食減量3データは4バイトずつ割り当てる。続いて、腐食液(文字データ)を10バイト、腐食温度を2バイト割り当てており、これも定型である。

塩水噴霧試験(C=35)では、噴霧時間コード(1~3)を1バイト、試験条件中試験温度を2バイト、PHを4バイト割り当てた後、3つの試験結果を1バイトずつ割り当てて格納しており定型である。

分析試験 (AO = 5) のうち定性分析 (C = 15) では、最初の2バイトに検出元素数、以後の28バイトに1元素2バイトずつで最大14元素まで格納する。

定量分析 (C = 16) は材料試験の加工形式と同一である。

PH測定試験 (C = 17) では、最初の4バイトにPH測定値を格納する。

最後に、鋳物砂試験 (AO = 6) では、試験項目数が多いため、1試料の試験結果につき30バイト3行のファイルデータを使用する。最初の1行目には、抗圧力を4バイト、通気度を3バイト、粘土分を4バイト、水分を4バイト割り当てて格納する。その次の2行を使用して、粒度分布13試験データを1データ4バイトずつ使用して格納する。

4-2-4 統計データファイルマップ

図12に統計データファイルマップを示す。統計は、大分類コード01~10と、小分類コード01~12、15~17で、つまり、材料試験と分析試験はより詳しい統計をとっている。手数料と試験数の合計の統計である。

1回の受付が終了すると、受付データファイルに書き込んだ後、統計データの日計を更新する。1日の受付がすべて終了した時点で統計LIST/DAYを選択すると、日計、年計の統計がすべて更新され、プリンタに手数料合計、試験数合計が出力され、日計、月計、年計の総合計も計算し、出力する。

統計データメモリ容量は、32バイト×78行=2496バイトである。

STATISTICS\$	1	10	20	30	32
(1)=	6	0	0	3	2
	統計データ日(日計)				
STATISTICS\$	1	2	3	4	0
(2)~(11)=	合計手数料(日計) 合計試験数(日計)				
	大分類コード 01~10				
STATISTICS\$	9	8	7	0	0
(12)~(26)=	合計手数料(日計) 合計試験数(日計)				
	小分類コード 01~12, 15~17				
STATISTICS\$	6	0	0	3	1
(27)=	統計データ月(月計)				
STATISTICS\$	1	2	3	4	0
(28)~(37)=	合計手数料(月計) 合計試験数(月計)				
	大分類コード 01~10				
STATISTICS\$	9	8	7	0	0
(38)~(52)=	合計手数料(月計) 合計試験数(月計)				
	小分類コード 01~12, 15~17				
STATISTICS\$	6	0	0	3	1
(53)=	統計データ年(年計)				
STATISTICS\$	1	2	3	4	0
(54)~(63)=	合計手数料(年計) 合計試験数(年計)				
	大分類コード 01~10				
STATISTICS\$	9	8	7	0	0
(64)~(78)=	合計手数料(年計) 合計試験数(年計)				
	小分類コード 01~12, 15~17				

図12 統計データ・ファイルマップ

4-3 入力数および試験項目の制限

表5 入力時の制限数

	制限数(最大)
1. 試料	9試料(鋳物砂試験3試料)
2. 符号	10文字
3. 種類	9文字(コード化16文字)
4. 記号	10文字
5. 備考	18文字(備考数5以下の時) 10文字(備考数6以上の時)

先に示した受付データファイルマップ、および、試験データファイルマップより、受付データについては、32バイト×7行=224バイト、試験データについては、32バイト×13行=416バイトにデータを格納するために、おのずと入力データ数、文字数が制限されるので、入力可能な最大数をまとめる

と表5のようになり、試験毎の項目数も表6のように制限される。

表6 試験項目の制限数

試験の種類	制限数(最大)
1. 材料試験	10項目(試料数4以下) 6項目(試料数5以上)
2. 組織試験	定型5項目
3. 腐食試験	浸漬試験 定型8項目 塩水噴霧試験 定型6項目
4. 耐寒試験	10項目(試料数4以下) 6項目(試料数5以上)
5. 分析試験	定性分析 14元素 定量分析 10元素(試料数4以下) 6元素(試料数5以上) PH測定 定型1項目
6. 鋳物砂試験	定型17項目
7. 精密測定試験	10項目(試料数4以下)
8. 高周波表面焼入試験	6項目(試料数5以上)
9. その他特殊試験	

