

JAERI - M

84-233

気密型マニプレータの保守技術開発

1985年1月

相澤 作衛・寺門 正吾

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division
Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-
mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1985

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷㈱

気密型マニプレータの保守技術開発

日本原子力研究所東海研究所実用燃料試験室

相澤作衛・寺門正吾

(1984年12月4日受理)

燃料試験施設の $\alpha \cdot \gamma$ セルは、Pu系燃料の高放射能取扱い施設としての試験研究施設である。遠隔操作のためセルに装備されているマニプレータは、西ドイツ・Hans Wälischmiller社製A100型M/SマニプレータおよびA15型トングマニプレータの二種類で、いずれの機種も原研の高放射能取扱い施設における使用経験が全くなかった気密の保持可能な新型機種である。特にA100型は、三分割構造の特徴を有し、在来機種とはその構造が違っている。

本報告は、 $\alpha \cdot \gamma$ セル、 $\alpha \cdot \gamma$ 鉛セルおよび気密ボックスでのこれらマニプレータの保守取扱い作業を考慮し、保守技術の確立をめざして調査検討された成果をまとめたものである。この保守技術開発によって得られた成果は、保守用図面などの資料整備を含め、

- 1) マニプレータ保守関連設備の有用性の確認、治工具類の整備
- 2) マニプレータの保守における基本的保守技術の確立
- 3) マニプレータ各操作機能に対する保守技術の確立と技術的設定基準の開発などである。

Development for Maintenance techniques on Gas-proof type
Master-Slave Manipulators

Sakuei AIZAWA and Shogo TERAKADO

Department of Reactor Fuel Examination
Nuclear Safety Research Center, Tokai Research Establishment, J A E R I

(Received December 4, 1984)

The alpha-gamma cell at the Reactor Fuel Examination Facility (R F E F) of JAERI is a hot cell facility for examination and basic study of such plutonium fuels as mixed-oxide fuels of uranium and plutonium as well as plutonium carbide fuels etc.. Therefore two types of gas-proof master-slave manipulators of type A-100 and type A-15 which are made by the Hans Wälischmiller GbmH in Germany are installed onto the alpha-gamma cell for remote handling of the fuels or specimens.

Investigation of the manipulators and development on the techniques of their manipulator were carried out and finished by the staffs who are relate to the alpha-gamma cell as follows :

- 1) Confirmation of usefulness on the maintenance system of HWM-manipulators
- 2) Obtaining the techniques on fundamental maintenance of HWM-manipulators
- 3) Fixation of procedure to repair of each part of HWM-manipulators
- 4) Preparation of tools and apparatus for maintenance of HWM-manipulators

This report will give the developed techniques on maintenance of HWM-manipulators using the containment systems which attached to the alpha-gamma cell to prevent from contamination of alpha emitter also alpha-gamma activity.

Keywords: Development, Maintenance Technique, $\alpha - \gamma$ Cell, $\alpha - \gamma$ Lead Cell, Manipulator, Containment System, Gas-proof, Remote Handling, Plutonium Fuels

目 次

1. まえがき	1
2. 燃料試験施設の HWM マニプレータ概要	2
2.1 A 100 型マニプレータ	2
2.1.1 構成および機能の概略	2
2.1.2 A 100 標準型マニプレータの機構および構造	4
2.1.3 A 100 エクステンド型マニプレータの機構および構造	8
2.1.4 A 100 型共通部の機構および構造	11
2.2 A 15 型トングマニプレータ	11
2.2.1 機能および性能	11
2.2.2 機構および構造	12
3. マニプレータ保守技術の開発	57
3.1 マニプレータ保守関連設備	57
3.2 保守作業の流れの概略	59
3.2.1 A 100 型マニプレータの保守作業の流れ	59
3.2.2 A 15 型トングマニプレータの保守作業の流れ	60
3.3 保守作業前の準備	61
3.3.1 A 100 型スレーブアームに対する準備	61
3.3.2 A 100 型マスターアームに対する準備	62
3.3.3 A 100 型壁貫通中継要素に対する準備	62
3.3.4 A 15 型トングマニプレータに対する準備	63
3.4 基本的保守技術	63
3.4.1 A 100 標準型およびエクステンドリーチ型アームの基本的保守技術	64
3.4.2 A 15 型トングマニプレータ	69
3.5 A 100 標準型マニプレータの詳細保守技術	69
3.5.1 保守技術上の一般事項	69
3.5.2 腕旋回機能の保守技術	69
3.5.3 ハンドねじりおよびあおり機能の保守技術	73
3.5.4 Z 軸動作機能の保守技術	78
3.5.5 握り機能の保守技術	82
3.5.6 壁貫通中継要素の保守技術	85
3.6 A 100 エクステンドリーチ型マニプレータの詳細保守技術	89
3.6.1 保守技術上の一般事項	89
3.6.2 腕旋回機能の保守技術	89
3.6.3 ハンドねじりおよびあおり機能の保守技術	90

3.6.4	Z軸動作機能の保守技術	92
3.6.5	握り機能の保守技術	94
3.6.6	エクステンド機能の保守技術	95
3.6.7	壁貫通中継要素の保守技術	96
3.7	A100型マニプレータ共通部の保守技術	96
3.7.1	ハンド動作伝達機構と滑車中継要素	96
3.7.2	電装系の保守	97
3.8	A15型トングマニプレータの保守技術	98
3.8.1	取扱い方法	98
3.8.2	トングブーツの交換	99
3.8.3	各機能の保守	102
4	考 察	154
4.1	保守関係の図書, 図面などの整備	154
4.2	保守関連設備および治工具類の技術開発および整備	154
4.3	保守技術の確立	155
5	ま と め	157
6	あ と が き	158
	参考文献	159
	付 録	160
1.	HWM A 100 型マニプレータに関する短信	160
2.	HWM A 15 型トングマニプレータに関する短信	165

Contents

1.	Introduction	1
2.	Outline of HWM manipulators equipped in the RFEF	2
2.1	Mechanism and construction of type A 100 Gas-proof master/slave manipulator	2
2.1.1	Composition and general function	2
2.1.2	Detailed mechanism of type A 100 standard manipulator	4
2.1.3	Detailed mechanism of type A 100 extended reach manipulator	8
2.1.4	Detailed mechanism of type A 100 manipulator's common part	11
2.2	Mechanism and construction of type A 15 Ball-socket tong manipulator	11
2.2.1	General function	11
2.2.2	Mechanism and construction	12
3.	Development of technique for maintenance of HWM manipulators ..	57
3.1	System for maintenance of HWM manipulator	57
3.2	Work flow for maintenance	59
3.2.1	Work flow for type A 100 manipulator	59
3.2.2	Work flow for type A 15 tong manipulator	60
3.3	Preparation previous to maintenance work	61
3.3.1	Preparation for type A 100 manipulator slave arm	61
3.3.2	Preparation for type A 100 manipulator master arm	62
3.3.3	Preparation for through-wall assembly	63
3.3.4	Preparation for type A 15 tong manipulator	64
3.4	Fundamental procedure of maintenance work	64
3.4.1	Procedure for type A 100 standard and extended reach manipulator	64
3.4.2	Procedure for type A 15 tong manipulator	69
3.5	Maintenance for type A 100 standard manipulator	69
3.5.1	Common remark	69
3.5.2	Maintenance for rotation mechanism of azimuthal arm	69
3.5.3	Maintenance for elevation/twist mechanism of wrist	73
3.5.4	Maintenance for Z axis motion mechanism	79
3.5.5	Maintenance for handle grip motion mechanism	82
3.5.6	Maintenance for through-wall assembly	85

3.6	Maintenance for type A 100 extended reach manipulator	89
3.6.1	Common remark	89
3.6.2	Maintenance for rotation mechanism of azimuthal arm	89
3.6.3	Maintenance for elevation/twist mechanism of wrist	90
3.6.4	Maintenance for Z axis motion mechanism	92
3.6.5	Maintenance for handle grip motion mechanism	94
3.6.6	Maintenance for extension mechanism of slave arm	95
3.6.7	Maintenance for through-wall assembly	96
3.7	Maintenance for type A 100 manipulator's common part	96
3.7.1	Maintenance for differential gear and relay pulley device	96
3.7.2	Maintenance for electrical parts	97
3.8	Maintenance for type A 15 tong manipulator	98
3.8.1	Method of use	98
3.8.2	Procedure for boot exchange	99
3.8.3	Maintenance for each mechanism	102
4.	Consideration	154
4.1	Documentation for the maintenance	154
4.2	Development of tools and system for maintenance of HWM manipulators	154
4.3	Fixation of maintenance techniques	155
5.	Summary	157
6.	Afterword and acknowledgement	158
	References	159
Appendix;	1. Documents on the type A 100 HWM manipulator	160
	2. Documents on the type A 15 HWM tong manipulator	165

図 リ ス ト

図 2.1	$\alpha \cdot \gamma$ コンクリートセルの A 100 型マニプレータ	13
図 2.2	燃料試験施設 $\alpha \cdot \gamma$ セルラインのマニプレータ配置	14
図 2.3	HWM A100型マスター/スレーブマニプレータの基本寸法	15
図 2.4	壁貫通中継要素動作伝達軸の配列	17
図 2.5	操作機能と伝達軸の関係	17
図 2.6	標準型握り機能の伝達系統	18
図 2.7	標準型腕旋回機能の伝達系統	19
図 2.8	標準型ハンドねじり/あおり機能の伝達系統	20
図 2.9	標準型 Z 軸機能の伝達系統	21
図 2.10	標準型スレーブアーム	22
図 2.11	スレーブアームの接続カップリングとロック爪	23
図 2.12	モーションロック機構の構造	23
図 2.13	腕関節機構の詳細構造 (スレーブアーム)	24
図 2.14	ハンド動作伝達構造の外観	25
図 2.15	内筒に収納されていた滑車中継要素	25
図 2.16	標準型握り機能の構造	26
図 2.17	標準型腕旋回機能の構造(1)	27
図 2.18	標準型ハンドねじり/あおり機能の構造	28
図 2.19	標準型 Z 軸動作機能の構造(1)	29
図 2.20	標準型 Z 軸動作機能のテーブ構成	30
図 2.21	標準型マスターアーム	31
図 2.22	腕関機構の詳細構造 (マスターアーム)	32
図 2.23	標準型マスターハンド	33
図 2.24	マスターアーム腕関節機構部の握り機能構造	34
図 2.25	マスターアーム Z 軸動作用バランスウェイト	35
図 2.26	マスターアームの Y 軸電動駆動構造	36
図 2.27	マスターアームの X 軸電動駆動構造	36
図 2.28	マニプレータホール	37
図 2.29	壁貫通中継要素の構造	38
図 2.30	エクステンドリーチ型腕旋回機能の伝達系統	39
図 2.31	エクステンドリーチ型ハンドねじり/あおり機能の伝達系統	40
図 2.32	エクステンドリーチ型 Z 軸動作機能の伝達系統	41
図 2.33	エクステンドリーチ型スレーブアーム	42
図 2.34	エクステンドリーチ型スレーブアームのエクステンド機構の全体図	43
図 2.35	エクステンド機構部の腕旋回機能	44
図 2.36	エクステンドリーチ型握り機能の構造	45

図 2.37	エクステンドリーチ型腕旋回機能の構造(1)	46
図 2.38	エクステンドリーチ型ハンドねじり／あおり機能の構造(1)	47
図 2.39	エクステンドリーチ型スレーブハンドねじり／あおり・握り機構の立体構造図	48
図 2.40	エクステンドリーチ型Z軸動作機能の構造	49
図 2.41	エクステンドリーチ型マスターアーム	50
図 2.42	滑車中継要素の種類	51
図 2.43	スレーブアームのハンド動作伝達構造(差動歯車)	52
図 2.44	カールコード仕様	51
図 2.45	HWM A 15型トングマニプレータ	53
図 2.46	HWM A 15型トングマニプレータ操作機能と性能	54
図 2.47	HWM A 15気密型トングマニプレータのセルへの装備	55
図 2.48	ハンド回転機構の構成	54
図 2.49	トング部気密機構	56
図 3.1	$\alpha \cdot \gamma$ セルラインの構成	105
図 3.2	スレーブアーム吊込み装置	105
図 3.3	セル背面メンテナンスボックス(除染エリア)と調整試験用 A 100型マスターアーム	106
図 3.4	腕関節頭部およびブーツ装着状態("A"部)	106
図 3.5	マスターアームの作業状態(例)	107
図 3.6	壁貫通中継要素のバックアウト要領図	107
図 3.7	ブーツ保護具の分解(標準型)	108
図 3.8	ブーツ保護具の固定部;▼印(エクステンドリーチ型)	108
図 3.9	スレーブハンド	109
図 3.10	分離前のスレーブハンド	109
図 3.11	スレーブハンドの分離	110
図 3.12	完全分離のスレーブハンド	110
図 3.13	マスターハンド取付軸部構造	111
図 3.14	チェーン接続部構造(図 2.23 の"A"部詳細)	111
図 3.15	保守位置のスレーブアーム	112
図 3.16	内筒分解のための外筒上の分解穴(標準型)	112
図 3.17	治具 A	113
図 3.18	内筒の分解(○印内;合マーク)	113
図 3.19	クランク状手動ハンドル	114
図 3.20	エクステンド外筒から伸び出た外筒	114
図 3.21	エクステンド機構の箱型カバー下部固定部	115
図 3.22	箱型カバー除去前のスレーブアーム	115
図 3.23	箱型カバー除去後のエクステンド機構	115
図 3.24	標準型スレーブアーム腕旋回機能の構造(2)	116

図 3.25	円筒駒	117
図 3.26	ネジ付駒	117
図 3.27	円板駒	118
図 3.28	内筒回り止め治具	118
図 3.29	ラチェット解放工具	119
図 3.30	ラチェット解放	119
図 3.31	円筒駒の抜取り	119
図 3.32	ねじ付駒の取付状態	120
図 3.33	ワイヤ識別タグプレートとワイヤ交差防止治具	120
図 3.34	腕旋回ワイヤの巻取りプーリカバーの分解	120
図 3.35	腕旋回ワイヤ巻取りプーリの構造	121
図 3.36	カバー除去直後の巻取りプーリ 1 (右) と巻取りプーリ 2 (左)	122
図 3.37	腕旋回ワイヤの張力を解放後プーリ固定ボルトを弛緩	122
図 3.38	巻取りプーリ 1 の分解	122
図 3.39	分解除去した巻取りプーリ 1	122
図 3.40	マスターアーム腕旋回機能の構造	123
図 3.41	スレーブハンドねじり／あおり・握りワイヤ構成実体図	124
図 3.42	標準型スレーブハンドねじり／あおり・握り機能の構造	125
図 3.43	ワイヤ固定治具	126
図 3.44	外筒下部腕旋回機構の分解	126
図 3.45	各機能のワイヤ等から解放され、引抜き中の外筒下部腕旋回機構	126
図 3.46	保管される外筒下部腕旋回機構	126
図 3.47	内筒上部(腕旋回)機構	127
図 3.48	腕関節機構部の内側	127
図 3.49	標準型スレーブアーム腕関節機構のハンドねじり／あおり機能の構造	128
図 3.50	マスターアームのねじり／あおり・握りワイヤ構成実体図	129
図 3.51	マスターハンドねじり／あおり・握り機能の構造	130
図 3.52	腕関節部マスターハンドねじり／あおり機能の構造	131
図 3.53	マスターアームの握り用ワイヤ巻取りプーリ	132
図 3.54	Z軸テープの外筒下部における方向転換プーリ	132
図 3.55	標準型Z軸動作機能のテープ構成	133
図 3.56	標準型Z軸動作機能の構造(2)	134
図 3.57	爪付専用スパナ	135
図 3.58	内筒上部腕旋回機構内のZ軸テープ装着状況	135
図 3.59	腕関節機構のテープ巻取りプーリ	135
図 3.60	テープ端末の駒と駒止めスリット	136
図 3.61	Z軸動作テープの張力調整	136
図 3.62	Z軸動作用バランスウェイト案内軸の支持部分分解	137

図 3.63	Z 軸動作用バランスウェイトの組立寸法	137
図 3.64	握りワイヤ巻取りプーリ (分解後)	138
図 3.65	組立て完了の握りワイヤ巻取りプーリ	138
図 3.66	分解前のマスターアーム握りワイヤ巻取りプーリ	139
図 3.67	分解済のマスターアーム握りワイヤ巻取りプーリ	139
図 3.68	壁貫通中継要素シール部詳細構造	140
図 3.69	正常状態のエクステンド機構	141
図 3.70	エクステンド機構の全体図	141
図 3.71	エクステンドリーチ型腕旋回機能の構造(2)	142
図 3.72	エクステンド駆動軸の固定部分離	143
図 3.73	エクステンドリーチ型スレープハンドねじり/あおり・握り機能の立体構造図	143
図 3.74	エクステンドリーチ型スレープハンドねじり/あおり機能の構造(2)	144
図 3.75	エクステンドリーチ型 Z 軸動作機能のテープ構成	145
図 3.76	正常状態のエクステンド駆動チェーン	146
図 3.77	分解済のエクステンド駆動チェーン	146
図 3.78	エクステンド駆動チェーン固定部	146
図 3.79	エクステンド駆動平歯車と駆動軸	147
図 3.80	外筒下部のハンド部ハウジング	147
図 3.81	制御回路	148
図 3.82	マニプレータ制御盤	149
図 3.83	マスターハンドのスイッチ (エクステンドリーチ型)	149
図 3.84	トング着脱治具 (デバイス)	150
図 3.85	トングマニプレータ爪先部	150
図 3.86	ブーツポート形状	151
図 3.87	ブーツ交換の概略 (a, b 及び c)	151
図 3.88	握り機能の構成	152
図 3.89	ハンドル回転機能の構成	152
図 3.90	ハンドル屈曲機能の構成	152
図 3.91	操作側の握り部 (握りレバーと支点)	153
図 3.92	ピボット軸のロックピン抜き取り	153
図 3.93	差動歯車機構の分解 (ピボット軸の抜き取り)	153

List of figures

- Fig.2.1 General view of the HWM type A 100 manipulators installed onto the alpha-gamma cell of the RFEF
- Fig.2.2 Arrangement of the HWM manipulators at the alpha-gamma cells
- Fig.2.3 Fundamental dimensions of the HWM A 100 master and slave manipulator
- Fig.2.4 Layout of the transmission shafts installed within through-wall assembly(T.W.A.)
- Fig.2.5 Relationship between the each notation of transmission shaft and operational motion
- Fig.2.6 Constitution of handle grip motion transmission of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.7 Constitution of azimuthal arm rotation motion transmission of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.8 Constitution of wrist elevation/twist motion transmission of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.9 Constitution of Z axis motion transmission of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.10 Typical parts the type A 100 standard manipulator slave arm
- Fig.2.11 Motion lock mechanism of slave arm shoulder
- Fig.2.12 Joint and motion lock mechanism installed within slave arm shoulder end
- Fig.2.13 Detail of slave arm shoulder
- Fig.2.14 View of differential gear and transmission mechanism for wrist elevation/twist motion
- Fig.2.15 View of relay pulley devices taken out from inner tube
- Fig.2.16 Transmission mechanism for handle grip motion of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.17 Transmission mechanism for azimuthal arm rotation motion of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.18 Transmission mechanism for wrist elevation/twist motion of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.19 Transmission mechanism for Z axis motion of the type A 100 standard manipulator
- Fig.2.20 Tape formation for Z axis motion of the type A 100 standard manipulator