4-4 RS-232Cインターフェイスによるデータ転送と割り込み処理

パーソナルコンピュータMZ

-2000とPC-8801間のデータ

転送をRS-232Cで行うこと

は先に述べたとおりであるが、

機種が異なり、また、MZ-2000

は簡単な割り込み処理がBAS

ICでSupportされていないた

め、図13(MZ-2000)、図14(P

C-8801)に示すプログラムを

作成して使用した。つまり、P

C-8801では割り込み処理のコ

マンド(ON COM GOSUB)が

あるため、随時信号の受信が可

能であるが、MZ-2000では同

様のBASICコマンドがないので、

次に述べる工夫をした。

通常、MZ-2000はキー入力

図13 RS-232Cデータ転送サブルーチン(MZ-2000)

```

10 REM *****
20 REM * RS-232C Transmission Subroutine *
30 REM *****
40 REM
50 RSMODE A:RB,T8,M79,RX1
60 RSD A:DATE$;RSI A:X$
70 IF X$="PASS" THEN RSMODE RX0:RETURN
80 IF (LEFT$(X$,2)="ZC")+(MID$(X$,2,2)="ZC") THEN 110
90 IF (LEFT$(X$,2)="PM")+(MID$(X$,2,2)="PM") THEN 110
100 RSMODE RX0:RETURN
110 FOR I=1 TO 500:NEXT I:RSI A:RB$
120 XOPEN #1,FD1,"UKETSUKE DATA":INPUT #1(1),X$
130 GOSUB 220:IF (RB<=ORDER)*(RB>=FST) THEN 170
140 CLOSE #1:XOPEN #1,FD2,"UKETSUKE DATA":INPUT #1(1),X$
150 GOSUB 220:IF (RB<=ORDER)*(RB>=FST) THEN 170
160 CLOSE #1:GOTO 120
170 RSD A:RB$;RSI A:RB$
180 IF MID$(RB$,2,2)="ZC" THEN 230
190 IF MID$(RB$,2,2)="PM" THEN 310
200 ORDER=VAL(MID$(X$,5,4)):FST=VAL(MID$(X$,9,4))
210 RB=VAL(RIGHT$(RB$,4)):RETURN
220 REM
230 REM ---PCOUT---
240 A=RB-FST+1:FOR I=1 TO 20
250 INPUT #1((A-1)*20+1+I),X$
260 IF X$="" THEN X$="00000"
270 IF (I)=17*(I<=19) THEN INPUT #1((A-1)*20+1+I+200*20),Y$
280 IF (I)=17*(I<=19) THEN X$=LEFT$(X$,20)+LEFT$(Y$,20)
290 RSD A:X$:NEXT I:CLOSE #1:RETURN
300 REM
310 REM ---PCIN---
320 A=RB-FST+1:FOR I=1 TO 20
330 RSI A:PM$(I):NEXT I:RSMODE RX0
340 FOR I=8 TO 20:PRINT #1((A-1)*20+1+I),MID$(PM$(I)
350 NEXT I:RSMODE RX0
360 Z=(A-1)*20+1+200*20
370 IF (I)=17*(I<=19) THEN PRINT #1(Z),MID$(PM$(I),22,20)
380 NEXT I:CLOSE #1:RETURN

```

モードにあり、定期的にPC-8801に割り込みをかけている。PC-8801は割り込みがなかった時、データ転送の必要がない場合は“PASS”を返送する。

PC-8801がMZファイルデータを必要とした時は、このデータ“PASS”を変更する。つまり、データ転送の必要性はPC-8801側だけにあるため、まず、ファイルデータをMZ-2000からPC-8801に転送する場合、“PASS”に代り、“ZC”+整理番号(例、0001)の6バイトデータをMZ-2000に送信する。MZ-2000が受信可能なモードになった時、信号データ“ZC0001”を受信する。受信すればただちに同じ信号“ZC0001”を送信する。これを受信したPC-8801はMZ-2000と同様、ただちに信号“ZC0001”を送信してデータ転送(受信)の意をMZ-2000側に伝える。

以上の処理が終了した後初めてファイルデータ20行のデータ転送を開始する。

同様にPC-8801からMZ-2000へデータ転送する場合、データ“PASS”を“PM”+整理番号に変更してデータ転送(送信)の意を伝えた後、ファイルデータ20行のデータ転送を開始する。

いずれも処理が終了した後は、通信データは再度“PASS”に変更され、通常のモードに戻る。

4-5 漢字プリンタ

この研究で使用したドットマトリックス漢字プリンタ(PC8822)は、18ピンドットヘッドを有し、かつ、漢字ROMボード(JIS第一水準)が内蔵されており、試験成績書の印刷に漢字を使用した。

その他各印字文字は、ハイデンシティパイカ文字(ドット構成:13×9)、エリート文字(7×7)および漢字の拡大文字、強調文字を使用した。

また、印字方向は、両方向印字モードでは縦線が微妙にずれるため、片方向印字モードを採用した。このため若干印刷速度が遅くなる。

4-6 IDセクタの書き換え

通常、ID部には1セクタ(256Kバイト)が割り当てられており、システムディスクではファイル数として255が指定されている。N⁸⁸-DISK-BASICをスタートさせる時は、自動的にファイル数が設定され、BASICテキストの内容が自動的に実行される。

このため、IDセクタを書き換えて、“First Program”[PROG.ZO]を自動的に実行させ、

図14 RS-232Cデータ転送
サブルーチン(PC-8801)

```
10 *****
20 * RS-232C Transmission Subroutine *
30 *****
40
50 ON COM GOSUB *RS:COM ON:RS*="PASS"
60
70 *RS:COM OFF:INPUT #2,CATCH*:PRINT #2,RS*
80 IF RS*="PM":X$ THEN RS=1:RETURN
90 IF RS*="ZC":X$ THEN RS=2:RETURN
100 COM ON:RETURN
110
120 ***** MZIN
130 *MZIN:RS*="ZC":X$:IF RS<>2 THEN *MZIN
140 OPEN "com:E82" FOR OUTPUT AS #2
150 PRINT #2,RS*:CLOSE
160 OPEN "com:E82" FOR INPUT AS #2
170 INPUT #2,Y$:CLOSE
180 OPEN "com:E82" FOR OUTPUT AS #2
190 PRINT #2,RS*:CLOSE
200 OPEN "com:E82" FOR INPUT AS #2
210 FOR I=1 TO 20:INPUT #2,Z$(I):NEXT I
220 RS*="PASS":RETURN
230
240 ***** MZOUT
250 *MZOUT:RS*="PM":X$:IF RS<>1 THEN *MZOUT
260 OPEN "com:E82" FOR OUTPUT AS #2
270 PRINT #2,"PM":X$:CLOSE
280 OPEN "com:E82" FOR INPUT AS #2
290 INPUT #2,Y$:CLOSE
300 OPEN "com:E82" FOR OUTPUT AS #2
310 PRINT #2,"PM":X$:CLOSE
320 OPEN "com:E82" FOR INPUT AS #2
330 FOR I=1 TO 20:PRINT #2,Z$(I):NEXT I
340 RS*="PASS":RETURN
```