- Fig.2.21 Typical parts of the type A 100 standard manipulator master arm
- Fig.2.22 Detail of master arm shoulder
- Fig.2.23 Grip handle of the type A 100 standard manipulator master arm
- Fig.2.24 Detail of handle grip motion transmission mechanism of master arm shoulder
- Fig.2.25 Detail of balance weight for Z axis motion of master arm
- Fig.2.26 Mechanism for electrical Y axis motion of master arm
- Fig.2.27 Mechanism for electrical X axis motion of master arm
- Fig.2.28 Through-wall hole for the type A 100 manipulator insertion
- Fig.2.29 Detail of through-wall assembly
- Fig.2.30 Constitution of azimuthal arm rotation motion transmission of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.31 Constitution of wrist elevation/twist motion transmission of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.32 Constitution of Z axis motion transmission of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.33 Typical parts of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.34 Perspective view of extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator slave arm
- Fig.2.35 Azimuthal arm rotation wire formation in extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator slave arm
- Fig.2.36 Transmission mechanism for handle grip motion of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.37 Transmission mechanism for azimuthal arm rotation of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.38 Transmission mechanism for wrist elevation/twist motion of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.39 Perspective view of handle grip and wrist elevation/twist motion transmission of the type A 100 extended reach manipulator slave arm
- Fig.2.40 Z axis motion transmission mechanism of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.2.41 Typical parts of the type A 100 extended reach manipulator master arm

- Fig.2.42 Type of relay pulley device
- Fig.2.43 Detail of handle fitting shaft and differential gear box for wrist motion
- Fig.2.44 Specification of electrical power supply cable
- Fig.2.45 The HWM type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.2.46 Operational functions of the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.2.47 The HWM type A 15 gas-proof ball-socket tong manipulator
- Fig.2.48 Handle rotation mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.2.49 Gas-proof mechanism at in-cell side
- Fig.3.1 Layout of the alpha-gamma cell facility of the RFEF
- Fig.3.2 Slave arm lifter of the type A 100 manipulator
- Fig.3.3 Type A 100 manipulator master arm and maintenance box to adjust a repaired slave arm
- Fig.3.4 Slave arm shoulder and boot end
- Fig.3.5 Master arm of the type A 100 standard manipulator under repairing
- Fig.3.6 Bagging out procedure of the through-wall assembly
- Fig.3.7 Disassembly of the boot separator at slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.8 Setscrews for the boot separator at slave arm top end of the type A 100 extended reach manipulator
Remark: Marks of ▼ indicate position of each setscrew.
- Fig.3.9 Typical dimensions of the slave hand
- Fig.3.10 Slave hand and slave arm at prior disconnection
- Fig.3.11 Slave hand under disconnection
- Fig.3.12 Slave hand after disconnection
- Fig.3.13 Detail fitting shaft of master hand
- Fig.3.14 Joining connection ring and link lever of master hand
Remark: This is a detail of "A" shown in Fig.2-23.
- Fig.3.15 Posture of slave arm to be set on repair table
- Fig.3.16 Outer tube's hole for inner tube disassembly of the type A 100 standard manipulator

- Fig.3.17 Jigs to be used to assemble/disassemble each motion transfer shaft of the slave arm
- Fig.3.18 Disassembly of inner tube
(Mark in the circle indicates position of fitting for assembly)
- Fig.3.19 Cranked handle for manual operation of motion transfer shaft
- Fig.3.20 Extensible outer tube after fully extracted from the fixed outer tube
- Fig.3.21 Clamp of box cover for extension mechanism
- Fig.3.22 Slave arm at prior disassembly of the box cover
- Fig.3.23 A bare extension mechanism after disassembled box cover
- Fig.3.24 Perspective view of azimuthal slave arm rotation mechanism of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.25 Wire end with cylindrical stopper
- Fig.3.26 Wire end with threaded stopper
- Fig.3.27 Wire end with disk stopper
- Fig.3.28 Connecting bar of outer tube and inner tube for non-rotation
- Fig.3.29 Tool to untighten ratchet mechanism
- Fig.3.30 Untightening ratchet mechanism
- Fig.3.31 Dismount of cylindrical stopper
- Fig.3.32 Setting up threaded stopper
- Fig.3.33 Marked tags and jig to prevent wire's confusion
- Fig.3.34 Disassembly of winding reel cover for azimuthal arm rotation wires at inside of arm shoulder
- Fig.3.35 Detail of winding reels for azimuthal arm rotation to be assembled within arm shoulder
- Fig.3.36 Winding reels for azimuthal arm rotation after removed the cover
- Fig.3.37 Unscrewing the clamp bolts after untightened the wire tension
- Fig.3.38 Disassembly of winding reel 1
- Fig.3.39 Side face of winding reel 1 after dismounted from the arm of the type A 100 manipulator

- Fig.3.40 Perspective view of azimuthal master arm rotation mechanism of the type A 100 manipulator
- Fig.3.41 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of slave arm telescopic tube of the type A 100 manipulator
- Fig.3.42 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.43 Jig to prevent wire's confusion
- Fig.3.44 Disassembly of azimuthal arm rotation mechanism of outer tube
- Fig.3.45 Azimuthal arm rotation unit of outer tube bottom end under disinsertion after untightened each wire and tape
- Fig.3.46 Disassembled arm rotation unit of outer tube bottom end
- Fig.3.47 Azimuthal arm rotation unit of inner tube under disinsertion
- Fig.3.48 Inside view of slave arm shoulder
- Fig.3.49 Wrist elevation/twist motion transmission mechanism at inside of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.50 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of master arm telescopic tube of the type A 100 manipulator
- Fig.3.51 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of master arm shoulder of the type A 100 manipulator
- Fig.3.52 Wrist elevation/twist motion transmission mechanism at inside of master arm shoulder of the type A 100 manipulator
- Fig.3.53 Winding reel for handle grip wire at inside of master arm of the type A 100 manipulator
- Fig.3.54 Conversion pulley for Z motion tape at outer tube lower part
- Fig.3.55 Taping for Z motion transmission mechanism of master/slave arm of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.56 Detail of Z motion transmission mechanism of master/slave arm of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.57 Pawl spanners
- Fig.3.58 Inserting Z motion tape stopper at part of arm rotation mechanism of inner tube top end

- Fig.3.59 Z motion tape under winding up onto the pulley of arm shoulder
- Fig.3.60 Square type tape stopper and slit hole on the winding pulley
- Fig.3.61 Adjustment of tape tension for Z motion
- Fig.3.62 Disassembly of a guide bar supporter for Z motion balance weight
- Fig.3.63 Setting dimension for Z motion balance weight on the tape
- Fig.3.64 Disassembled winding reel and wire end for handle grip motion at the part of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.65 Assembled winding reel for handle grip motion at the part of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator
- Fig.3.66 Winding reel for handle grip motion at the part of master arm shoulder of the type A 100 manipulator
- Fig.3.67 Winding reel for handle grip motion after disassembled from the master arm of the type A 100 manipulator
- Fig.3.68 Detail of the gas-proof mechanism of through-wall assembly
- Fig.3.69 Slave arm extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.3.70 Perspective view of slave arm extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.3.71 Perspective view of slave arm rotation mechanism of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.3.72 Separation of extension drive shaft and joint boss
- Fig.3.73 Perspective view of handle grip and wrist elevation/twist motion mechanism at slave arm of the type A 100 extended manipulator
- Fig.3.74 Wiring for wrist elevation/twist motion mechanism of slave arm of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.3.75 Taping for Z motion transmission mechanism of slave arm of the type A 100 extended reach manipulator
- Fig.3.76 Tightened link chain for arm extension
- Fig.3.77 Loosened link chain for arm extension
- Fig.3.78 Fixed end of link chain for arm extension
- Fig.3.79 Spur gears and shaft for arm extension

- Fig.3.80 Differential gear box disassembled from inner tube bottom end
- Fig.3.81 Electrical control circuit of the type A 100 manipulator
- Fig.3.82 Control unit of the type A 100 manipulator
- Fig.3.83 Control switches at part of a grip handle of the type A 100 manipulator
- Fig.3.84 Tong exchange device for the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.3.85 Tongs of the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.3.86 Booting port
- Fig.3.87 Exchange procedure of booting(a,b and c)
- Fig.3.88 Handle grip mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.3.89 Handle rotation mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.3.90 Handle inflection mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator
- Fig.3.91 Grip lever at the handle side
- Fig.3.92 Disassembly of pivot and set pin
- Fig.3.93 Disassembly of differential gear of tong side

1. ま え が き

燃料試験施設^{1)~5)}にはPu系燃料の照射後試験施設として $\alpha \cdot \gamma$ コンクリートセル、 $\alpha \cdot \gamma$ 鉛セルおよび気密ボックスなどの設備が設置されている。現在、これらの設備においてはPu系燃料に関する試験技術の調査検討、予備的試験および関連作業の技術的検討その他を実施している。 $\alpha \cdot \gamma$ コンクリートセルは、気密なセル構造になっており、気密保持のためのボックスをセル内に有していない。又、 $\alpha \cdot \gamma$ 鉛セルは、インナーボックスを有する型式のセル構造である。 $\alpha \cdot \gamma$ コンクリートセルの背面と天井面には、 α 放射能封じ込め系としての気密性を有する気密ボックス・メンテナンスボックスがセルと連絡出来る形で接続されている。これらの設備で以って構成されていることを総称し $\alpha \cdot \gamma$ セルラインと云う。

$\alpha \cdot \gamma$ コンクリートセルの遠隔操作機器として装備されているマニプレータは、セルの気密を保持するための構造を有する新しい型式の西ドイツ、Hans Wälischmiller 社製A 100型マスター/スレーブマニプレータである。 $\alpha \cdot \gamma$ 鉛セルのマニプレータも同社製A 15型ボールソケットトングマニプレータが使用されている。これらのマニプレータは、これまでに日本原子力研究所の高放射能取扱い施設において使用経験が全くなかった型式のものである。又、この様の状況のマニプレータに対し施設の円滑な運転を行うため、セル内およびセル背面メンテナンスボックスは、A 100型マスター/スレーブマニプレータの故障に充分対処出来る様になっている。

本報告は、 $\alpha \cdot \gamma$ セルラインの調整試験を通して得られたHans Wälischmiller 社製A 100型マスター/スレーブマニプレータおよび同社製A 15型ボールソケットトングマニプレータの技術的検討結果と同社への海外出張によって修得した保守技術をも含めてとりまとめたものである。これにより今後、燃料試験施設の $\alpha \cdot \gamma$ セルラインおよびこの種の高放射能取扱い施設で使用されている同社製A 100型マスター/スレーブマニプレータ、同A 15型ボールソケットトングマニプレータの保守に際して一助となり、施設稼働の向上に寄与出来れば幸いである。

2. 燃料試験施設のHWMマニプレータ概要

燃料試験施設の $\alpha \cdot \gamma$ セルラインにはHans Wälischmiller 社製（以下「HWM」と云う）A 100型マスター／スレーブマニプレータ（以下「A 100型マニプレータ」と云う）5対およびHWM A15型ボールソケットトングマニプレータ（以下「A 15型トングマニプレータ」と云う）3本の二種類が使用されている。図 2.1 に $\alpha \cdot \gamma$ コンクリートセル（以下「 $\alpha \cdot \gamma$ セル」と云う）に装備されたA 100型マニプレータを、図 2.2 に $\alpha \cdot \gamma$ セルラインにおけるこれらのマニプレータの配置状態を示す。

これらのマニプレータは、従来、原研の照射後試験施設などにおいて使用されて来たものとは具備されている操作機能が同じであっても構成要因の相違による機構および構造が大巾に変わっている。以下にこれらの事についてその概略を示す。

2.1 A 100型マニプレータ

2.1.1 構成および機能の概略

a. 構成

$\alpha \cdot \gamma$ セルのA 100型マニプレータは、セル内の α 放射能の封じ込めとセル内を高純度アルゴンガス雰囲気維持するために、セル操作側の壁を貫通する部分が完全な気密構造になっている所に最も大きな特徴がある。それ故にこのマニプレータの構成は、基本的に三つの主要部で行われている。すなわち、マスターアーム、スレーブアームおよび壁貫通中継要素から成る三分割構造である。A 100型マニプレータの基本寸法を図 2.3 に示す。

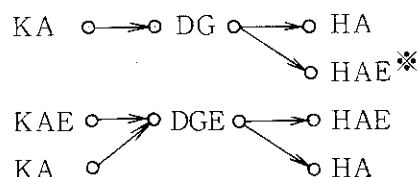
図において KA ; 標準型マスターアーム

KAE; エクステンドリーチ型マスターアーム

HA ; 標準型スレーブアーム

HAE; エクステンドリーチ型スレーブアーム

又、マスターアームとスレーブアームの中間にあつて、セル壁を貫通している壁貫通中継要素には標準型(DG)とエクステンドリーチ型(DGE)があり、これら主要部の可能な組合せを下記に示す。基本的組合せは、型式統一である。



*印はエクステンド機能の操作不可

ここでA 100型マニプレータの概略仕様を下記に示す。

イ. 動作範囲

- ・電動左右動作 (X) ; $\pm 30^\circ$

- 電動前後動作 (Y) ; 前方 70°, 後方 20°
- 電動上下動作 (E) ; 980 mm
- 手動左右動作 (X) ; 360°
- 手動前後動作 (Y) ; 前方 90°, 後方 20°
- 手動上下動作 (Z) ; 1000 mm
- 腕旋回動作 (U) ; ± 180°
- 手首ねじれ動作 (V) ; ± 360°
- 手首あおり動作 (W) ; 140°
- 握り動作 (G) ; 90 mm

ロ. 操作可能な荷重

- 爪先部任意状態最大荷重 ; 20 kg
- 腕下端部吊込み最大荷重 ; 80 kg

ハ. 気密性能

- 気密部漏洩率 ; 1 Vol・%/day

b. 機能の概略

このマニプレータの機能は大別して二つあり、その一つはこのマニプレータの特徴である気密機能、もう一つは従来型マニプレータと同じ各種の操作機能である。

気密機能を備えている部分が壁貫通中継要素で、各種の操作機能を伝達するための軸系とマニプレータホールに対する部分とから成る。動作を伝達する軸系の気密保持は、シール部への油封入による方法、壁を貫通しているマニプレータホールとのそれはゴム製リングシール法が採用されている。

操作機能は、このマニプレータを形成している全系統に渡っており前項に示した仕様から各種操作が行えることがわかる。これら操作機能の系統が三分割されることも特徴の一つと云える。セル内のスレーブアームと壁貫通中継要素との接続部（又は分離部）を各々正視した時の軸系の配列を図 2.4 に示す。又、操作側におけるマスターアームと壁貫通中継要素についての配列は、図 2.4 に示したセル内側とスレーブアーム側が各々入れ替わった状態になる。図 2.5 にこれら軸系と操作機能との関係を示す。

操作機能の種類と主な動作

- 握り機能 ; 手動により対象物を掴む。
- 腕旋回機能 ; 手動により操作腕を回転し目的の位置を確保する。
- ハンドねじり／あおり機能
; 手動によりハンドをねじり又は、あおり動作して目的の位置を確保する。
- Z 軸動作機能 ; 手動により操作腕を上下に移動し目的の位置を確保する。
- Y 軸動作機能 ; 手動および電動により操作腕を前後に移動し目的の位置を確保する。
- X 軸動作機能 ; 手動および電動により操作腕を左右に移動し目的の位置を確保する。
- エクステンド機能 ; Z 軸上において電動によりスレーブアームの操作腕のみ伸長・収縮し、遠い所の目的の位置を確保する。

c. 補 記

A 100型マニプレータの設計に関する概念や通常的な取扱い方法については、メーカーから入手した資料⁶⁾に示されている。この資料には、保守修理を行う場合に知っておかねばならない詳細な内部機構、構造およびその他の説明は、特に記載されていない。

2.1.2 A 100標準型マニプレータの機構および構造

A 100標準型マニプレータにおいて各機能の動作の伝達機構は、種々の方法および構造が採用されている。主にワイヤによる方法が採用されている。しかし、伝達系は、従来機種と違ってマスターアーム、スレーブアーム、壁貫通中継要素の三部分に分割されるために各々個別に形成してある。図 2.6～図 2.9 にそれぞれの操作機能の伝達系統を示す。マスターアームでの直線又は回転の動作は、ワイヤの直線運動に変えられ、壁貫通中継要素との接点では軸の回転運動に変換、壁貫通中継要素内では軸の回転として伝達され、スレーブアームでの動作が作られる。スレーブアームでの伝達経路は、マスターアームについて示したその逆をたどる。

以下に主要部の各機能の機構、構造についてA 100型マニプレータの特徴に注目しながらその概略を説明する。主な特徴がスレーブアームにあるので説明はスレーブアームの機構、構造から始める。

a. 標準型スレーブアームの機構および構造

標準型スレーブアームが壁貫通中継要素から分離された状態を図 2.10 に示す。標準型のスレーブアームに限られた事ではなく、スレーブアームの分離の時、分離操作の直前のマスターアーム各機能の動作状態がスレーブアームにおいても同じ状態にロックされ維持される。モーションロック機構の構造を図 2.11 に示す。図 2.12 は、壁貫通中継要素に対する分離後のスレーブアーム腕関節機構部の接続カップリングとロック爪を示している。図 2.11 のロック爪の操作によってスレーブアームの各機能を仕様の範囲内で自由に操作出来る。

壁貫通中継要素からの軸系は、腕関節機構が終点になり、ここで動作の伝達方法はワイヤに変換される。腕関節機構の詳細構造を図 2.13 に示す。こゝより延長されるワイヤは、スレーブアーム外筒下部および図 2.14 に示したスレーブアーム内筒下部のスレーブハンドの動作伝達構造（歯車、スプロケットおよび差動歯車機構など）へ動作を伝達する。スレーブアーム内部にはワイヤを中継する滑車中継要素、方向転換プーリなどが納まっている（図 2.15）。

標準型スレーブアームの機構および構造に関連する操作機能は、下記の通りである。

A 100 標準型スレーブアーム関連の操作機能

- 握り機能
- 腕旋回機能
- ねじり／あおり機能
- Z 軸動作機能
- Y 軸動作機能

握り機能のための機構および構造は、スレーブハンドの爪部で各種作業を行うために最も重

要な部分であり、他の機能のそれに比べて簡潔である(図 2.16)。腕関節機構内の軸端にある握り機能巻取りプーリは、握りワイヤの一端を固定し、軸の回転によってワイヤを巻取る。延長されるワイヤは、内筒の中で滑車中継要素 No. 4⇒内筒上部機構の方向転換プーリ⇒外筒下部腕旋回機構部の握りワイヤ端末取付部に連結されている。このワイヤを組み込んだ滑車中継要素は、小形のチェーンによってスレーブアーム先端に固定のスレーブハンドに接続される。

腕旋回機能のための機構および構造は、スレーブアーム外筒下部腕旋回機構と腕関節機構内のワイヤ巻取りプーリおよびこの間を連絡している二本のワイヤによって構成されている。図 2.17 に標準型スレーブアームの腕旋回機能の構造を示す。一本の腕旋回ワイヤは腕を右方向へ回転させるためのものであり、もう一本は腕左回転用である。互のワイヤは、各々のワイヤ張力によって釣り合いを保っている。腕関節機構内の軸端にある腕旋回機構ワイヤ巻取りプーリは、二個組合されていて前記二本のワイヤの一端を各々固定し、一本のワイヤを時計回り方向に、もう一本のワイヤを反時計回り方向にそれぞれ巻込んでいる。腕旋回軸の回転によって巻取りか又は巻戻しを行う。ワイヤの延長部分は、数個の方向転換プーリによって導びかれ外筒表面を経て外筒下部腕旋回機構の円筒外周面にある溝に巻込まれる。ここでも各々のワイヤは時計回り方向と反時計回り方向に巻取られ、ワイヤ端末は、ねじ駒による方法とラチェット構造によって取付けられていて、ラチェット構造側の端末でこのワイヤ系の張力調整が行われる。