プログラムのLoad, Runの手間を省略した。

4-7 ファイルポインタとファイルバッファ

パーソナルコンピュータ本体と周辺装置とのデータのやりとり

は、ファイルバッファを介して行われ、ファイルバッファの先頭アドレスを示す2バイトのファイルポインタ、9バイトの作業領域(FCB)および256バイトのI/Oバッファから構成されている。この研究では、RS-232Cの入出力およびPC-80S31フロッピーディスクの入出力との接続から、図15に示すとおり、ファイル数を2にセットし、#1、#2ファイルバッファを設定した。

4-8 ランダムファイルの作成(記号、住所録)

依頼者の企業名、住所および材料のJISに基づく種類名についてランダムファイルを作成し、必要な任意の漢字コードをサーチできるようにした。

企業名および住所については、大きく分けて2つのランダムファイルから成っており、1つは市町村名漢字コード(県下50)でコードNo101~150に指定し、県外市町村についてはコードNo100を指定して、PCフロッピーディスクDrive1にファイルした。

もう1つは、企業名および住所の漢字コードであり、ディスクメモリ容量の関係から企業コードNo0001~0600まで指定し、Drive2にファイルした。

0600以上の企業コードNoを登録する場合は、別のディスクが必要となる。

図15 ファイルポインタと
ファイルバッファ

file数=2
テキスト・ウィンドウ
ディスクコード ドライブポインタ
#0ポインタ
#1ポインタ
#2ポインタ
ドライブ テーブル
#0バッファ
#1バッファ
#2バッファ
ラベルテーブル

4-9 高速画面クリア

PC-8801での受付事項の確認、試験データの入力等について、必要事項がCRT表示されるが、G-VRAMを使用しているため、他の処理

モードに変わった時の画面消去に時間がかかる。そこで、図16に示すサブルーチンをプログラムの最初に実行しておくことにより、G-VRAMが高速でクリアされるため、コマンドCMDを随時実行し、高速で画面消去した。

図16 高速画面クリアサブルーチン

```
10 *****
20 * HCLS Subroutine *
30 *****
40
50 *HCLS
60 RESTORE 160
70 FOR I=&H866A TO &H8688
80 READ D$
90 POKE I,VAL('&H'+D$)
100 NEXT I
110 CH=&HEEB6:POKE CH,&HC3
120 POKE CH+1,&H68
130 POKE CH+2,&H86
140 RETURN
150
160 DATA 00,F3,D9,3E,5C,4F,ED,79
170 DATA 21,00,C0,11,01,C0,01,7F
180 DATA 3E,36,00,ED,B0,3C,FE,5F
190 DATA 20,EB,D3,5F,D9,FB,C9
```

4-10 処理時間

今回開発したプログラムによる各処理時間および印刷時間を以下に示す。ただし、2台のパーソナルコンピュータ間のデータ転送に22秒かかり、()内はデータ転送時間を除く時間を示している。このため、コンピュータの二台化を図れば、

この時間で処理可能となる。時間はすべて受付1件（1整理番号、1試料）についてかかるものを示す。

MZ-2000側（受付事務）

- (1) 受付時間 1分17秒
- (2) 受付リストの出力時間 2分15秒
- (3) 1日終了後の統計出力時間 2分20秒
- (4) 受付事項サーチ（キーワード：整理番号、受付日、発行日、企業コードNo、機指試No）
..... 11秒

PC-8801側（試験データ入力、試験成績書印刷）

- (1) 試験データの入力（Load時間：19秒） 1分13秒（51秒）
- (2) 試験成績書の印刷（Load時間：28秒）
 - 単独印刷（1件） 6分26秒（6分4秒）
 - 連続印刷（2件以上） 5分33秒（変らず）
- (3) 受付事項サーチ（Load時間：11秒、キーワード：整理番号） 39秒（17秒）
- (4) 試験データサーチ（Load時間：13秒、キーワード：整理番号） 30秒（8秒）
- (5) JIS記号の登録（Load時間：11秒） 43秒（転送なし）
- (6) 住所録への登録（Load時間：14秒） 1分0秒（転送なし）

5. 結 言

本研究で開発したプログラムで、現在の手作業で行われている受付事務および試験成績書の印刷（一部の試験でプログラム未作成）のコンピュータ処理が概ね可能となり、各種データ類のファイル可が可能となった。

また、試験成績書の印刷では、試験毎の夜間連続運転が可能となり、複本の発行も簡易になった。日計、月計、年計等の統計も容易にとれるようになり、依頼者からの問い合わせがあった場合、受付データおよび試験データのサーチが容易になった。

今回開発したプログラムの応用として、住所録のランダムファイルの応用が考えられ、これを利用すれば、講習会等の案内や、文書発送の住所・企業名の自動印刷が可能となる。

しかし、問題点として次のことがあげられる。

- (1) 現在の手作業内容を100%コンピュータ化することは困難で、100%処理しようとすれば、現在の受付事務、試験成績書の発行をコンピュータ処理可能のようにシステム化する必要がある。
- (2) 使用したパーソナルコンピュータの機種が異なるためと考えられるが、RS-232Cインターフェイスによるデータ通信の際、MZ-2000側でPC-8801側から短時間に連続して“PASS”送信した場合（試験データ入力時）、Framing ErrorまたはOverrun Errorの発生がありプログラムが停止することがある。これを解決するには、使用するパーソナルコンピュータを同一系統のものに統一することが望ましい。
- (3) 今回使用したプログラム言語はいずれもBASICであり、このため処理速度が遅く、他的高级言語への転換、または、使用するコンピュータを上位機種である16ビットマイコンにする必要がある。

(4) 今回使用したPC-8801のテキストエリアメモリ容量が不足しているため1つのプログラムをいくつかに分割しなければならず、そのLoadに時間がかかる。

(5) 使用している漢字プリンタの印字速度は、漢字で60CPSとかなり遅く、この対策として試験成績書の枠および文字類を予め印刷しておくか、漢字プリンタ2台での印刷あるいは高速プリンタの導入が必要である。

(6) 受付データファイルは、ディスク1枚に約250件、約1ヶ月に1枚使用し、同時に2枚しか使用できないため、長期にわたる試験およびディスク交換時に問題点が残し、容量を増やす方法として、5インチディスクドライブを8インチディスクドライブに変更するか、ハードディスクの導入が必要である。

(7) 最後に、実際に運用に移した場合の問題点として、停電時対策が必要であることで、稼動中に停電または瞬断した場合、最悪の場合ファイルディスクを壊す恐れがあり、停電時の電源の確保が必要である。

〔参考文献〕

- (1) 栗山浩一、平松達雄、松尾篤弥：PCファミリー・テクニカル・ノウハウ集，
PC-Techknow 8801 Vol. 1，㈱アスキー

オーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)の旋削加工条件に関する一考察

主査 樋口 英司
技師 佐藤 真知夫

1. 緒言

ステンレス鋼の切削加工については従来多くの研究が行われ、それに適した工具も開発され市場に供給されている。

オーステナイト系ステンレス鋼についても今日では一応の切削標準が確立されており、最近では旋削加工では、切込み、送りの微小な仕上切削の領域の切りくず処理に関して新しい工具の開発等の研究が行われている段階にある。

しかし、ステンレスの切削加工ではいわゆる最適とされる工具や推奨切削条件で加工してもいつでも誰でもうまくいくとは限らないことが生産現場で見聞されることがある。

それは生産加工現場では工作機械、ワークの形状、被削材の状態が多様であり、また工具形状や切削条件が適正にコントロールされることが必ずしも期待できないからであり種々の変動要因が複雑に作用するからである。

したがって切削に関する諸研究の成果は加工を行う際の指標であって実際の加工に当っては、それらのデータを修正適用し、現場的なノウハウを付加しなければならないことがある。

さらに限定された切削加工特性についてだけでなく、工具寿命、加工精度、切りくず処理、切削抵抗等の切削加工特性を総合的に評価する場合オーステナイト系ステンレス鋼は現在も難削材としての範疇に属している。

一般的に切削実験には相当の経費や時間を要するがひとつの実験からできるだけ多くの情報を得られるようにすることは実験の効率化の観点からのぞましいことである。

そこで、オーステナイト系ステンレス鋼の代表鋼種であるSUS304の旋削加工(外丸削り)における切削試験に統計的手法を活用して切削条件が切削抵抗、工具寿命、切込みの効果、仕上面粗さ、切削量などの加工特性に及ぼす影響を調べたので報告する。

2. 実験方法

2・1 実験計画

旋削加工における加工特性として、切削抵抗、バイト寿命、切込みの効果(切込み量と実際に切削できた量の関係)、仕上面粗さ及び切削量(切削速度×送り×切込み×切削時間)を選び、それぞれの代用特性として切削主分力のひずみ量、切刃のフランク摩耗・クレタ摩耗・チッピングの有無、表面粗さ(最大高さRmax)及び切削量(算術計算値)とした。

加工特性に及ぼす要因はバイトの種類(横すくい角)、工具材種(超硬チップの材種)、切削速度、送り、切込み、切刃のホーニング、チップブレーカの幅及び切削剤を選んだ。表1に因子の水準を示し、表2～3は3水準系のL₁₈の直交表に各要因を割り付けたものである。

表1 実験因子と水準

因子の種類	要因と記号	水準	1	2	3
制 御 因 子	バイトの種類 A	ポジティブ	ネガティブ		
	工具材種 B	P20	P30	コーティング	
	切削速度 m/min C	50	100	150	
	送り mm/rev D	0.1	0.3	0.65	
	切込み mm E	0.5	1.5	2.0	
	切刃のホーニング F	無	0.05	0.1	
	チップブレーカの幅 mm G	1.5	3.0	4.5	
	切削剤 H	なし	ハケ塗り	強制	

表2 L₁₈直交表への各要因の割付け

要因	A	B	C	D	E	F	G	H
バイトの種類	1	2	3	4	5	6	7	8
工具材種	1	2	3	4	5	6	7	8
切削速度	1	2	3	4	5	6	7	8
送り	1	2	3	4	5	6	7	8
切込み	1	2	3	4	5	6	7	8
切刃のホーニング	1	2	3	4	5	6	7	8
チップブレーカの幅	1	2	3	4	5	6	7	8
切削剤	1	2	3	4	5	6	7	8

(1) 1群 2群 3 群

表3 直交表 L₁₈

No	A バイトの種類	B 工具材種	C 切削速度	D 送り	E 切込み	F 切刃のホーニング	G チップブレーカの幅	H 切削剤	切削量(計算値) f×v×d×t(min)
1	ポジティブ	P20 (ST20E)	50	0.1	0.5	無	1.5	なし	
2	ポジティブ	P30 (ST30E)	100	0.3	1.5	0.05	3.0	ハケ塗り	5 min
3	ネガティブ	コーティング (AC10)	150	0.65	2.0	0.1	4.5	強制	
4	ポジティブ	P20	50	0.1	0.5	無	1.5	なし	12.5
5	ポジティブ	P20	100	0.3	1.5	0.05	3.0	ハケ塗り	22.5
6	ポジティブ	P20	150	0.65	2.0	0.1	4.5	強制	97.5
7	ポジティブ	P30	50	0.1	1.5	0.05	4.5	強制	37.5
8	ポジティブ	P30	100	0.3	2.0	0.1	1.5	なし	30.0
9	ポジティブ	P30	150	0.65	0.5	無	3.0	ハケ塗り	243.7
10	ポジティブ	コーティング	50	0.3	0.5	0.1	3.0	強制	37.5
11	ポジティブ	コーティング	100	0.65	1.5	無	4.5	なし	487.5
12	ポジティブ	コーティング	150	0.1	2.0	0.05	1.5	ハケ塗り	15.0
13	ネガティブ	P20	50	0.65	2.0	0.05	3.0	なし	32.5
14	ネガティブ	P20	100	0.1	0.5	0.1	4.5	ハケ塗り	2.5
15	ネガティブ	P20	150	0.3	1.5	無	1.5	強制	337.5
16	ネガティブ	P30	50	0.3	2.0	無	4.5	ハケ塗り	15.0
17	ネガティブ	P30	100	0.65	0.5	0.05	1.5	強制	162.5
18	ネガティブ	P30	150	0.1	1.5	0.1	3.0	なし	112.5
19	ネガティブ	コーティング	50	0.65	1.5	0.1	1.5	ハケ塗り	243.7
20	ネガティブ	コーティング	100	0.1	2.0	無	3.0	強制	10.0
21	ネガティブ	コーティング	150	0.3	0.5	0.05	4.5	なし	112.5