スレーブハンドねじり／あおり機能の機構および構造は、スレーブハンドのねじり機能とあおり機能の二つの機能が互に密接な動きを行うため、二つの機能を合せた機構と構造の説明を行う。腕関節機構内の軸は、二本の軸が対称的位置に配置されている。これ等二軸の機能は互に補完し合う状態で各々の働きをする。しかし、以後の説明のために図 2.4 では便宜的に固定して示した。腕関節機構内において軸端の傘歯車にワイヤ巻取りプーリと一体の傘歯車が咬み合い、このワイヤ巻取りプーリに二本のワイヤ端が固定されている。これらのワイヤの巻込みは、時計回り方向と反時計回り方向になっていて、この構成から出来ている機構が二組ある。標準型スレーブハンドねじり／あおり機能の構造を図 2.18 に示す。四本のワイヤの延長部分は、腕関節部の転換プーリを経て、二個で一組を構成する滑車中継要素に組み込まれた後、内筒上部機構プーリを経て外筒下部腕旋回機構部のワイヤ端末取付個所に固定される。滑車 No. 2 および No. 5 から出たワイヤ端末は、ラチェット構造をもつ軸に取付けられ、各々ワイヤ張力調整が行われる。二組の滑車中継要素のチェーンはスプロケットに組み込まれ(図 2.14)、内部下部端部の差動歯車機構を動かす、スレーブハンドへその動きを伝達している。腕旋回機能の角度 0° 位置の内筒内では組み込まれているプーリと四本のワイヤは、平行状態になり、決して交差しない。この事は、ワイヤの保守修理技術において基本的に重要なことである。

Z 軸動作機能のための機構および構造は、スレーブアームの内筒を伸縮するためのテープとこのテープを巻取りおよび巻戻す腕関節機構に設置されたテープ用プーリ、内筒上部機構のテープ固定部などで構成されている。図 2.19 に標準型 Z 軸動作機能の構造を、図 2.20 にアームの動作方向とテープ構成の関係をそれぞれ図示した。A 100 型マニプレータの操作系統にテープを使用しているのはこの機能だけである。テープ用プーリと一体の傘歯車は、腕関節機構の軸端の傘歯車と咬合っていて動作が伝達される。図 2.20 の二個のプーリは、各々アーム伸長用のテープ a とアーム収縮用のテープ b を巻取り、テープ端が固定されている内筒上部機構を上下

に移動する。テープ a の巻取りとテープ b の巻戻しが同時に行われている。テープ端は、駒にスポット溶接され、取付は内筒上部機構およびプーリ円筒面のスリットに駒を挿入して行っている。テープ張力は、プーリへのテープ巻取り具合によって作られ、プーリを固定する押えナットで堅固に維持される。

Y軸動作機能のための機構および構造は、腕関節機構の軸部の歯車群とスレーブアームの内筒・外筒を保持する支点機構とからなり、簡明に構成されている。保守技術上、この機能の必然的な操作の必要はないが他の機能の便利のためにその操作を要求されることはある。

b. 標準型マスターアームの機構および構造

操作室にある標準型マスターアームの壁貫通中継要素から分離された状態を図 2.21 に示す。マスターアームが使用状態にある時は、各機能の操作性を調節するためのバランスウェイト機構が四種類組み込まれている。マスターアームを分離する場合はバランスウェイト(1)および(2)が除去されている。分離後のマスターアーム各機能のロック又はアンロックはモーションロックレバーの操作による。モーションロック機構は、腕関節機構部の胴内にあり、図 2.12 と類似の方法がとられている。しかし、各機能を個別に操作することが出来ない点は、スレーブアームと違った特徴である。マスターアームの腕関節機構(図 2.22)は、ワイヤ・テープの動きを軸構造の動作伝達法に変換し、壁貫通中継要素の軸系に動作を伝える。この部分の胴はスレーブアームに比べ長くなっており、X軸動作電動駆動機構およびY軸動作電動駆動機構が組み込まれている。標準型マスターアームのアーム構造、各機能の機構と構造は、標準型スレーブアームにほぼ同じである。

標準型マスターアームの機構および構造に関連する操作機能は、下記の通りである。

A 100 標準型マスターアーム関連の操作機能

- 握り機能
- 腕旋回機能
- ねじり／あおり機能
- Z 軸動作機能
- Y 軸動作機能（手動および電動）

握り機能のための機構および構造は、標準型スレーブアームと同じに簡潔である(図 2.16)。動作の起点は図 2.23 に示すマスターハンドにあって、ピストル形握り構造になっている。内筒内のワイヤ構成、ワイヤ端末取付方法など標準型スレーブアームと同じ。しかし、腕関節機構内のワイヤ巻取りプーリ部の構造が違っている。すなわち、傘歯車によって回転軸が 90° 方向転換されていて、その取付は、他の機能系の方向転換プーリ台側面にボルトで固定されている。図 2.24 は、マスターアームの腕関節機構部の握りワイヤ巻取りプーリ構造を示している。握りワイヤ巻取りプーリは、傘歯車と一体の軸とともにプーリ台に固定される。取付ボルトは、Y 軸動作の扇形歯車側の間から締付ける様になっていて、極めて狭い空間に取付けられているため保守作業は細心の注意が必要である。

腕旋回機能のための機構および構造(図 2.17)は、標準型スレーブアームと相違する部分が

三箇所ある。その一は、外筒下部腕旋回機構部のワイヤ末端処理方法にあり、ラチェット構造がなく双方ともねじ留めになっている。その二は、ワイヤ張力の調整方法で外筒表面を腕関節機構に向って走る二本のワイヤの中央にターンバックルが各々つけられており、ワイヤ張力の調整が行える。最後は、腕関節機構部の巻取りプーリの構造にある。マスターアーム側の巻取りプーリはスレーブアームのそれと異なり、巻込み溝が右巻き方向の単体構造のプーリにワイヤが巻き取られている。

ねじり／あおり機能のための機構および構造は、標準型スレーブアームと同じ構成となっているが各部の配置構造がマスターアーム軸心に対してすべて点対称になっている。図 2.18 の右部はマスターアームのねじり／あおり機構の構造を示したものである。具体的には腕旋回機構部のワイヤ末端取付箇所および腕関節機構部の巻取りプーリの配置は、握りワイヤを中心に入替っている。又、腕関節機構の伝達軸にねじりおよびあおり動作を調整するための重錘（バランスウェイト）が取り付けられている。

Z 軸動作機能のための機構および構造において標準型スレーブアームと異なる大きな特徴は、正常状態で使用される時、Z 軸動作の操作性を調整するための重錘（バランスウェイト）がマスターアームの Z 軸動作機能テープに固定され案内軸に沿って上下動を行うことである。テープとこのバランスウェイトの固定は、図 2.25 に示す二本のボルト（品番 11）によってテープテンションローラ（品番 7）、テンション板バネ（品番 6）とともに挟み込んで行われている。上下動の安定性を維持する案内軸は、断面 A-A の四個のローラで上下二組によって周囲から保持されている。内筒の上下移動位置とバランスウェイト取付位置とは、密接に関係している。Z 軸動作を上限にした時、マスターアーム外筒下部の Z 軸動作機能テープ方向転換プーリの中心とテープテンションローラとの中心距離は 100 ± 2 mm である。この関係が守られていない場合はバランスウェイトが上限又は下限で停止しアームの正規なストロークが確保出来ない。その他の構造は、標準型スレーブアームと同じである。

Y 軸動作機能のための機構および構造は、標準型スレーブアームと同じであるが扇形歯車の一部分から腕がのびていて電動駆動機構の軸および Y 軸動作バランスウェイト(2)（図 2.21）調整のリンク機構に接続されている点に違いがある。図 2.26 にマスターアーム Y 軸電動駆動の構造を示す。電動駆動での最大操作範囲は、前方に 70° で、手動にて 20° 前方に操作すると合計 90° 、すなわちスレーブアームが水平な状態になる。

マスターアームの X 軸動作機能には保守技術を必要とする機構および構造が含まれていないけれど全体の機構および構造の理解を深めるためその概略を示す。手動操作の X 軸機能は、壁貫通中継要素にマスターアームとスレーブアームの双方が接続された時、壁貫通中継要素部分の回転によって可能となる。電動駆動の最大操作範囲は左右方向に各々 30° 、駆動機構は腕関節機構部のモーションロック機構のある円筒外周部回転構造と駆動軸、モータなどから構成されている。図 2.27 にマスターアームの X 軸電動駆動構造を示す。

c. 標準型壁貫通中継要素の機構および構造

壁貫通中継要素は図 2.28 に示すマニプレータホールに装着され、操作側にはマスターアーム、セル側にスレーブアームが接続される。図 2.29 に壁貫通中継要素の構造の断面を示す。マスターアームの動作は、図 2.4 に示した配列の軸によって行われ、軸端にはセル側はボールピンカ

カップリング、操作側はボールソケットカップリングが付く伝達軸構造になっている。標準型のものには図 2.4 の軸配列のうちエクステンド駆動軸・E が欠けている。これらの伝達軸には動きを阻止しておくための機構がなく、自由に回転出来る。動作伝達軸の配列中心にスレーブアームを受入れ支持するフックを操作するための軸があって、操作側の軸端に歯車構造の操作機構がある。

気密保持機構は、全部操作側の壁貫通中継要素の端部にある。マニプレータホールに対してはシールリング構造、貫通している伝達軸系に対してはオイルシール構造が採用され、油によって完全な気密保持を行い、封入した油はオイルゲージによって監視出来る。X 軸動作機能の構造は特殊なボールベアリング機構になっていて、この回転する部分の気密保持も特殊な大型オイルシール構造と前記の封入オイルによってなされている。

2.1.3 A 100 エクステンドリーチ型マニプレータの機構および構造

A 100 エクステンドリーチ型マニプレータの機構および構造は、A 100 標準型マニプレータのそれらには、類似しているがスレーブアーム側にエクステンド機構が組み込まれているためワイヤ・テープの構成に違いを持っている。図 2.30～図 2.32 に握り機能を除く各操作機能の伝達系統を示す。この節では各機能とエクステンド機構との関係に重きをおいて A 100 型マニプレータの機構および構造の特徴を概略説明する。

a. エクステンドリーチ型スレーブアームの機構および構造

エクステンド型スレーブアームが壁貫通中継要素から分離された状態を図 2.33 に示す。動作をロックする機構は前に示した図 2.12 のモーションロック機構の構造と同じでエクステンド機能の軸にはロック機構がない。エクステンド機能と Y 軸動作機能を除く標準型スレーブアームで説明したすべての機能は、エクステンド機能が作動してもその影響を受けないでエクステンド機構を経由して作動させることが出来る。

エクステンドリーチ型スレーブアームの機構および構造に関連する操作機能は、下記の通りである。

A 100 エクステンドリーチ型スレーブアーム関連の操作機能

- エクステンド機能
- 握り機能
- 腕旋回機能
- ねじり／あおり機能
- Z 軸動作機能
- Y 軸動作機能

エクステンド機構および構造；スレーブアームを二段に伸縮する機構を持っているとともに握り機能、腕旋回機能、スレーブハンドねじり／あおり機能および Z 軸動作機能のワイヤの長さおよびテープの長さの調整を同時に行える機構および構造になっている。エクステンド型スレーブアームは、標準型スレーブアーム用と同一型式の外筒を保持案内するため、外側にエク

スタンド外筒を有している。図 2.34 はエクステンド機能の構造を示したもので、以下この図に従って機構の説明を行う。エクステンド駆動機構は、腕関節機構部の軸端の歯車構造によってエクステンド外筒表面にある駆動軸に導びかれる。軸は、エクステンド距離に相当する雄ねじになっており、先端が雌ねじの筒状軸が外筒下部まで延長されこの部分に固定されている。動作は、腕関節機構のエクステンド用軸の回転により歯車構造を経由し、ねじ構造に伝えられ、雌ねじ側の筒状軸の伸縮動がそのままエクステンド外筒を案内とする外筒の伸縮になる。ワイヤ・テープのエクステンド調整機構は、固定プーリ台、可動滑車レール、可動滑車およびチェーン/スプロケットから構成されている。腕関節機構より延長された各機能のワイヤおよびスレーブアーム内筒上部よりのテープは、必ず可動滑車・ E_0 に導びかれた後、固定プーリ台の各機能に適合したプーリ E_1 、 E_2 、又は E_3 のいずれかの滑車を経由して、以下標準型スレーブアームと同様に外筒下部腕旋回機構のワイヤ取付個所および腕関節機構のテープ巻取りプーリに固定される。可動滑車台は、チェーンによって外筒下部側の方向に引張られている。このチェーンは、スプロケット台上に一端が固定されていて可動滑車台のスプロケットを経由後、スプロケット台上のスプロケットを経てエクステンド駆動軸の雌ねじ部に固定される。完全にワイヤ・テープが組み込まれることによってチェーンに張力が与えられ、ワイヤ・テープの全張力とチェーンの張力とは釣り合いを保つ関係におかれる。従って、前者の全張力を過大に設定することは、チェーンの張力も過大な状態になっている。一本、一本のワイヤ・テープの張力調整は、細心の注意が必要である。

エクステンド駆動と調整機構の作動関係を説明する。今、エクステンド駆動系によってスレーブアーム外筒が伸長すると同時にエクステンド駆動軸部の雌ねじとスプロケット間のチェーンの長さは同じ距離だけ短くなり、一方、外筒の伸長分だけ各機能のワイヤ・テープの長さは、伸長前に比べて不足してくる。この不足したワイヤ・テープの長さは、先のチェーンの短くなった距離の 2 分の 1 だけ可動滑車が腕関節機構側へ移動することによって補われる。図 2.35 に腕旋回機能のエクステンド調整機構部ワイヤリングの例を示す。エクステンド距離ゼロの時の可動滑車・ E_0 と固定プーリ・ E_1 との最大軸間距離は 565 mm で、この距離は他のすべての機能のワイヤ・テープについても同じである。

スレーブアームの機構および構造に関連する操作機能は、A 100 標準型に全く同じであるがワイヤ・テープのエクステンド機構に対する組み込みを中心に各操作機能の機構および構造を下記に示す。

握り機能の機構および構造；標準型同様に内筒を経由した握りワイヤは、固定プーリ台の延長部の図 2.36 に示す固定プーリ・ E_4 により方向転換し、可動滑車・ E_0 の下方より入り方向転換の後、固定プーリ・ E_3 を経て腕関節機構の握りワイヤ用巻取りプーリに巻き込まれる。可動滑車群および固定プーリ群の中央に位置するプーリが握りワイヤ用である。

腕旋回機能の機構および構造；図 2.37 にこの機能の機構および構造を示す。図において標準型スレーブアームと違う所は、エクステンド機構へワイヤが組み込まれている点だけである。腕関節機構からのワイヤは、固定プーリ・ E_3 を経て可動滑車・ E_0 の上側より下方に入り方向転換、固定プーリ・ E_1 を経て固定プーリ・ E_2 にて上方より下側へ再び方向転換し外筒下

部腕旋回機構へ接続される。この機構の二本のワイヤは、可動滑車群および固定プーリ群の両端を通過している。

スレーブハンドねじり／あおり機能の機構および構造；エクステンドリーチ型スレーブアームのスレーブハンドねじり／あおり機能の機構および構造は、四本のワイヤがエクステンド機構を經由しているため複雑になっている（図 2.38）。これを立体的に図示すると図 2.39 の様になり、外筒下部腕旋回機構および腕関節機構の部分は、標準型スレーブアームに同じである。腕関節機構の巻取りプーリからのワイヤは、固定プーリ・ E_3 を経て可動滑車・ E_0 に上側より入り方向転換して外筒上部固定プーリ・ E_4 へ、そして内筒機構を經由後に外筒下部腕旋回機構に固定される。

Z 軸動作機能の機構および構造；エクステンド機構部のすでに説明した握り機能、腕旋回機能およびスレーブハンドねじり／あおり機能の機構・構造とこの機能のそれとでは二つの違いを持っている。標準型に対してはエクステンド機構に組み入れられている以外大きな違いがない（図 2.40）。腕関節機構の巻取りプーリを基点とするテープは、平行してエクステンド機構へ入るが図 2.40 のテープ a は、テープテンションプーリ、固定プーリ・ E_3 を経て可動滑車・ E_0 に上方より下方に入った後、固定プーリ・ E_2 で再び上方に出て方向転換し以降は標準型スレーブアームに同じである。テープ b は、固定プーリ・ E_3 と可動滑車・ E_0 との間、すなわち固定プーリ・ E_1 、 E_2 の位置に相当する部分にあるテープテンションバネを経て可動滑車・ E_0 にテープ a と同じ方向から入る。以後は標準型スレーブアームに同じ。故に、第 1 の違いは、エクステンド機構内のテープ経路にあり、第 2 は、テープテンション機構を持っている点である。

Y 軸動作機能の機構および構造；標準型スレーブアームに全く同じ。

b. エクステンドリーチ型マスターアームの機構および構造

図 2.41 にエクステンドリーチ型マスターアームの外観を示す。この図と図 2.21 を比べて違っている点は、胴部の外側にエクステンド駆動のためのモーターとマスターハンドに操作スイッチが装着された構造である。

マスターアーム部エクステンド機構がすなわちエクステンド駆動源になる。モーターの軸端にスプロケットがあってチェーン駆動され、モーターと隣接ブロックのスプロケットがエクステンドのストローク上限と下限を制御している。

A 100 エクステンドリーチ型マスターアーム関連の操作機能は、同型のスレーブアームに同じであり、機構および構造は標準型マスターアームで説明した内容に同じである。

c. エクステンドリーチ型壁貫通中継要素の機構および構造

エクステンドリーチ型壁貫通中継要素の機構は、標準型のそれに全く同じであるがエクステンド機能のための伝達軸が一本付加されている点で構造は違う。この要素に組み込まれた放射線遮蔽材を貫通している軸構造が他の機能系と同じ方法で追加されている。図 2.4 に示した軸配列がこの型の壁貫通中継要素である。操作側のマスターアームエクステンド機構との接続は、軸端のスプロケットとチェーンで行われる。標準型同様に伝達軸は自由に回転する。その他の構造は、標準型のものに同一である（図 2.29）。

2.1.4 A 100 型共通部の機構および構造

A 100 型マニプレータには同一機構および構造をもつ主要部がある。以下にこれら共通部について機構および構造の詳細を示す。

a. 滑車中継要素の構造

滑車中継要素は、型式およびアームの違いにかかわらずすべてに使用されている主要部の一つである。握り機能用に一組、ねじりおよびあおり機能用に対を形成したものの二組がアームの内筒に組み込まれている。図 2.42 に構造を示す。I 型が握り機能用で一個の滑車の端にテープ、チェーンを経てハンド接続部がある。スレーブハンドはねじ構造、マスターハンドはこの接続部よりさらにチェーンで延長され環状構造になっている。U 型は、ねじりおよびあおり機能用で中央にチェーンがあり、テープによって両端に滑車が付いている。

b. ハンド動作伝達機構の構造

この機構は、アームの下部にあって滑車中継要素へハンドの動きを伝える部分である。図 2.43 で作動を説明する。握り操作機能は、ハンド部の握りによって左図のチェーンが案内部分を通して上下に動き、滑車中継要素に組み込まれたワイヤに伝えられる。あおり操作機能は、歯車軸⑨を左図の様に上下にあおった時（この時歯車軸⑨は回転しないものとする。）これに咬合している左右の差動歯車が同じ方向に同じ角度回転し、平歯車を経てスプロケット⑧が回転する。U 型滑車中継要素がこのスプロケットに咬合わさされていて上下動に変換作動する。ねじり操作機能は、歯車軸⑨を回転した時差動歯車が互に逆方向に同じ角度回転、同様にスプロケットを経て U 型滑車中継要素で逆方向の上下動の作動である。

c. マスターアームカールコード

マスターアームのハンドには X 軸、Y 軸およびエクステンダの電動駆動制御するためのマイクロスイッチがあり、制御盤との間は、カールコードで接続されている。ハンド部に装備されているスイッチは一機能に 2 個、合計 4 個（標準型）又は 6 個（エクステンダリーチ型）、すなわち、一方向の動作に 1 個使用されスイッチボタンのみ露出し他はカバーで覆われている。制御盤側はターミナル方式で結線されている。図 2.44 にコードの形状および仕様を示す。