2・2 被削材及び使用機械

ステンレス鋼 SUS304 (圧延材)

(直径 140×長さ 450mm)

普通旋盤 大阪工作所製 360HB-X (1967年)

仕様 ベッド上の振り 360mm、センタ間距離 750mm

主軸回転数 (無段変速) 60~3000r.p.m

送り範囲 0.0125~5.6mm、出力 5.2kw

2・3 工 具

ホルダ SEC40型クランプオンホルダ (190×140mm)

(1) ポジティブFP11R-33 (刃部形状 0, 5, 11, 11, 15, 15, 0.8)

(2) ネガティブFN11R-33 (" -5, -6, 0, 0, 15, 15, 0.8)

チップ (1) ポジティブ超硬チップ SPU422 ST20E (P20)、ST30E (P30)

SPNM322 AC10 (アルミナコーティング)

(2) ネガティブ " SNU432 ST20E (P20)、ST30E (P30)

SNMN432 AC10 (アルミナコーティング)

2・4 切削条件及び切削方法

直交表のNo.1~No.18の各実験順はランダムに行い、各実験の切削による被削材表面の加工硬化の影響を一定にするためそのつど切削速度 100m/min、送り 0.3mm/rev、切込み 1.5mm で調整削りをした。文献によればこのときの加工表面の硬さはHB 290位である。

被削材はチャックセンター支持し、長手切削で切削時間は5分であるが途中で相当のチッピングをおこした場合は切削を中止した。

切削速度はストロボスコープで回転数を計測し所定の速度とし、主分力のひずみ量^{注1)}は切削動力計 (KSA-500) 及び動ひずみ測定器 (DS-6005-F) 及び電磁オシログラフで測定した。

切刃のホーニングはハンドラップにより行なった。

切削剤は水溶性切削液 (共石W2-32) を使用し、強制注油の場合注油量は約10ℓ/minである。

フランク摩耗幅は工具顕微鏡でVBを測定したが、ステンレス鋼では、境界摩耗 (VN) が発達する傾向があるためこれも併せて測定し、クレータ摩耗 (KT) は表面粗さ計によりその摩耗深さを測定した。

仕上面粗さ^{注2)}は旋削粗さ標準片と比較対照し目視と触感によって決定した。

また、切込みの効果については切削前と切削後の被削材中央部の直径をマイクロメータで測定し実際の切込量を算出した。

さらに、チッピングの有無、切刃の状態、びびり振動、切りくずの形状等は定量化しにくいので、チッピングをおこしたものは、その位置・大きさ、溶着の有無、びびりのあらわれ方を観察した。

注1) 切削抵抗は普通3分力を測定し比切削抵抗 (kgf/mm²) で表現するのがよいと思われるが、動ひずみ測定器が1チャンネルのため主分力成分の測定のみにとどまり切削抵抗値も計算できないのでひずみ量であらわした。