2.2 A 15 型トングマニプレータ

2.2.1 機能および性能

a. 機能

α 鉛セルに装備してある A 15 型トングマニプレータは、図 2.45 に示す様にマスターハンドとスレーブハンドが相互に逆方向に屈曲する構造になっており、在来のボールソケットトングマニプレータに比べ複雑な機構をもっている。ボールソケット部への装着、ブーツを着けて使用される時のスレーブハンド部分にも特徴がある。インナーボックスと接続されるブーツは、ボックスのブーツリングで固定、他の一端は気密構造を備えた機構に接続されている。

図 2.46 に操作機能と性能を示す。

A 15 型トングマニプレータの使用上の特徴は、軸が屈曲可能な機能をもっていることによって軸の大きな移動を伴わないで操作領域が広くとれる点にある。ボール芯を中心としたトング

マニプレータ軸（以下、「トング軸」と云う）の 60°円錐形旋回機能、往復作動の前後動機能および握り機能は、従来機種に同じである。ハンド屈曲と円錐形旋回の両機能を組合せた操作では操作可能な範囲が広げられ、従来機種に見られた死角域を少くしている。又、従来機種機能のトング軸の左右回転の他に、軸回転を伴わないハンド部分だけの回転機能が備えられている。トング軸回転機能にはボール貫通穴内の摩擦抵抗があるのに比べ、ハンド回転機能は抵抗が非常に少ない。ハンドが屈曲状態にあってもこのハンド回転機能はその役目を果たせる。

b. 性能

A 15 型トングマニプレータの性能を次に示す。

操作機能の種類と性能の一覧

- 握り機能・G ; 最大開き 100 mm
- 軸回転動作・U ; ±無限大
- 軸前後動作・Z ; 900 又は 1,000 mm
- ハンド回転機能・V ; ± 340°
- ハンド屈曲機能・W ; ± 90°
- ボール芯旋回 ; 60°円錐状
- 気密機能 ; 負圧 30 mm 水柱時の漏れ率 1 Vol・%/day

2.2.2 機構および構造

図 2.47 に α γ 鉛セルのインナーボックスへ、このマニプレータを気密型トングマニプレータとして装備した状態を示す。インナーボックスは、 α 放射能をボックス内に封じ込めるための設備であり、トングマニプレータはブーツおよび気密機構によって気密が維持されている。

a. 握り機構

トング軸内の握り機構の構成は、棒状の軸、チェーンで形成されている伝達軸系と爪先を接続するピストン部、てこ原理によっているハンド部から出来ている。ハンド部のレバーを締め込めばトングが閉じられ、締め込み力を解放すればトング部の戻しばねの力で伝達軸は元に復帰する。ハンド屈曲部分はチェーン構造になっていて、軸の接続ねじは、ハンド部が左ねじ、トング軸部が右ねじ (M3・ねじ込み量 3 mm) となっている。

b. ハンド回転機構

図 2.48 にハンド回転機構の構成を示す。トング軸部両端の差動歯車機構(1)および(2)によって動作が伝達される。トング軸部の伝達軸は中空構造になっていて、握り機構の軸を収納している。差動歯車機構の軸と中空軸の接続は、矩形爪クラッチ状の咬み合い構造になっている。図において C および C' は、中間歯車軸心となりここを中心とした回転で動作伝達が行われる。

c. ハンド屈曲機構

屈曲機構の主要部は歯車構造で形成されている。軸心を対称に前項のハンド回転機構と対面する形の歯車構造が屈曲機能である。屈曲運動は傘歯車によって回転運動に転換され、再び傘歯車によって屈曲運動に戻される。トング軸部は中空軸になっていて、前項のハンド回転機構の中空軸を内包する。ハンド部およびトング部側の傘歯車は固定されていて、各々の配置はハンド部と

トング部で点対称に組み込まれている。

d. トング側気密機構

A 15 型トングマニプレータを気密型として使用する場合、図 2.49 に示す気密機構が必要である。この機構には二つの気密構造が採用されていて、一つは図のブーツ先端と気密機構外周面の固定密封、もう一つはトング握り機能伝達軸部のゴム製ベローズ（図中の 4）である。本体の接続は④部、握り機能の接続は⑤部の各々のねじによって構成され、同時操作のねじ込みによって行われる。

以上、A 100 型マニプレータおよび A 15 型トングマニプレータについての構成、機能の概略、機構および構造の詳細など説明した。A100型マニプレータにあって、それらの基本は、標準型にある。そして、セルの内外に位置するスレーブアームとマスターアームは各々その特性に合った特徴を持っている。A15型トングマニプレータは、外観的に単純な棒の様に見えても複雑な機構によって形成され、在来機種にない機能を備えている。

この章で使用した図面の多くは、HWM社より入手した基本的なもので構造の詳細説明には不適切な図も含まれている。これを補足するため次章に述べる保守技術を究明した際に作成した図を併用し、正確な機構および構造の理解を深めるための一助とした。

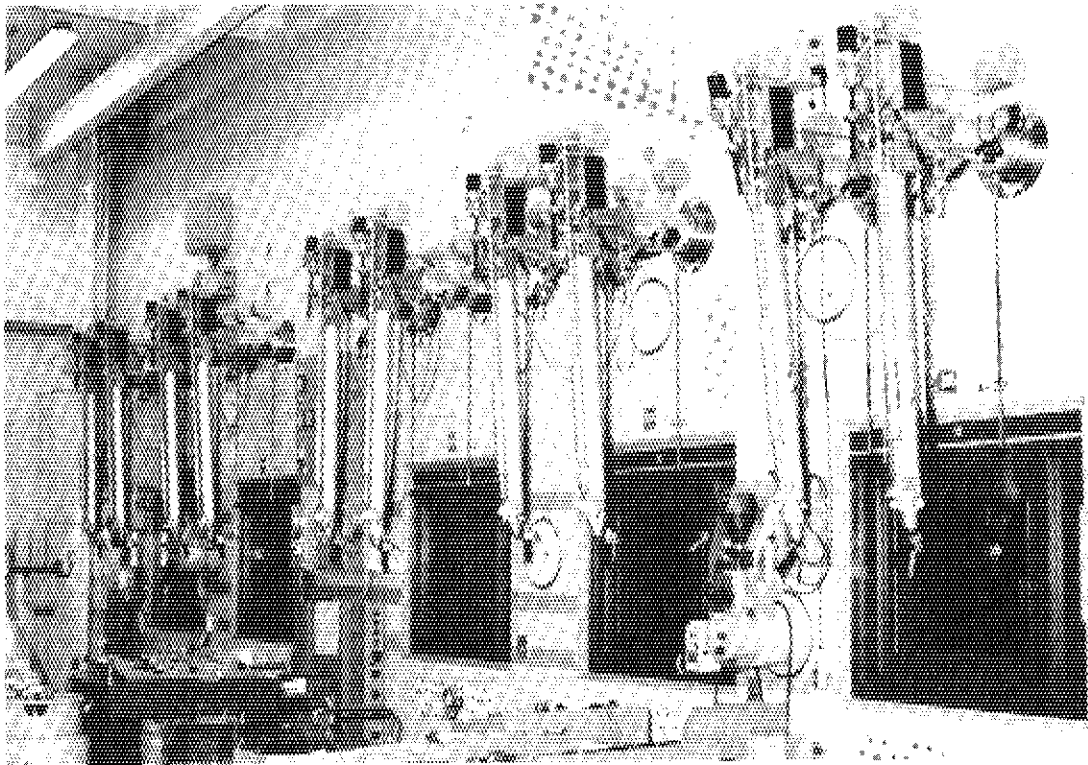


Fig.2.1 General view of the HWM type A 100 manipulators installed onto the alpha-gamma cell of the RFEF

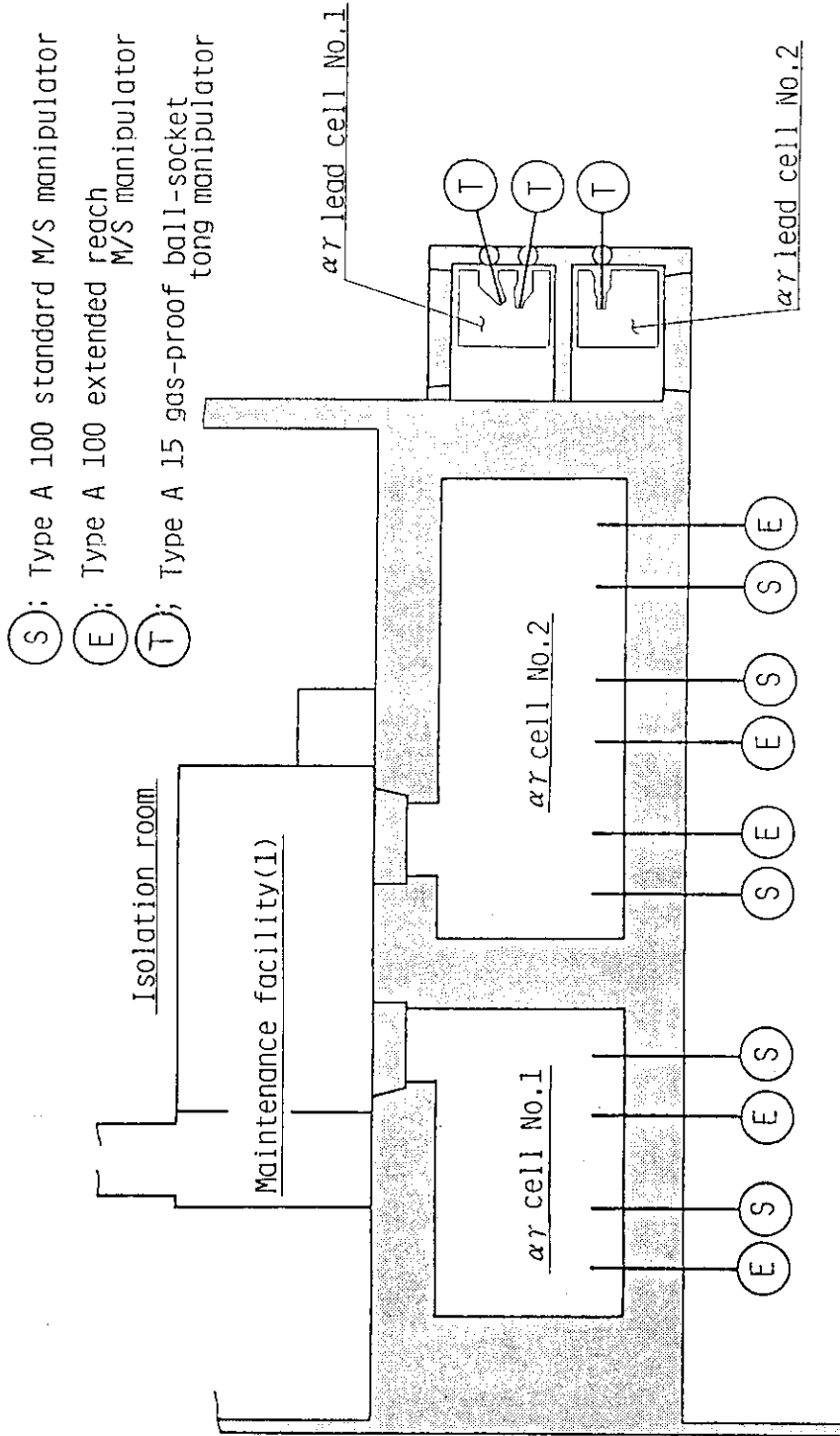
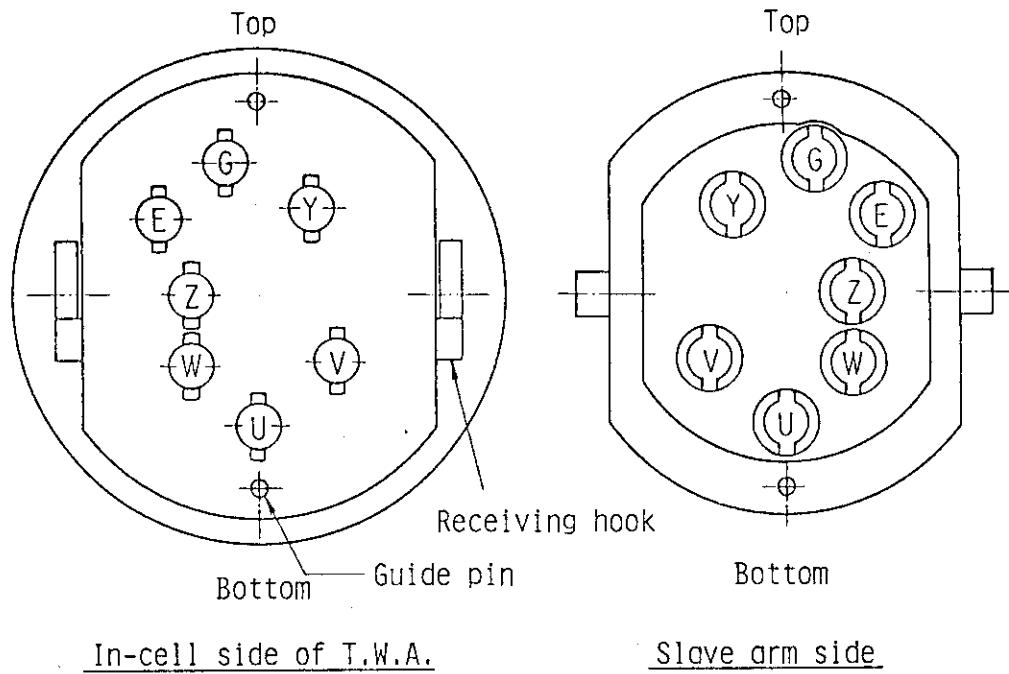


Fig.2.2 Arrangement of the HWM manipulators at the alpha-gamma cells



Remark: Motion of each shaft noted with E,G,U,V,W,Y and Z is as shown in Fig.2-5.

Fig.2.4 Layout of the transmission shafts installed within through-wall assembly(T.W.A.)

- E : Slave arm extension motion (extended reach type only)
- G : Handle grip motion
- U : Azimuthal arm rotation motion
- V : Wrist twist motion
- W : Wrist elevation motion
- Y : Y axis motion
- Z : Z axis motion
- X : X axis motion

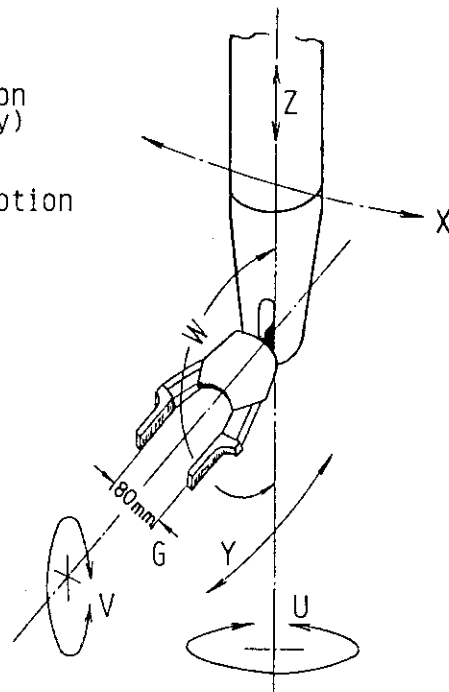


Fig.2.5 Relationship between the each notation of transmission shaft and operational motion

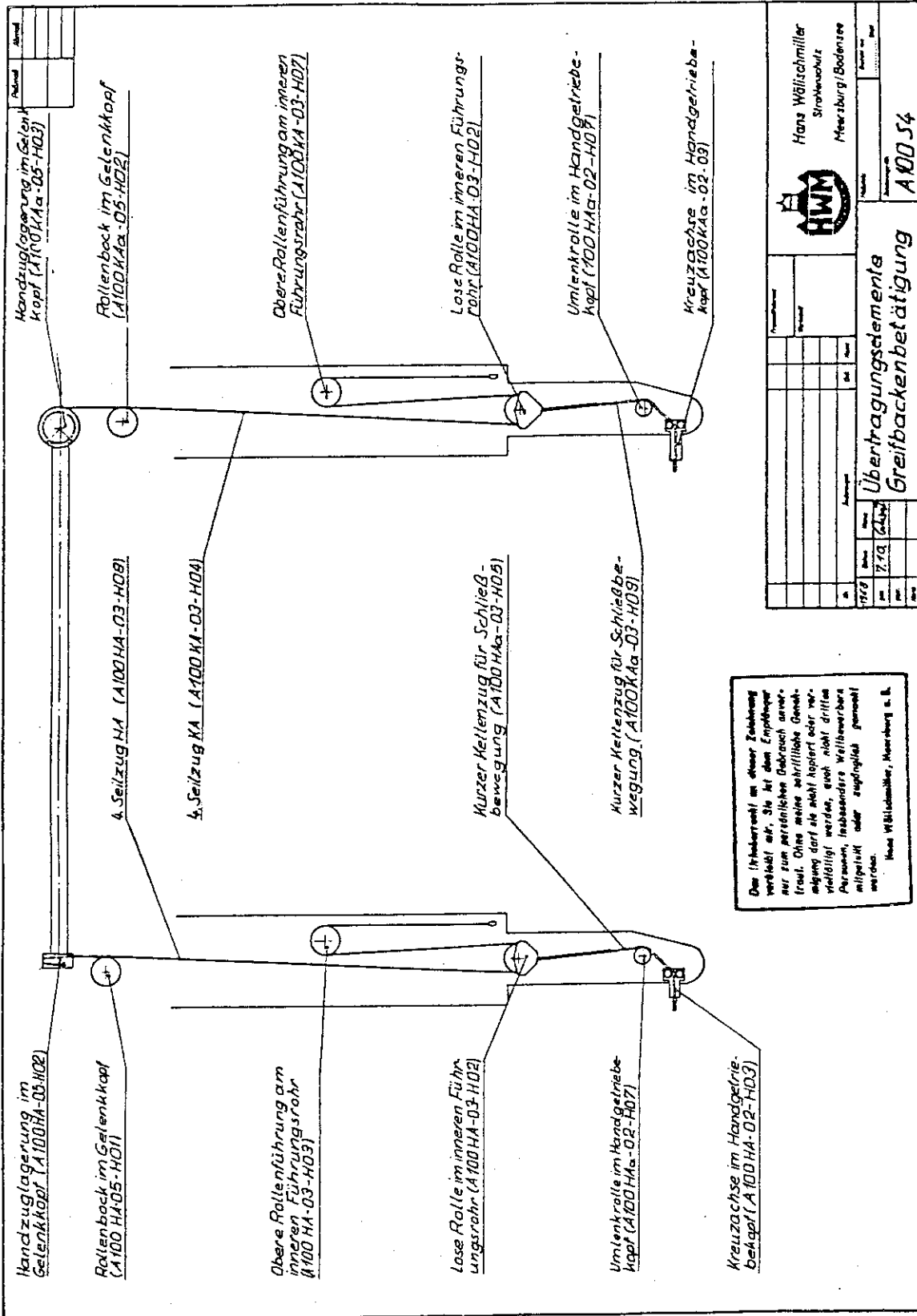


Fig.2.6 Constitution of handle grip motion transmission of the type A 100 standard manipulator

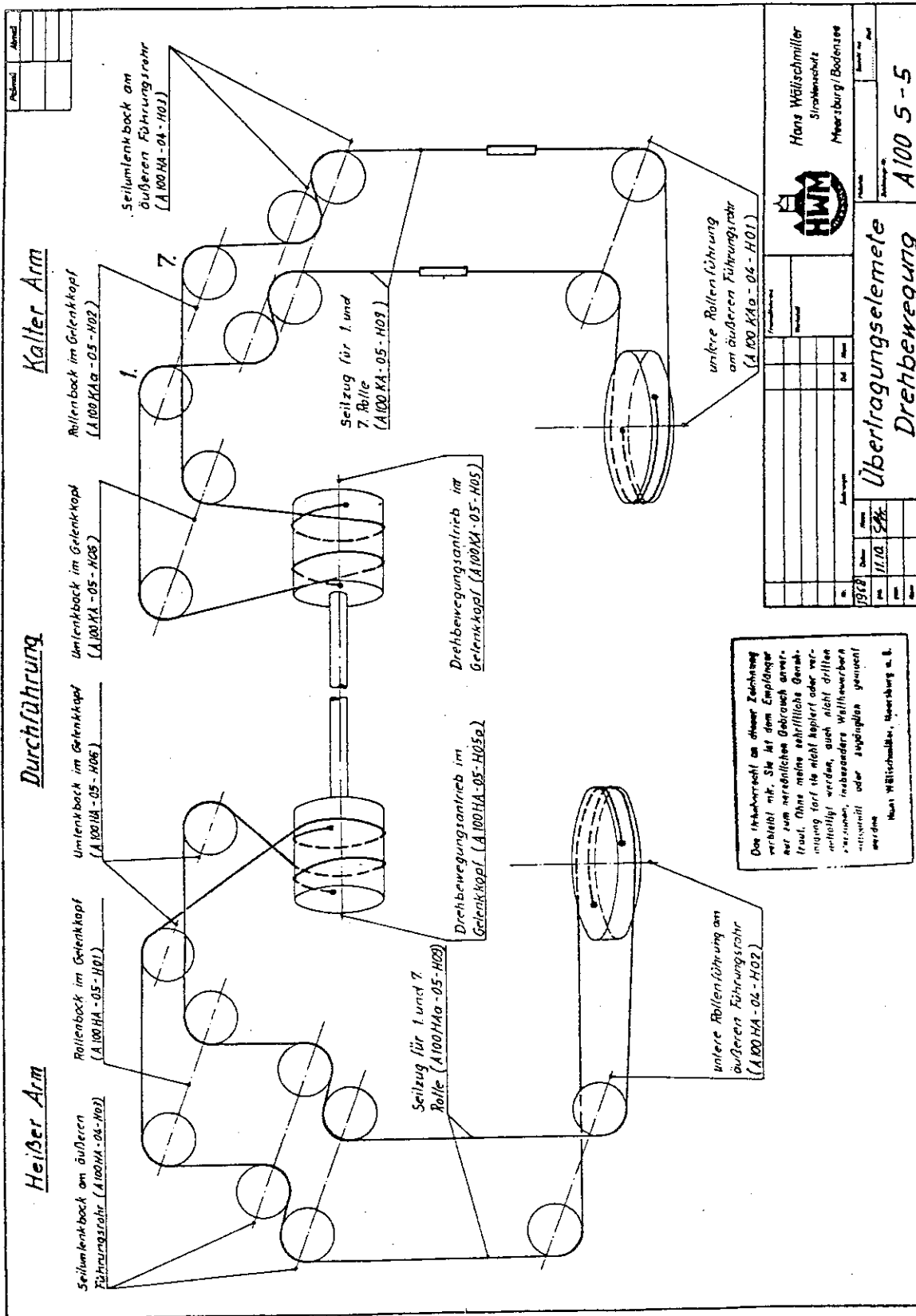


Fig. 2.7 Constitution of azimuthal arm rotation motion transmission of the type A 100 standard manipulator

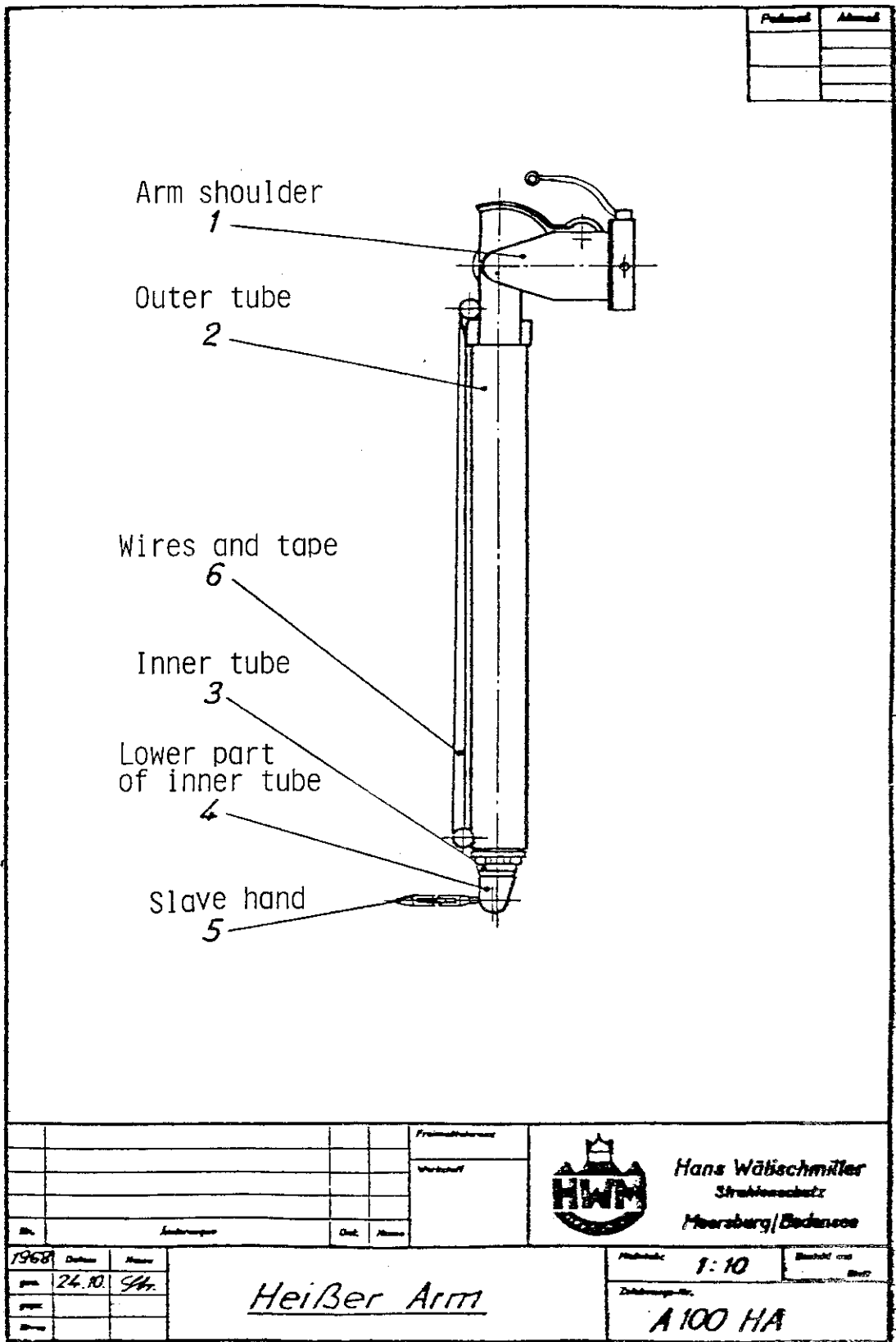


Fig.2.10 Typical parts the type A 100 standard manipulator slave arm

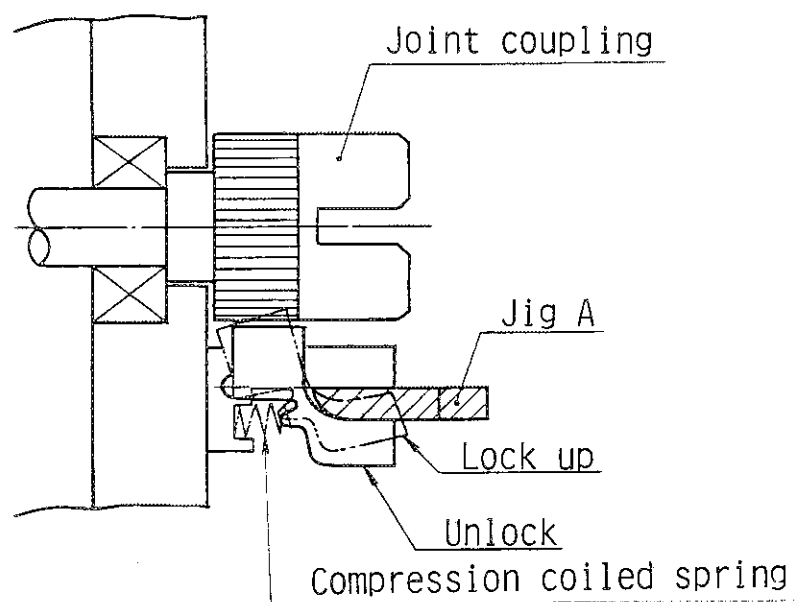


Fig.2.11 Motion lock mechanism of slave arm shoulder

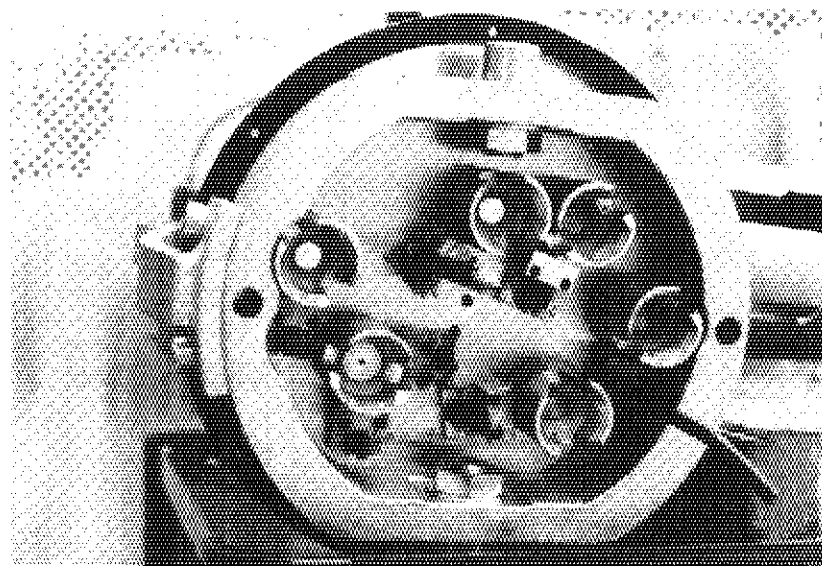


Fig.2.12 Joint and motion lock mechanism installed within slave arm shoulder end

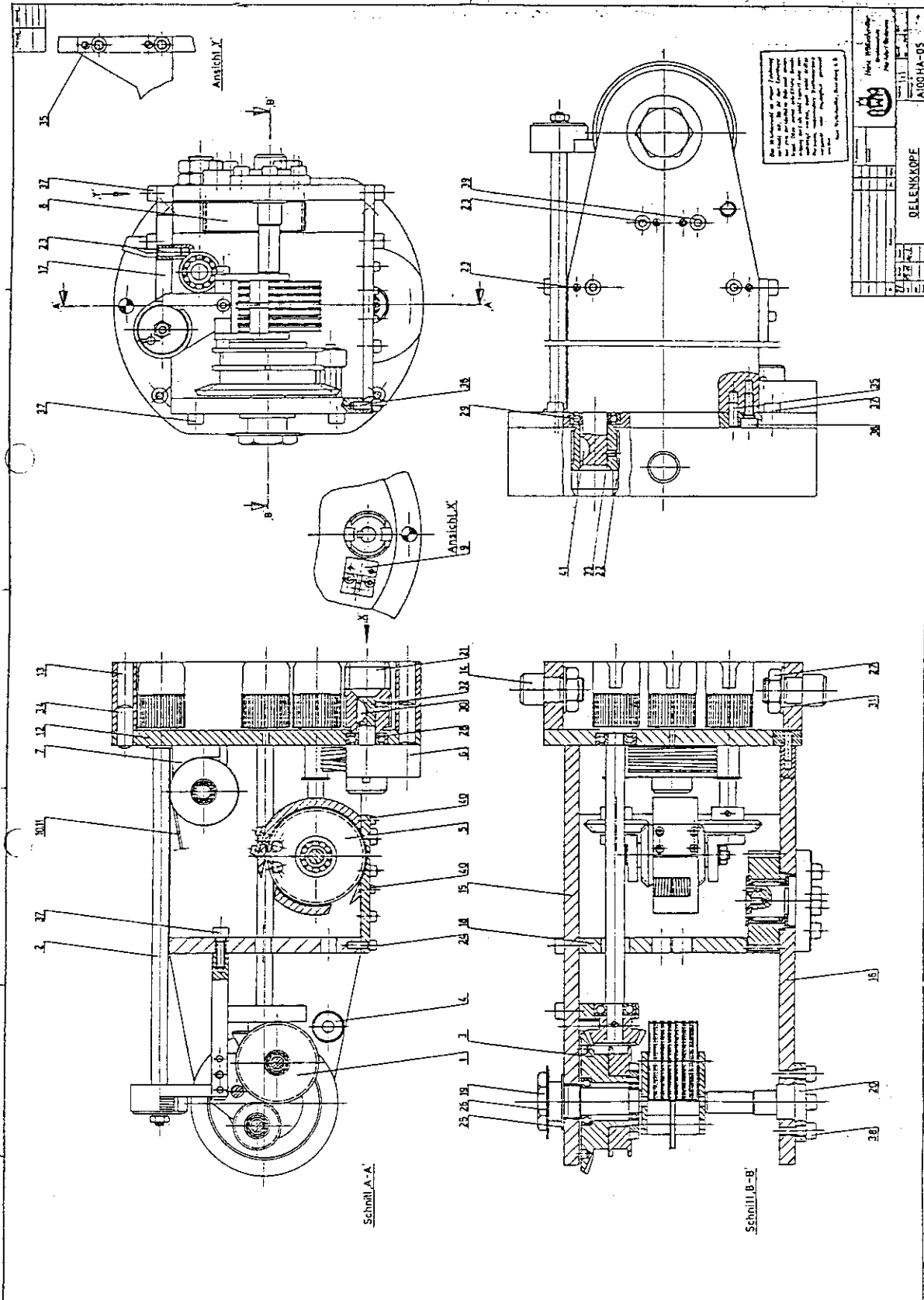


Fig.2.13 Detail of slave arm shoulder

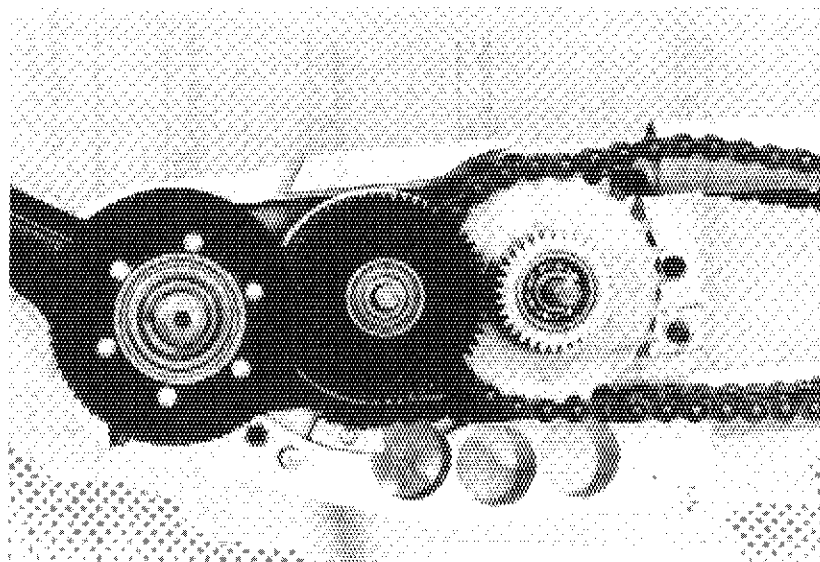


Fig.2.14 View of differential gear and transmission mechanism for wrist elevation/twist motion

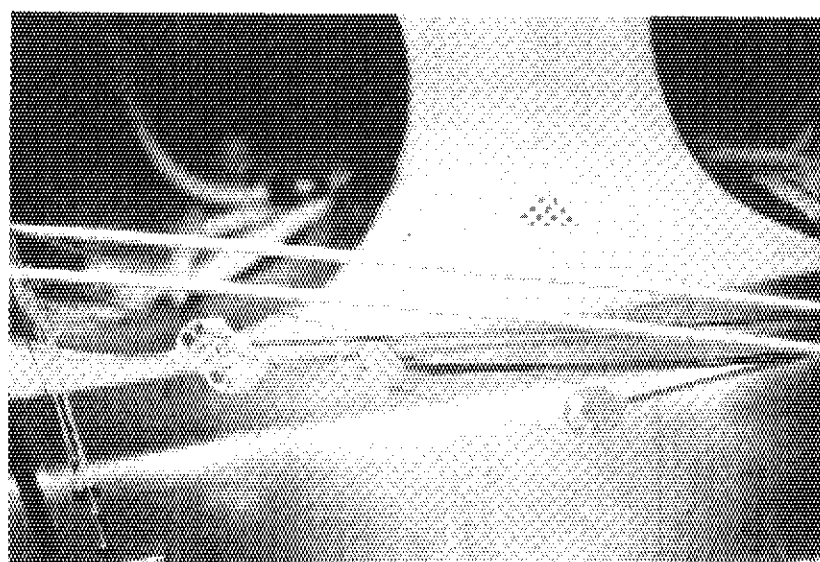


Fig.2.15 View of relay pulley devices taken out from inner tube

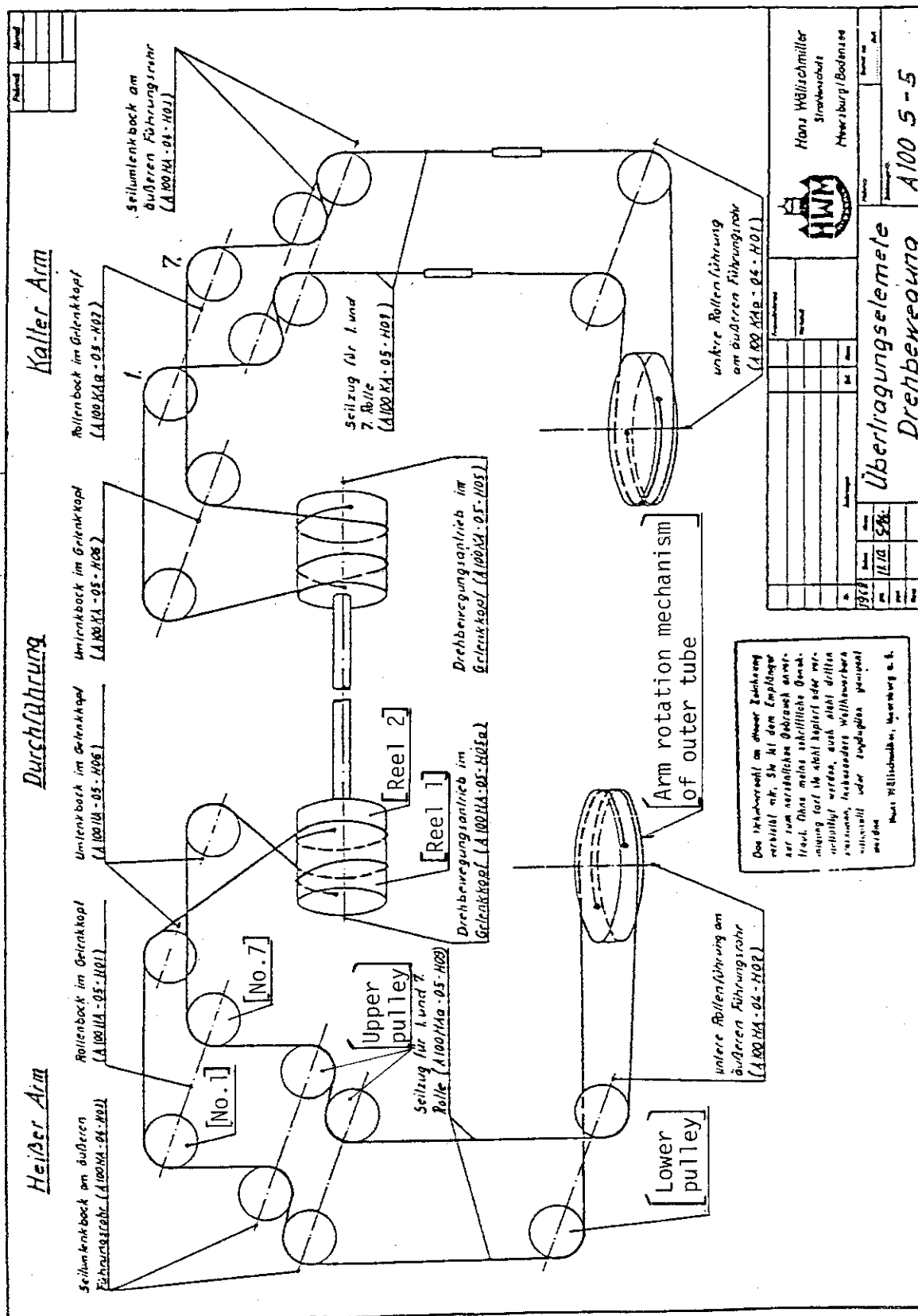


Fig.2.17 Transmission mechanism for azimuthal arm rotation motion of the type A 100 standard manipulator