注2) 可搬型の表面粗さ測定器がないためこの方法にとどまった。

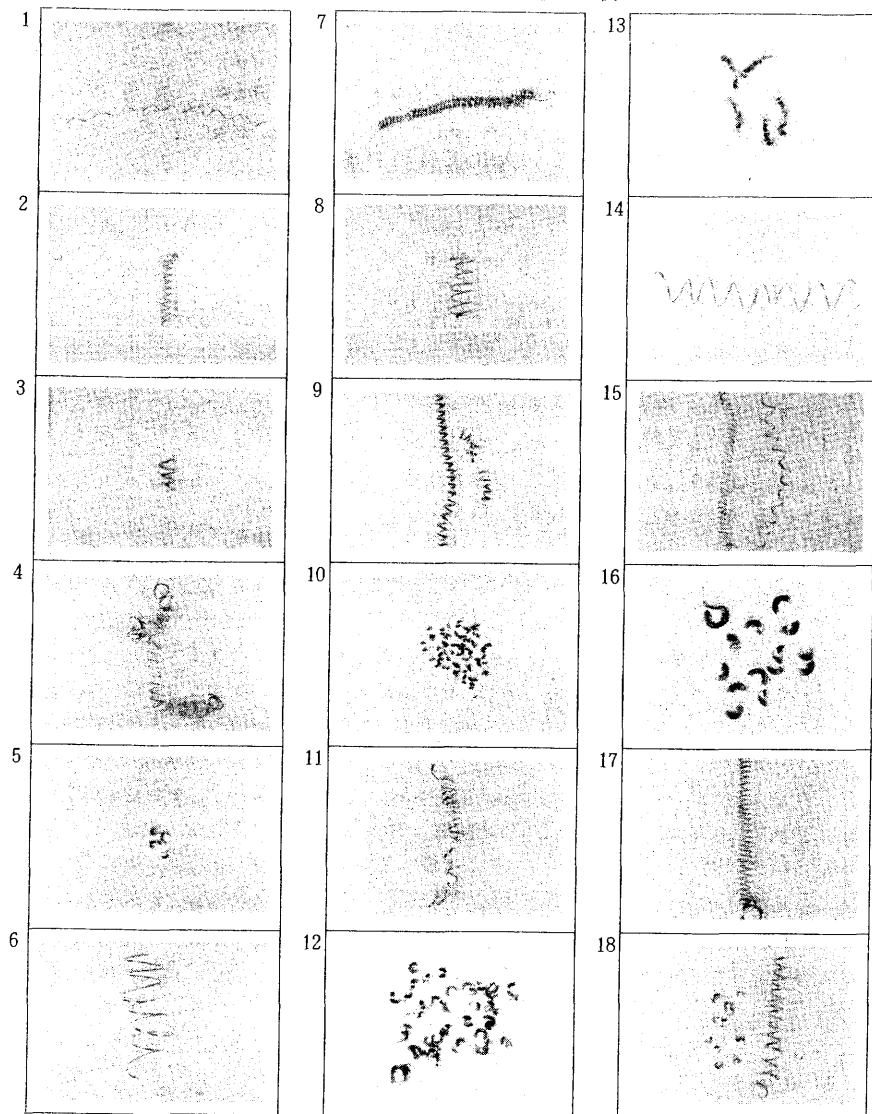
2・5 切削試験のデータ

直交表の各組合せ条件による加工特性のデータを表4及び写真1に示す。

表4 切削加工特性のデータ

No.	主分力の ひずみ量 ×10 ⁻⁶	工 具 摩 耗 フランク VB mm	境界 VN mm	クレータ KT mm	チッピング の有 無	実際の 切込量 mm	仕 上 面 粗 さ S	切刃の 状 態	切 削 の 状 況	切りくず 形 態
1	30.58	0.140		0.001	有 (刃先)	0.53	3.5		びびり	1
2	80.57	0.132	0.240	0.005		1.50	1.8		一部むしれ	2
3	167.46	0.226	0.605	0.055		1.88	8.0	前逃げ面 塑性変形 (小)		3
4	71.09	0.087	0.116	0.002		1.51	5.0	刃先溶着	びびり大	4
5	268.56	0.144		0.002	50° 有 (境界)	2.08	15.0	一部溶着	びびり大 チッピング後消滅	5
6	51.98	0.072		0.005		0.31	5.0	溶 着	長い切屑	6
7	31.59	0.169		0.008		0.38	1.8		仕上面良	7
8	141.40	0.112	0.207	0.007	有 (逃げ面)	1.32	7.0			8
9	99.53	0.151	0.185	0.006	1'25" 有 (逃げ面) (前逃げ面)	1.90	3.5	溶 着	びびり 後消滅	9
10	239.30	0.144	1.414	欠 損	1'32" 有 (大)	1.24	30.0		びびり大	10
11	53.72	0.167		0.001		0.41	5.5	溶 着	びびり 後小さくなる	11
12	101.00	0.199	0.467	0.010	2'22" 有 (境界部後側)	1.38	3.5		最初むしれ 後正常切削面	12
13	183.25	0.100		0.154	2' 有 (逃げ面)	1.03	20.0 チッピング後20		びびり極大 チッピング後消滅	13
14	37.91	0.074		0.0005	有 (小)	0.18	7.0	溶 着		14
15	65.73	0.203		0.001		1.40	6.0		びびり 後むしれ	15
16	210.98	0.191		0.011	有 (小)	1.50	8.0	溶 着	びびり大 切りくずとぶ	16
17	59.62	0.110	0.155	0.007	有 (小)	1.95	3.5		びびり (最初)	17
18	33.18	0.140		0.006		0.37	2.5	溶 着	微小な切粉付着	18

写真1 切粉形状



3. 新しい特性値による実験結果の解析

3・1 目的特性とSN比

特性値として主成分のひずみ量を測定しているが、バイトの性能からみれば良く切れることが第一条件となる。したがって、主成分のひずみ量が小さければ、切削抵抗が小さくて済むのだから当

然良く切れていると考え、望小特性として次式によりSN比に変換する。

$$\eta = -10 \log y^2 = -20 \log y \quad (\text{dB}) \quad (3 \cdot 1)$$

通常の望小特性の実験計画では、制御因子をわりつけた内側直交表の外側に、誤差因子をわりつけた直交表を組合せるか、適当な繰り返しをして、複数個のデータの平均2乗を求め、その常用対数の-10倍をSN比として解析するが、内側直交表が大きく要因が多くわりつけられた場合には、複数個のデータがなくても、ただ一個のデータから、その値の常用対数値の-20倍をデシベル値として解析することができるため(3・1)式を用いた。

SN比に変換する理由は、相対的な比較が容易にまとめられ、平均値とばらつきの大きさを同時に評価できるためである。すなわち、SN比は実験計測誤差の誤差分散の逆数であり、そのデシベル値を大きくする組合せが、結局、誤差分散を小さくする適当なものといえるからである。

表5に主成分のひずみ量のデータ例とSN比に変換したデシベル値を示した。主成分のひずみ量のNo.1について計算すると、

$$\begin{aligned} \eta &= -20 \log 30.58 \\ &= -20 \times 1.4854 \\ &= -29.71 (\text{dB}) \quad \text{となる。} \end{aligned}$$

以下同様にして各代用特性毎に、SN比に変換したデシベル値を求めた。

表5 主成分のひずみ量の測定値とSN比

No	主成分のひずみ量	db	No	主成分のひずみ量	db
1	30.58	-29.71	10	239.30	-47.58
2	80.57	-38.12	11	53.72	-34.60
3	167.46	-44.48	12	101.00	-40.09
4	71.09	-37.04	13	183.25	-45.26
5	268.56	-48.58	14	37.91	-31.58
6	51.98	-34.32	15	65.73	-36.36
7	31.59	-29.99	16	210.98	-46.48
8	141.40	-43.01	17	59.62	-35.51
9	99.53	-39.96	18	33.18	-30.42

3・2 分散分析

SN比を新しい特性値とした各代用特性毎の要因別に一元配置の分散分析を行い、表6の分散分析表が得られた。これらの代用特性をまとめたものが表7である。

分散分析の結果から要因効果のあるものについて、次式により寄与率

表6 主成分に対する切込量の分散分析表

要因	総変動 S	自由度 f	分散 V	分散比 Fo	寄与率 ρ(%)
E	442.48	2	221.24	14.88	62.02
e	223.04	15	14.87		
T	665.52	17			100