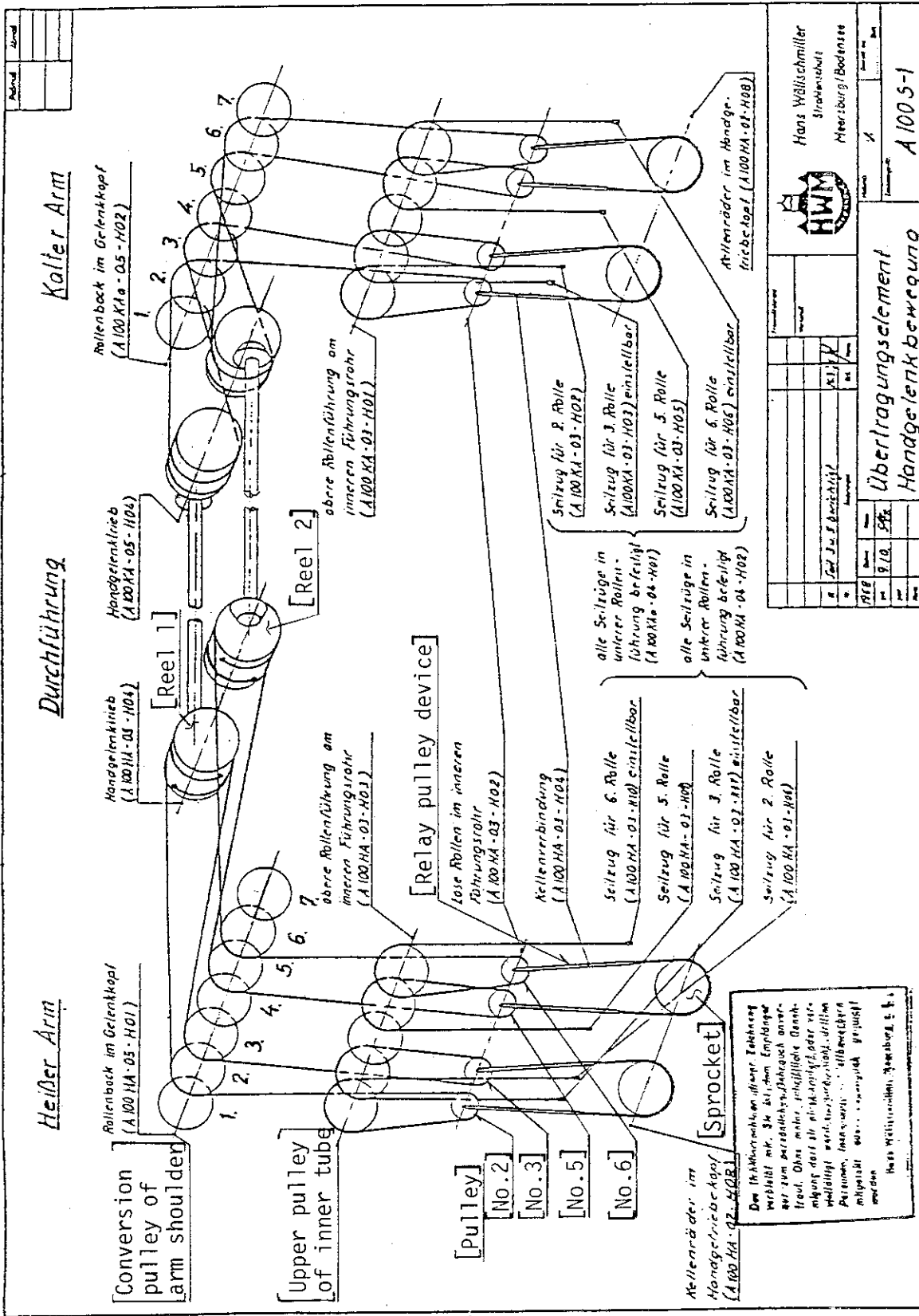


Fig. 2.18 Transmission mechanism for wrist elevation/twist motion of the type A 100 standard manipulator

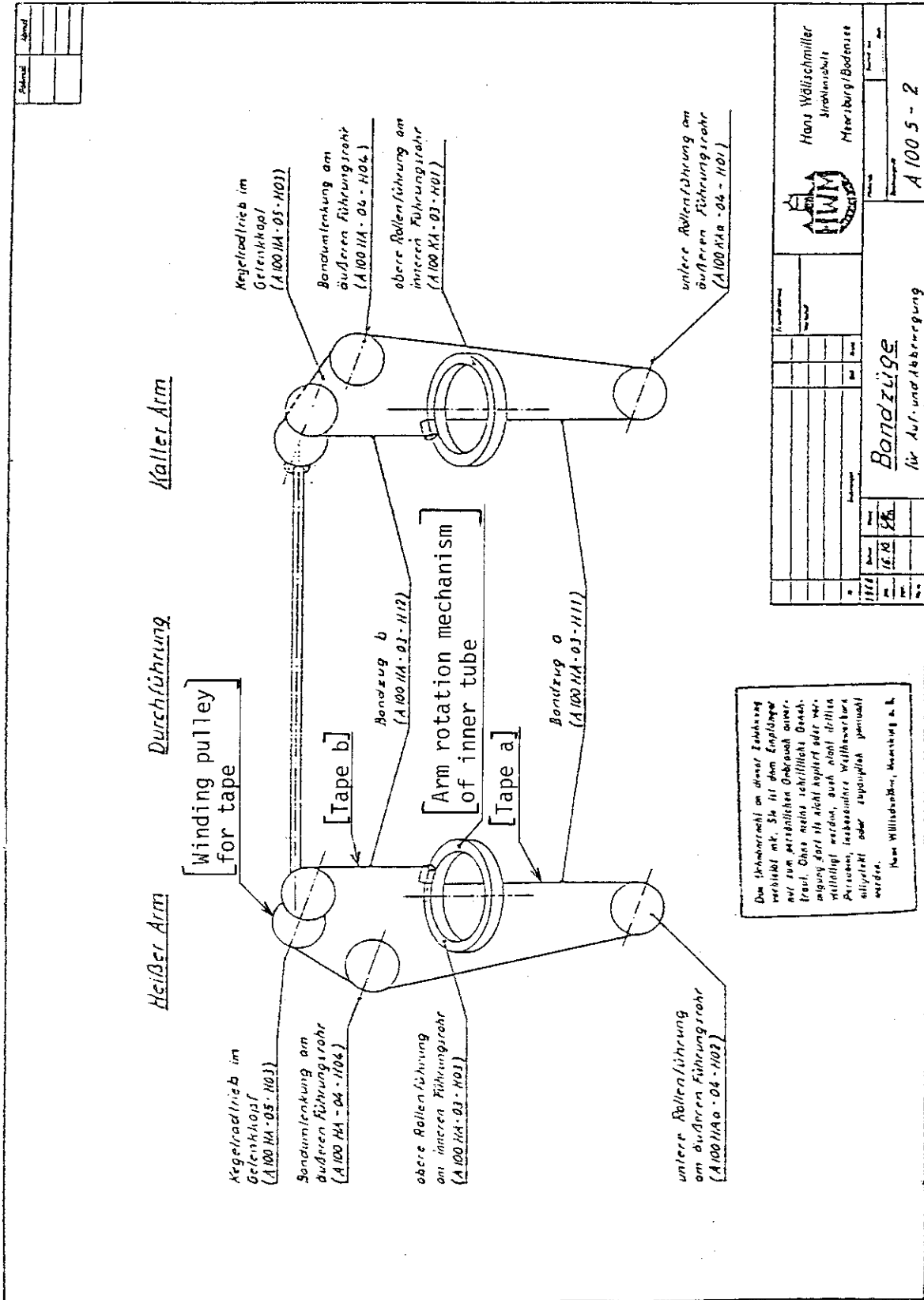


Fig. 2.19 Transmission mechanism for Z axis motion of the type A 100 standard manipulator

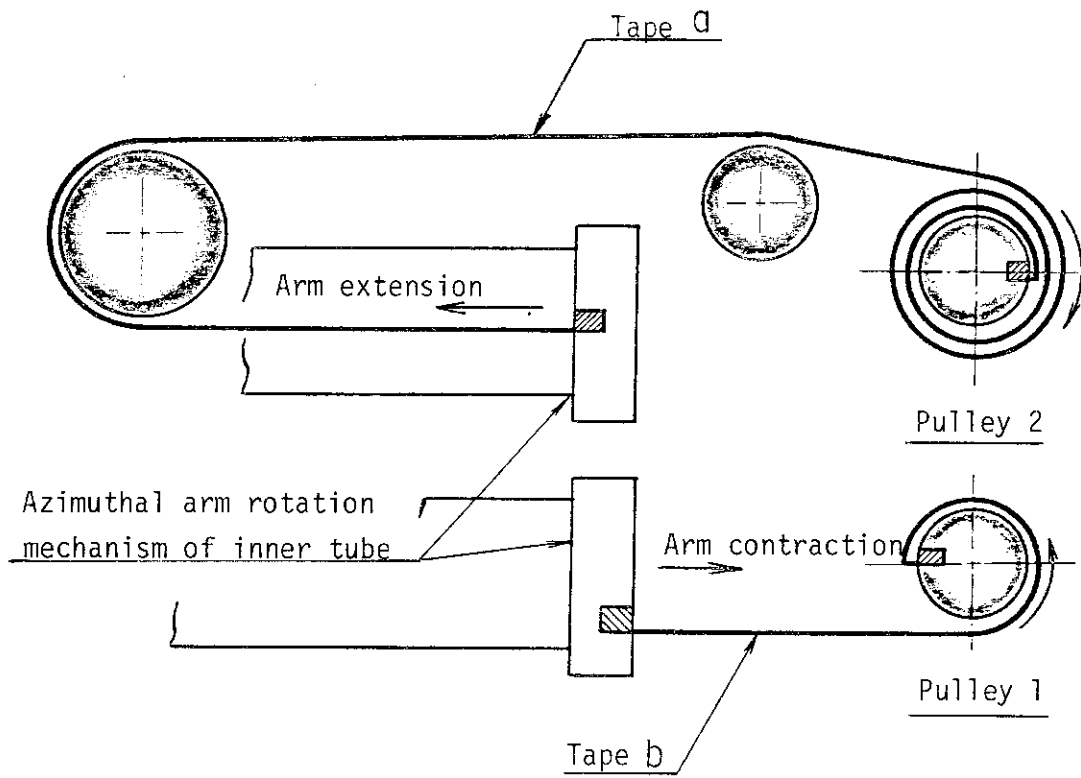


Fig.2.20 Tape formation for Z axis motion of the type A 100 standard manipulator

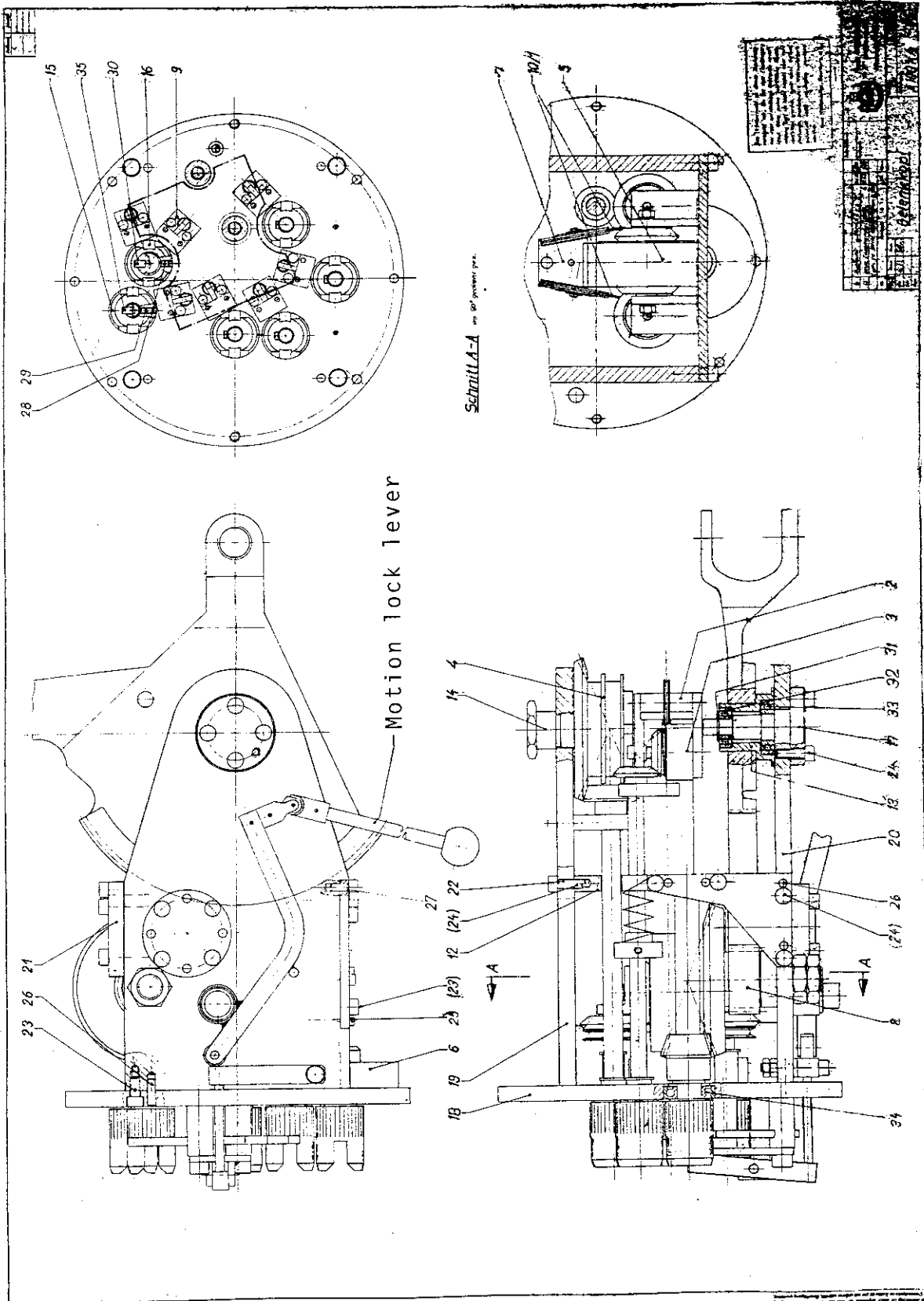


Fig.2.22 Detail of master arm shoulder

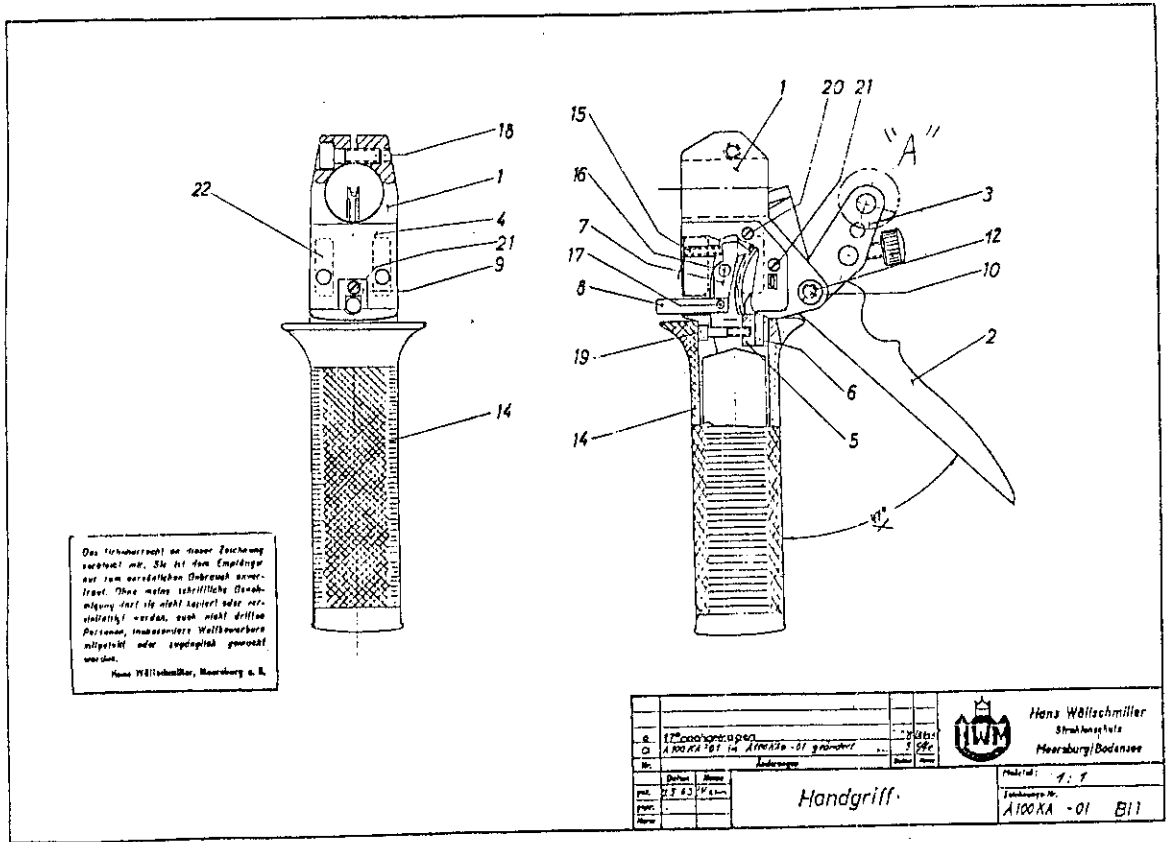


Fig.2.23 Grip handle of the type A 100 standard manipulator master arm

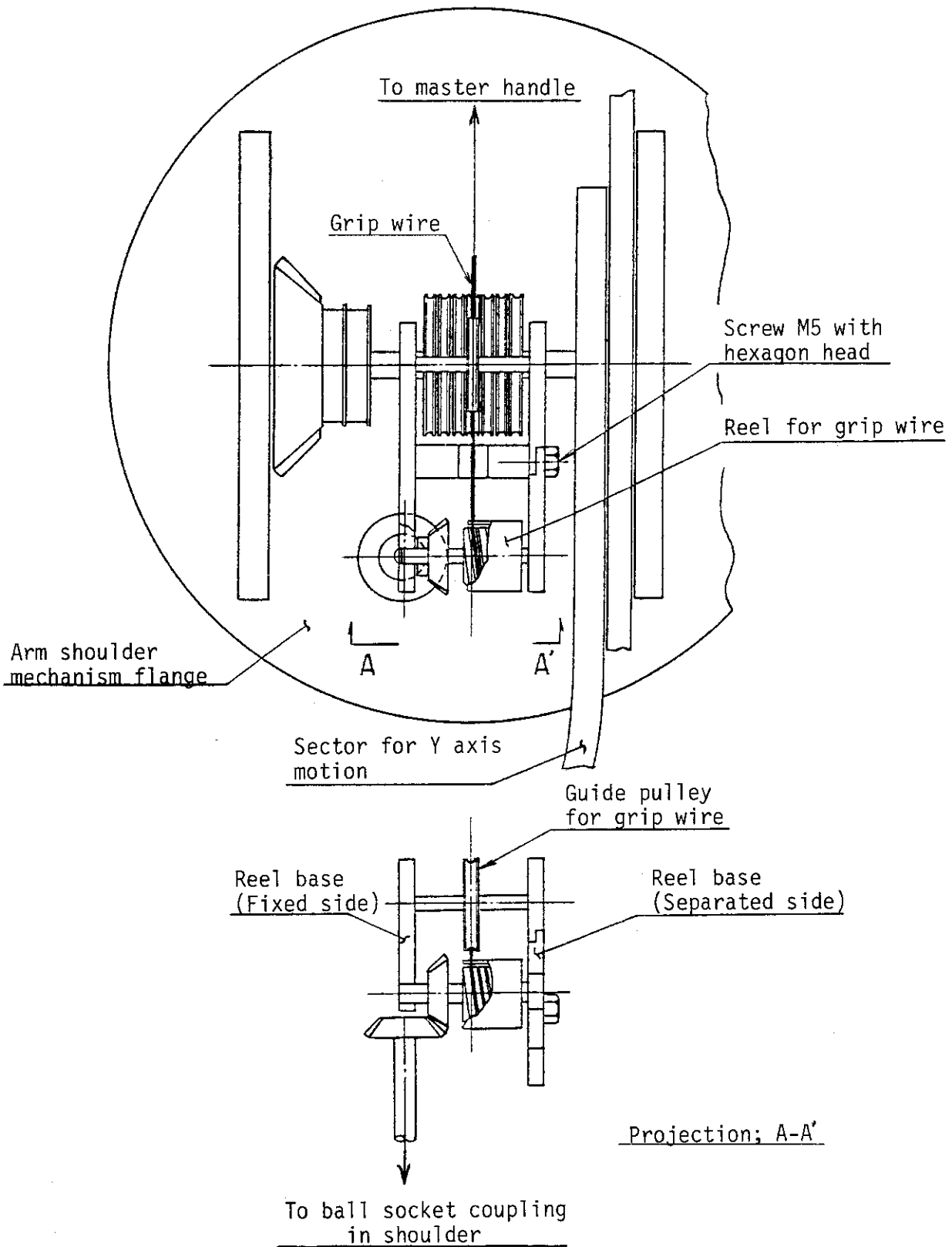


Fig.2.24 Detail of handle grip motion transmission mechanism of master arm shoulder

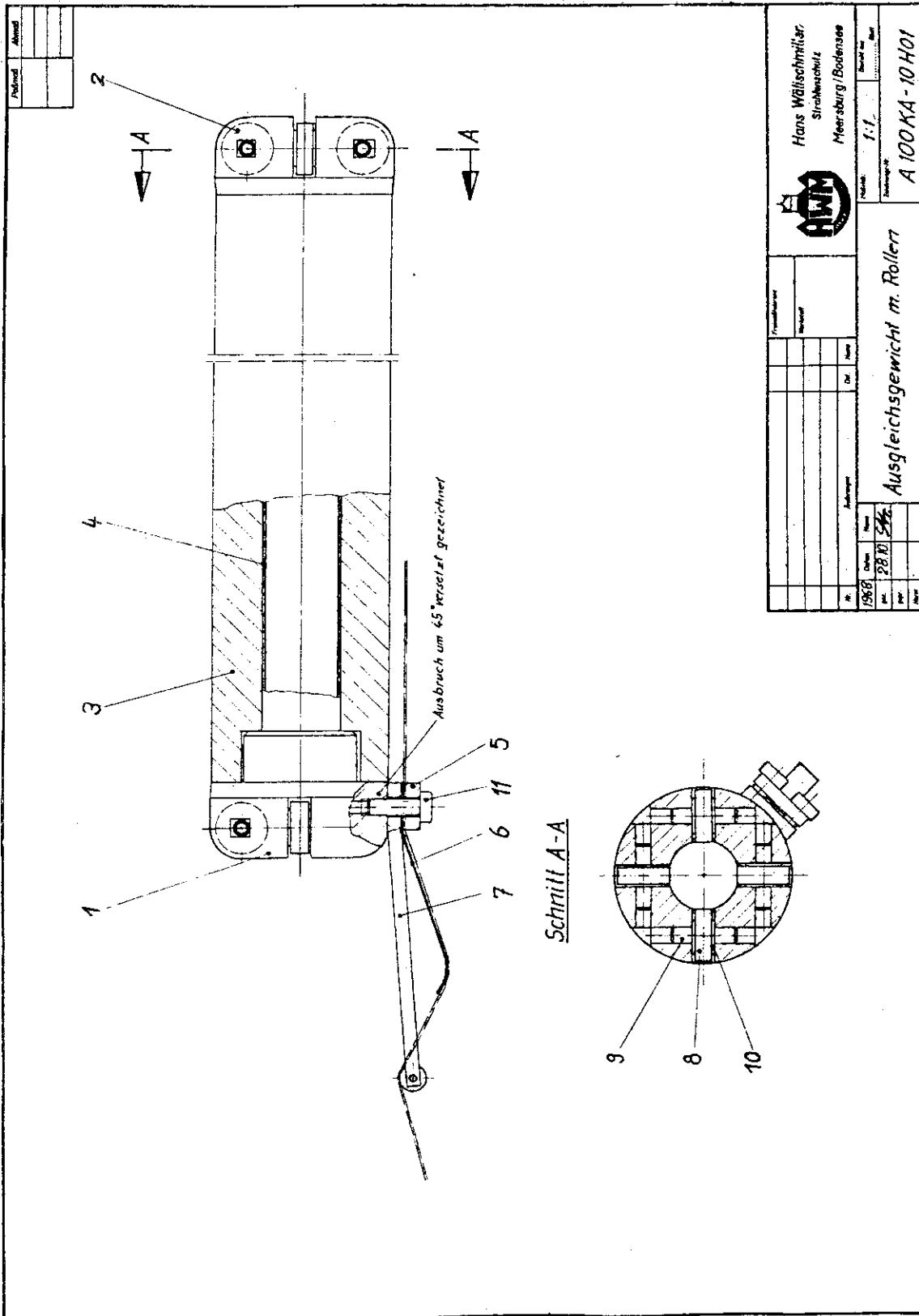


Fig.2.25 Detail of balance weight for Z axis motion of master arm

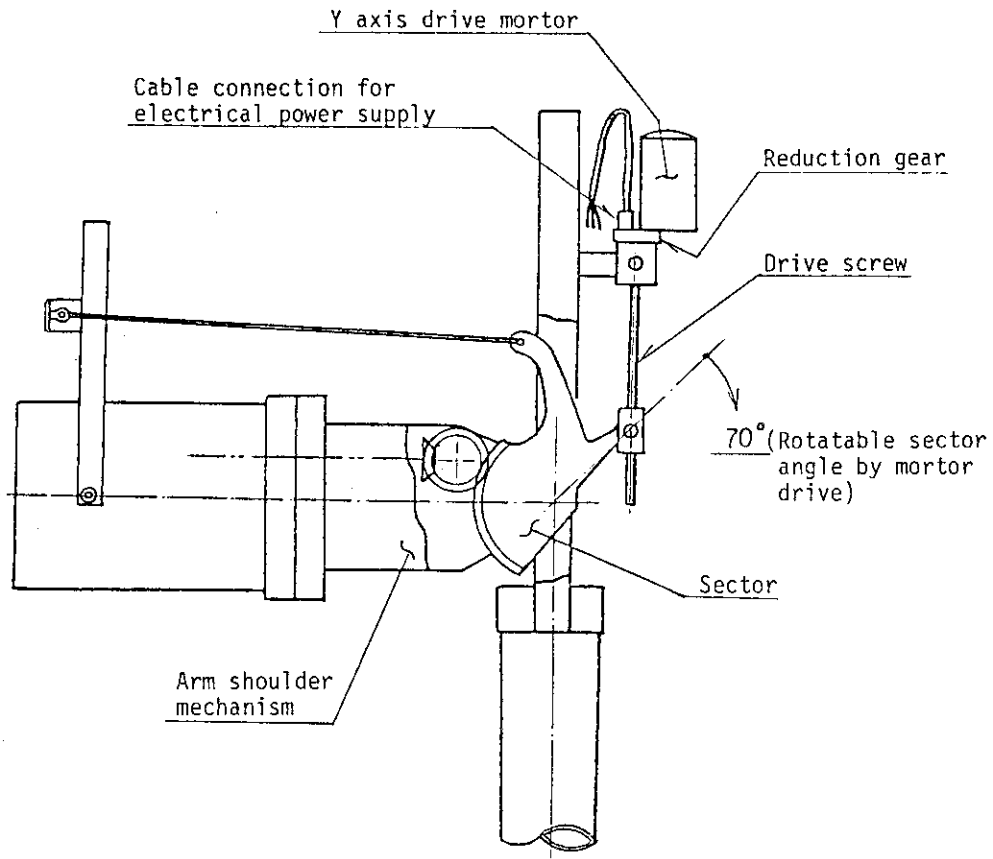


Fig.2.26 Mechanism for electrical Y axis motion of master arm

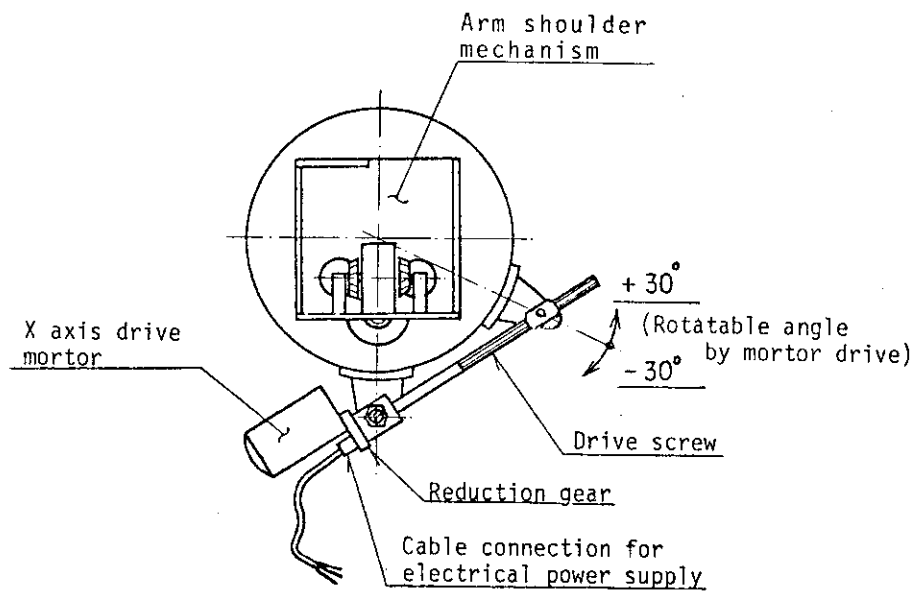


Fig.2.27 Mechanism for electrical X axis motion of master arm

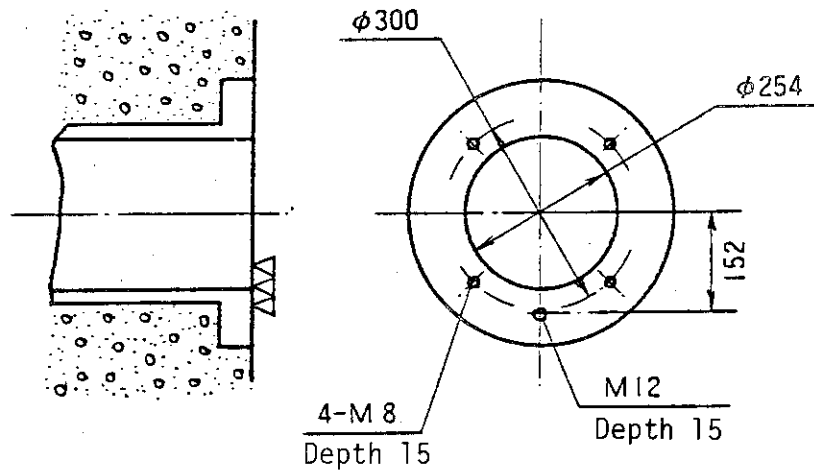


Fig.2.28 Through-wall hole for the type A 100 manipulator insertion

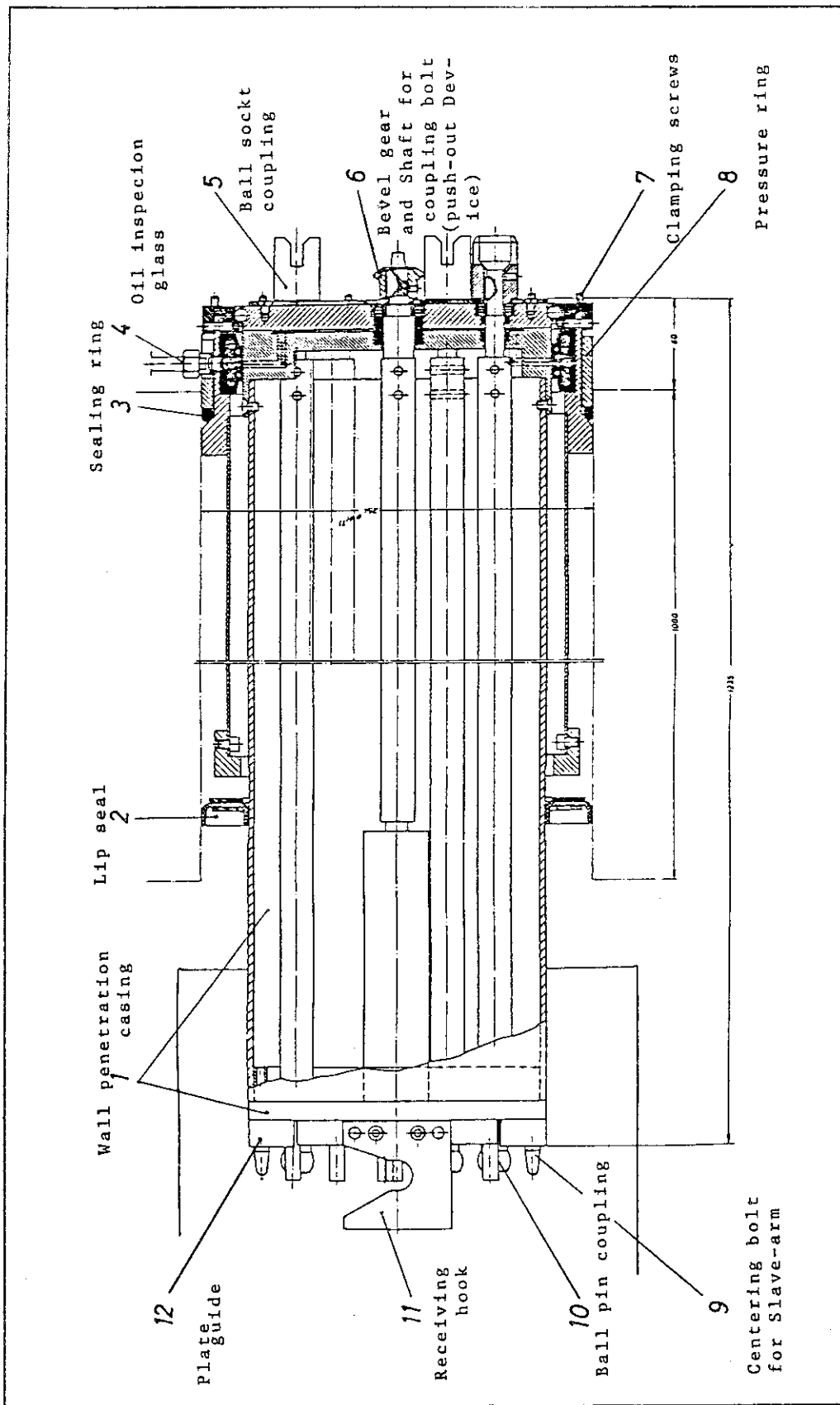


Fig.2.29 Detail of through-wall assembly

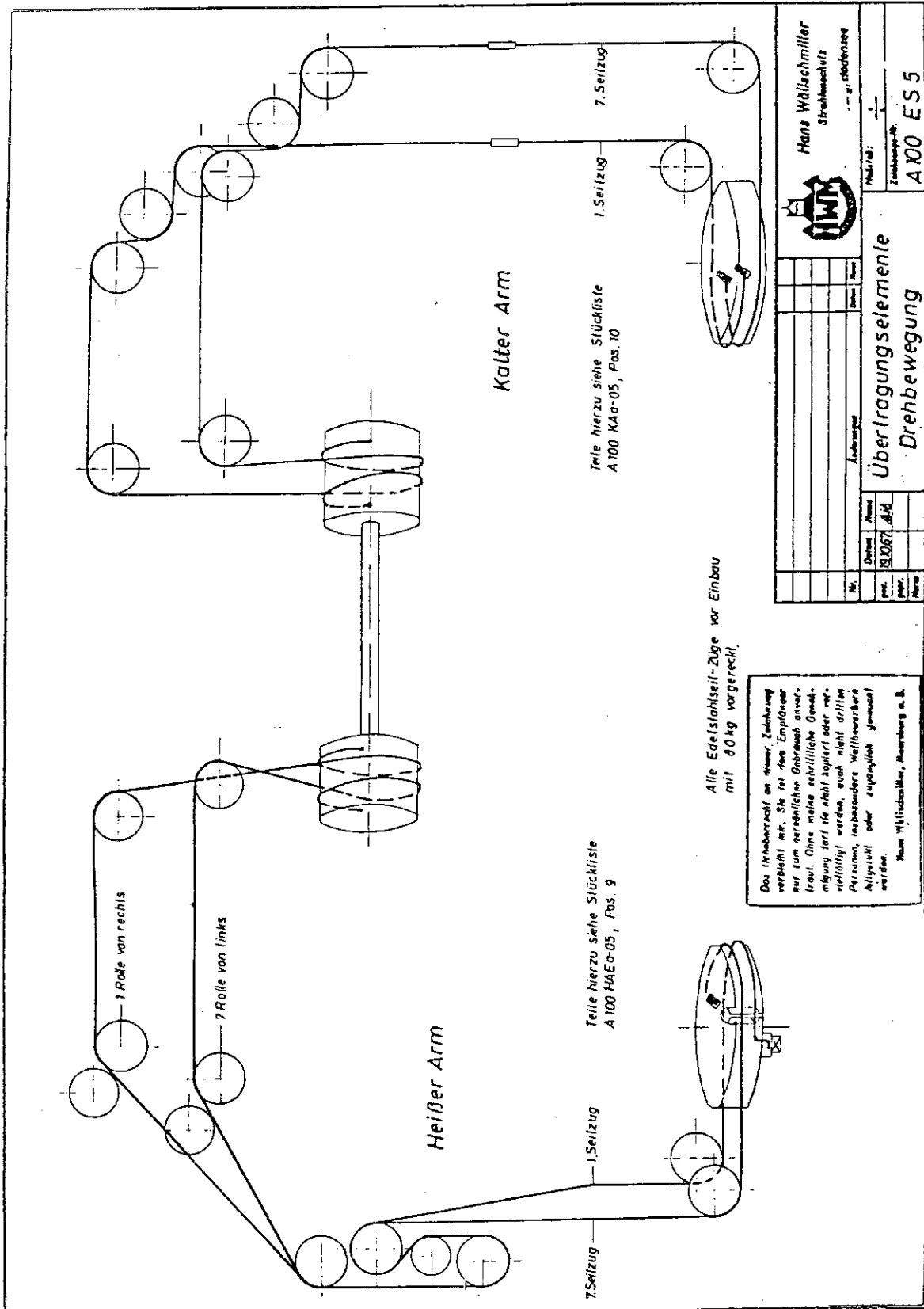


Fig. 2.30 Constitution of azimuthal arm rotation motion transmission of the type A 100 extended reach manipulator