表7 各特性値の要因の影響

特性値 要 因	主 分 力 の ひ ず み 量		工 具 摩 耗				切 込 量		仕上面粗さ		切 削 量	
			フランク摩耗		クレータ摩耗							
	Fo	ρ %	Fo	ρ %	Fo	ρ %	Fo	ρ %	Fo	ρ %	Fo	ρ %
バイトの 種 類 A	—	—	—	—	—	—	2.805	9.6	1.336	1.94	—	—
工具材種 B	—	—	3.598	23.414	—	—	1.390	4.39	1.647	7.08	—	—
切削速度 C	—	—	—	—	1.039	0.562	—	—	—	—	1.630	6.898
送 り D	1.301	3.420	—	—	1.933	13.327	2.024	10.747	1.751	8.122	7.866	44.683
切 込 み E	14.879	62.017	—	—	2.902	27.177	2.156	11.969	3.199	20.554	3.363	21.752
刃 先 の ホーニング F	—	—	5.020	32.107	—	—	—	—	—	—	—	—
チップブレ ーカ幅 G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
切 削 剤 H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ρを求め各代用特性に影響する要因を調べた。

$$\rho = \frac{S_A - f \times V_e}{S_T} \times 100 (\%) \quad (3 \cdot 2)$$

$$= \frac{442.48 - 2 \times 14.87}{665.52} \times 100$$

$$= 62.02 (\%)$$

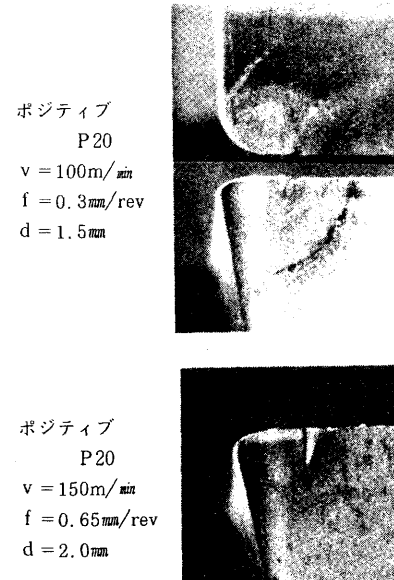
寄与率は各制御因子の変動に誤差が含まれているので、誤差を引いた純粋な要因変動が、全体の變動に対してどのくらいの大きさになっているかを表わすものである。

例えば、主分力のひずみ量に対して切込みの寄与率が62%というのは、S/N比がそれぞれの原因によって變動しているが、その變動のうち6割以上が切込み量の違いによって生ずる變動であることを示し、切込み量の影響が強いことが分かる。

各代用特性に対して寄与率の高い制御因子は表3より(1)主分力のひずみ量に対しては、送りと切込み、(2)フランク摩耗に対しては、工具材種・刃先のホーニング、(3)クレータ摩耗に対しては、切削速度・送り・切込み、(4)切込量に対しては、バイトの種類・工具材種・送り・切込み、(5)仕上面粗さに対しては、バイトの種類・工具材種・送り・切込み、(6)切削量に対しては、切削速度・送り・切込みであることが分った。

参考として、フランク摩耗および、クレータ摩耗の状況を写真2に示す。

写真2 フランク摩耗と境界摩耗の状況

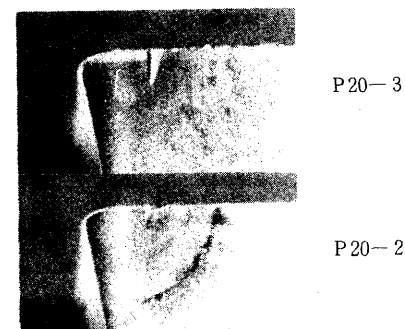


クレータ摩耗の状況



ネ P30-2 v = 100m/min
f = 0.65mm/rev
d = 0.5mm
ネ P30-1 v = 150m/min
f = 0.1 mm/rev
d = 1.5mm

境界摩耗の大きさ



3・3 要因効果と推定

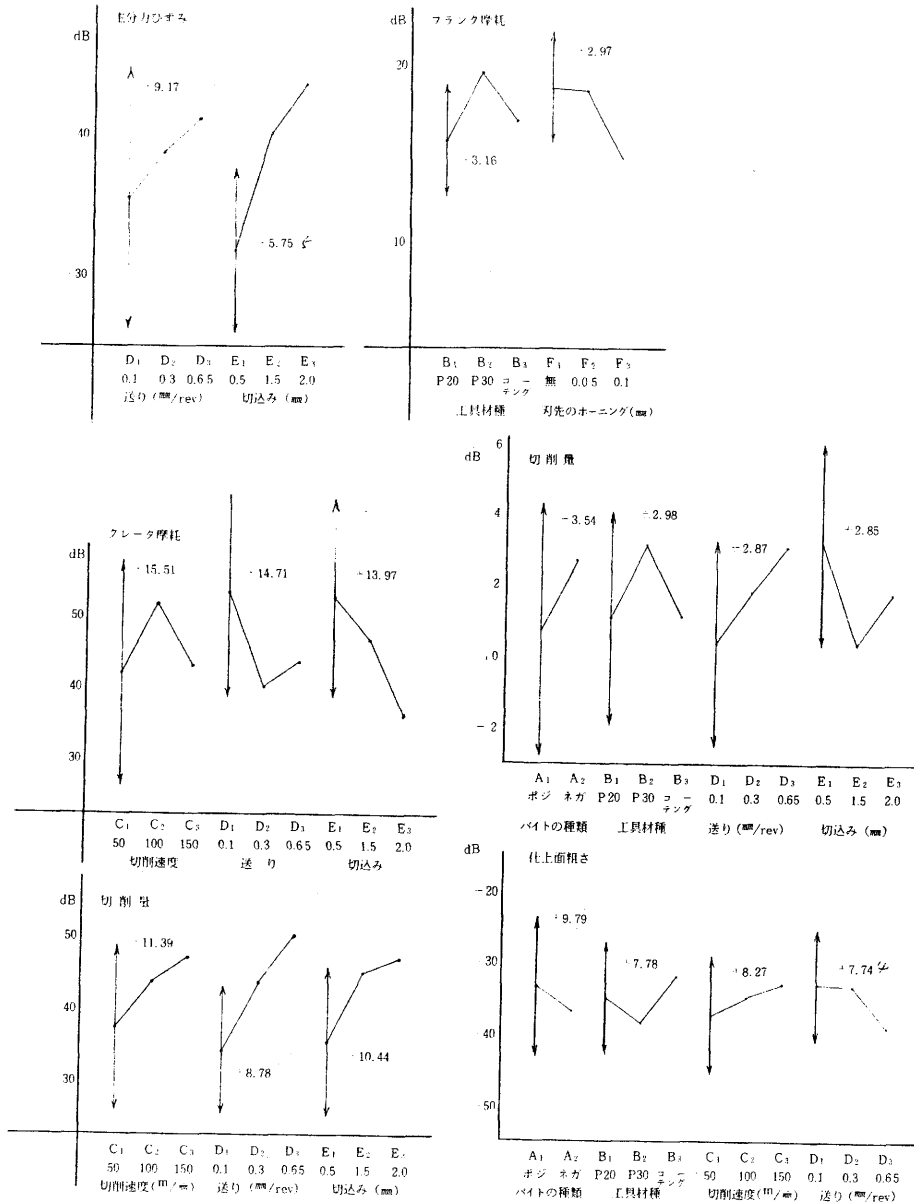
前項で寄与率の高い制御因子の要因効果の推定を行なう。すなわち、水準ごとの平均値を求めると、主分力のひずみに対する切込量Eでは、第1となる。切込量の水準ごとに差があることは、切込量によって切削抵抗に違いがあることを示しており、E₁がE₃に比べ11.79デシベル低く、送りについてはD₁がD₃に比べ5.71デシベル低くなった。

したがって主分力のひずみを小さくするには、切込量・送りとも低い方が良いことが理解できる。このように寄与率の高い制御因子の要因効果の推定を行なうことによって、どの水準がS/N比

を高くするか、低くするのか判別できる。

各代用特性毎に結果をまとめてグラフにすると図1のようになる。

図1 要因効果のグラフ



4. ま と め

通常は、有意要因を推定する場合、分散比が2以上のものはすべて有意とした方が望ましいが、今回の実験については、くり返しがないため誤差要因によるばらつきが大きい。

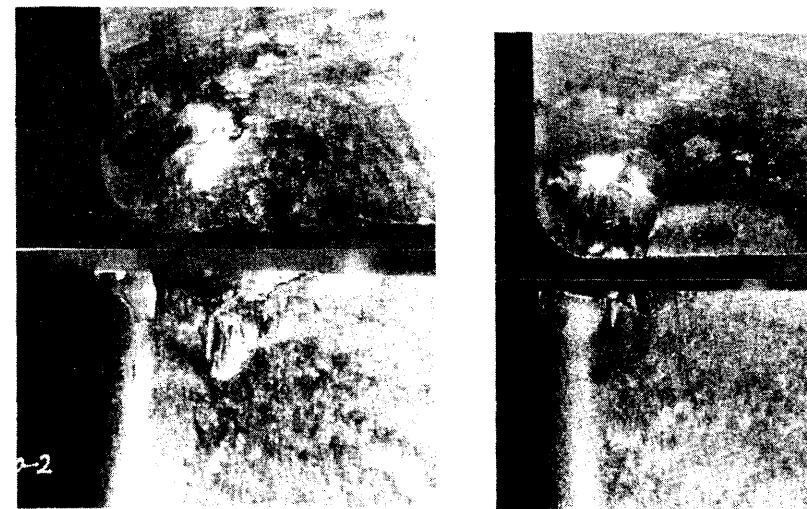
したがって今後の実験へのステップとして分散比が1以上のものをすべて取り上げた。

本実験の結果として、各代用特性に影響を与える要因が何かを判別できたので企業が要求する各代用特性にしたがって、それぞれの要求にマッチングした要因設定が可能となる。

今後の課題としては、くり返しの回数を増加させて、実験精度を上げて行く必要がある。

なお、本実験では代用特性としてチップング状態を取っているが、18個のデータ中で半数強の16個においてチップングが判定できたので、これらの対策等についても今後の実験精度を上げること、対応が可能になると考えている。チップング状況を写真3に示す。

写真3 チップング状況



ネガティブ P20 $v = 50 \text{ m/min}$
 $f = 0.65 \text{ mm/rev}$
 $d = 2.0 \text{ mm}$

ネガティブ P30 $v = 50 \text{ m/min}$
 $f = 0.3 \text{ mm/rev}$
 $d = 2.0 \text{ mm}$

〔参考文献〕

- (1) 田口玄一：規格値の決め方 ～ 望小特性、繰り返しがいい場合
(標準化と品質管理 Vol. 35, 1982, 10)
- (2) 矢野 宏：計測管理工学入門 ～ 特性値の選び方 (L₁₈ の直交表の利用)
(菱光技報, 58, 11, 1 第20巻 238号)
- (3) 青木喜代志：難削材の切削加工技術講習会テキスト (大阪)
(三菱金属) ～ 耐蝕、耐熱材料の切削加工 (60, 3, 6)
- (4) 土肥嘉夫・高橋宜裕：難削材の切削テキスト・切削工具材種カタログ

〔引用文献〕

- (1) 富重定三・矢野 宏：品質管理のための計測と検査 ～ 機械加工における加工条件の評価と
その方法(1)～(4) (機械と工具 1983, 7～11)