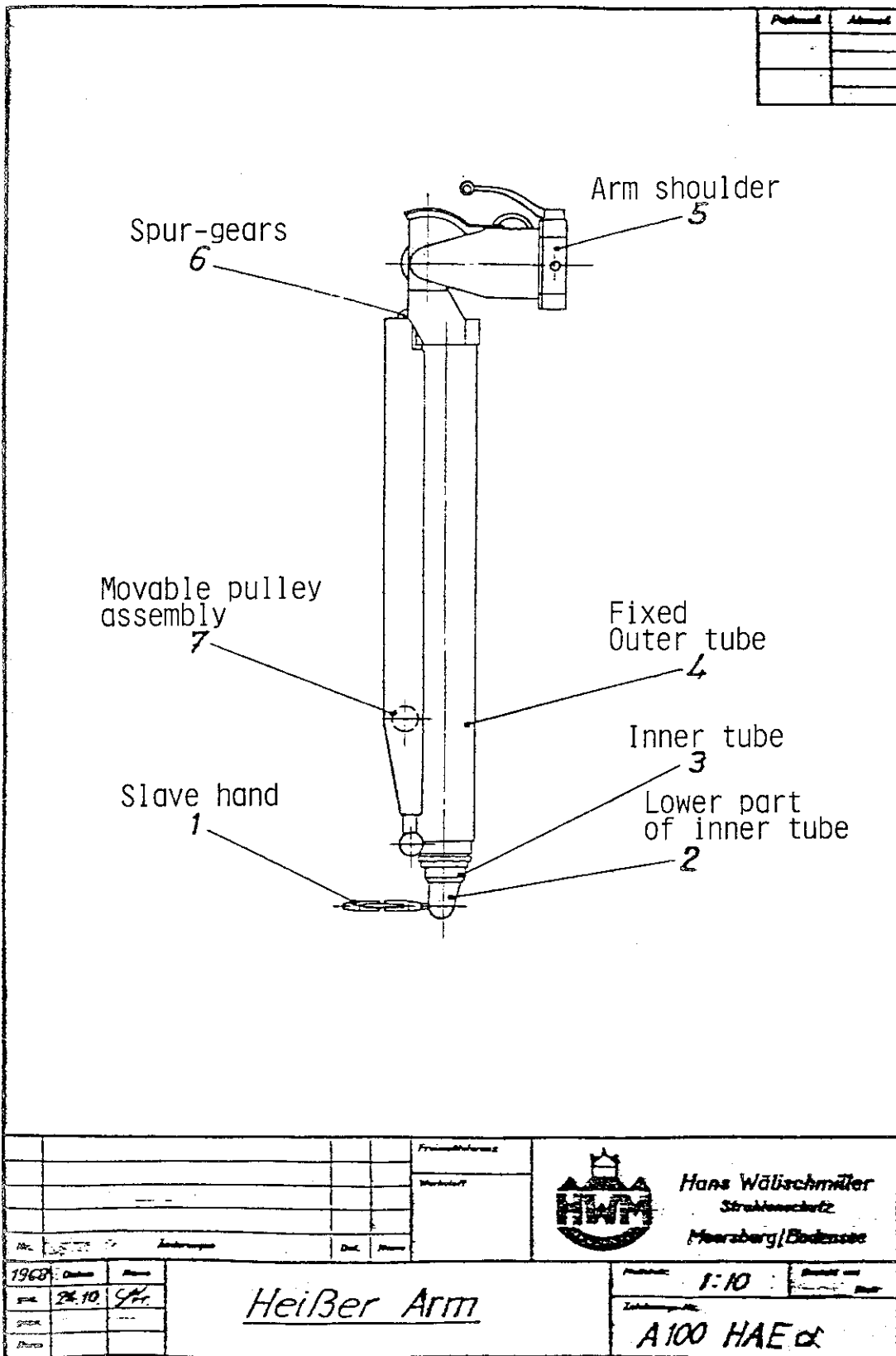


Fig.2.33 Typical parts of the type A 100 extended reach manipulator

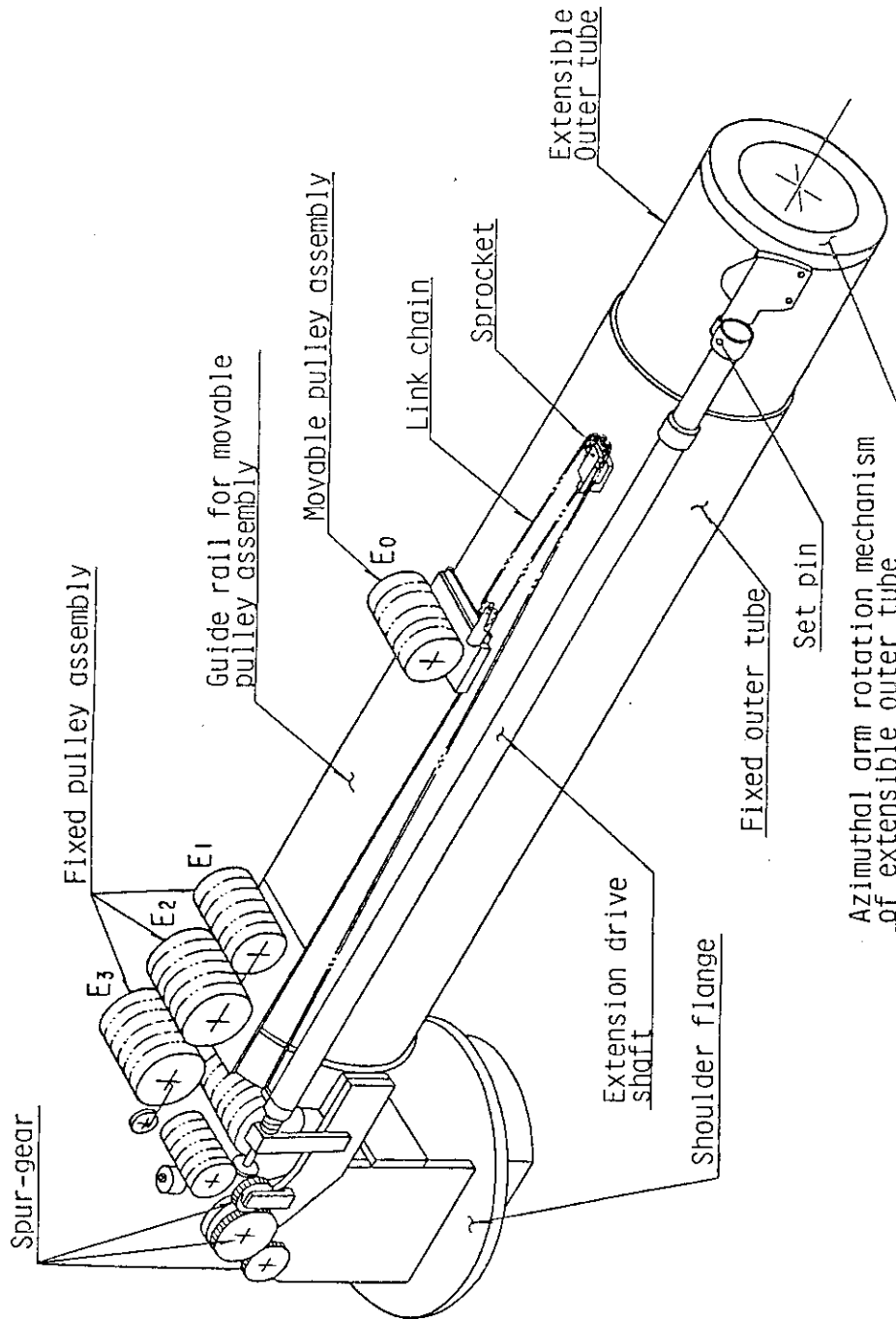


Fig.2.34 Perspective view of extension mechanism of the type A
100 extended reach manipulator slave arm

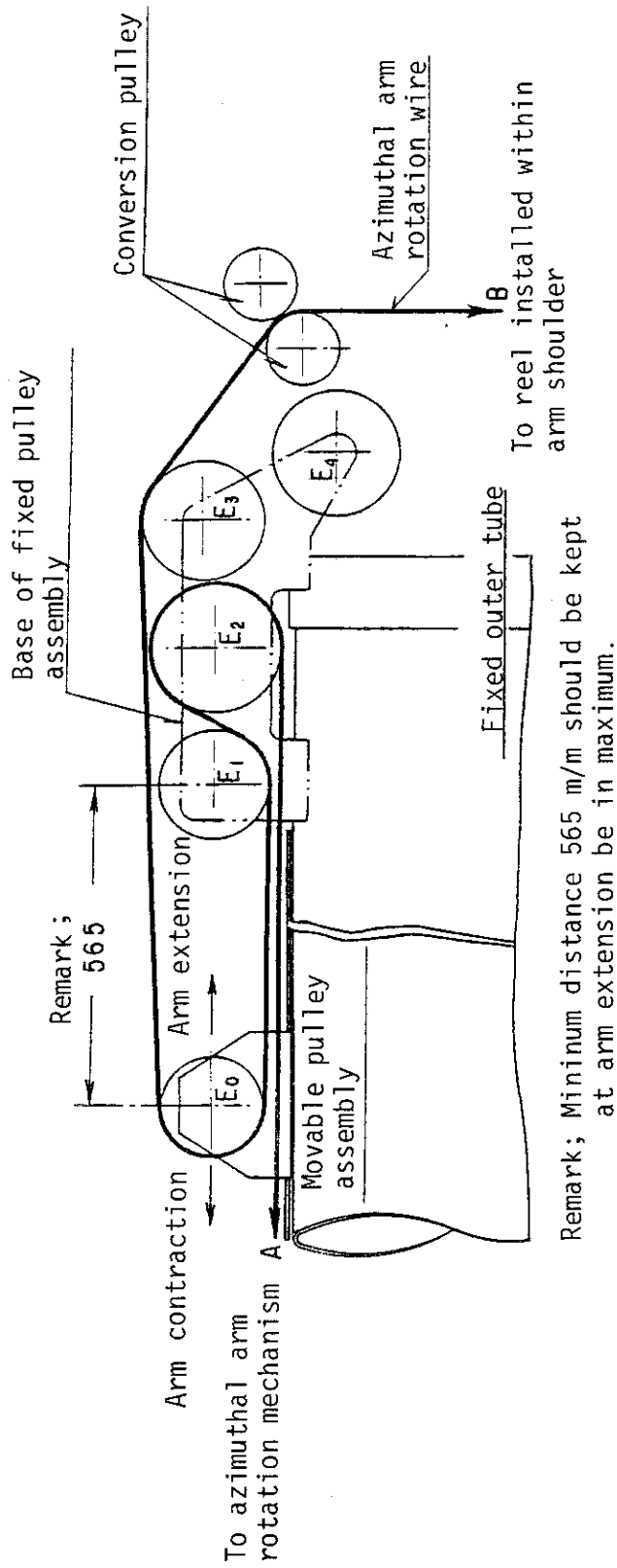


Fig.2.35 Azimuthal arm rotation wire formation in extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator slave arm

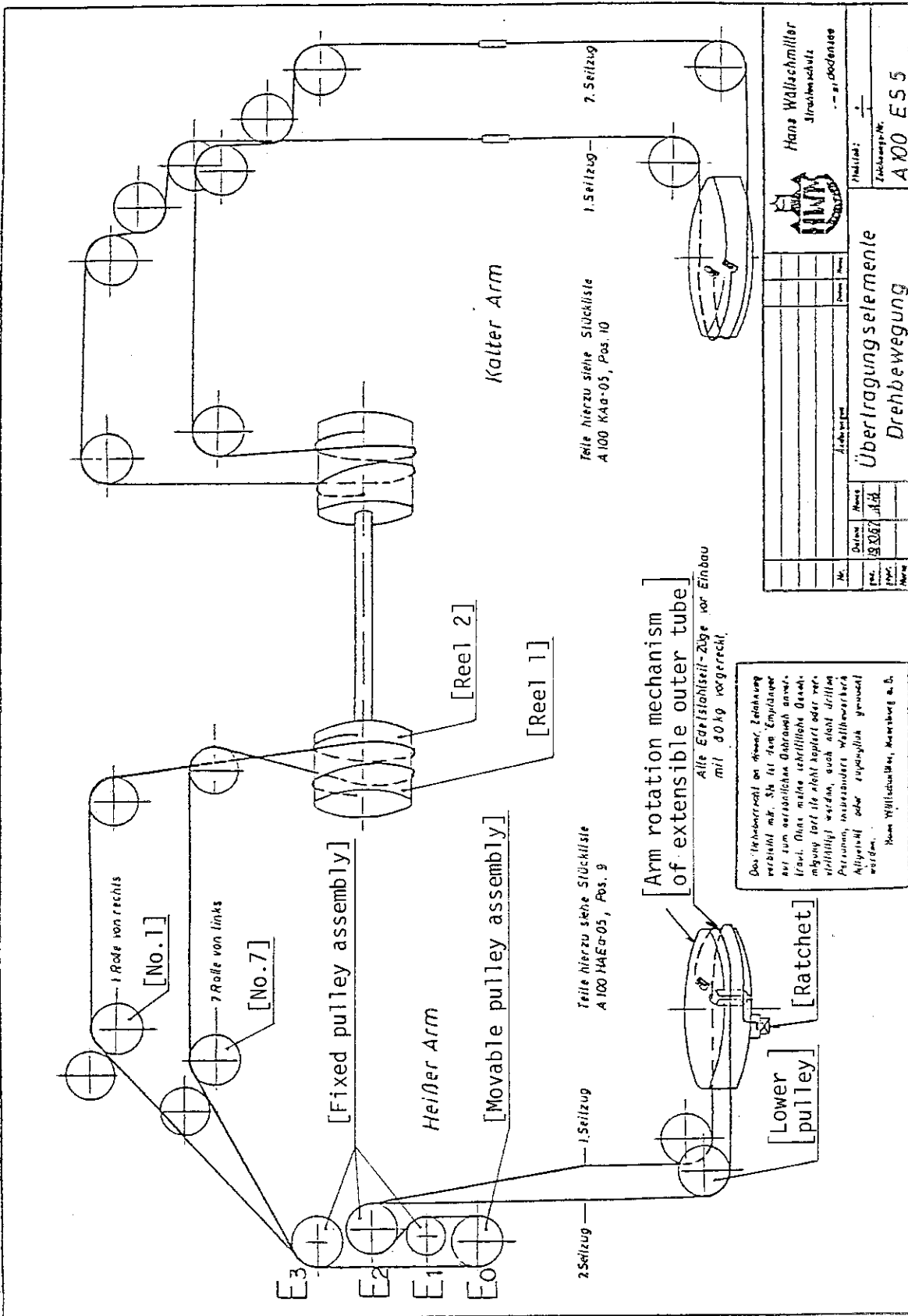


Fig. 2.37 Transmission mechanism for azimuthal arm rotation of the type A 100 extended reach manipulator

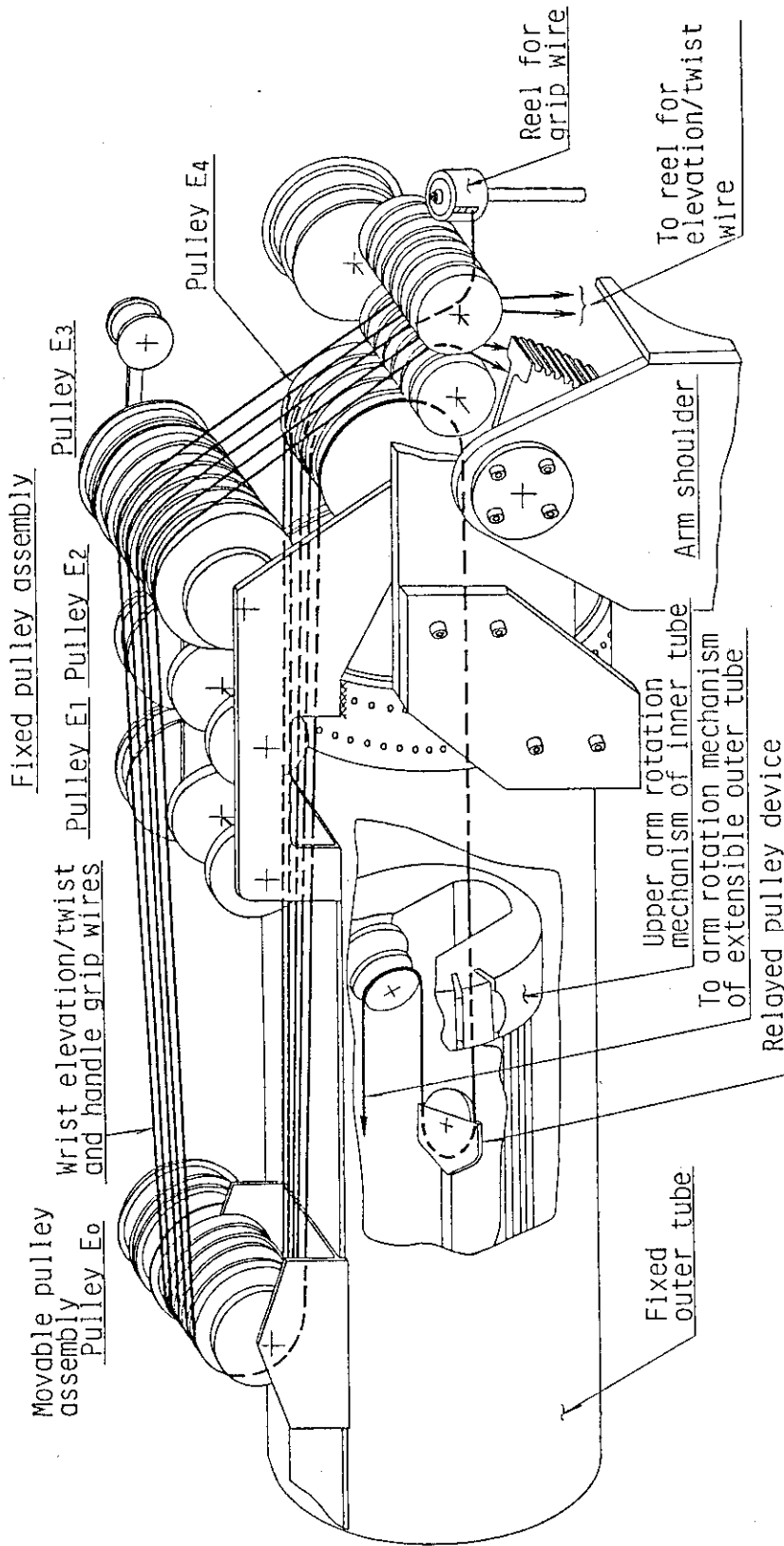


Fig.2.39 Perspective view of handle grip and wrist elevation/twist motion transmission of the type A 100 extended reach manipulator slave arm

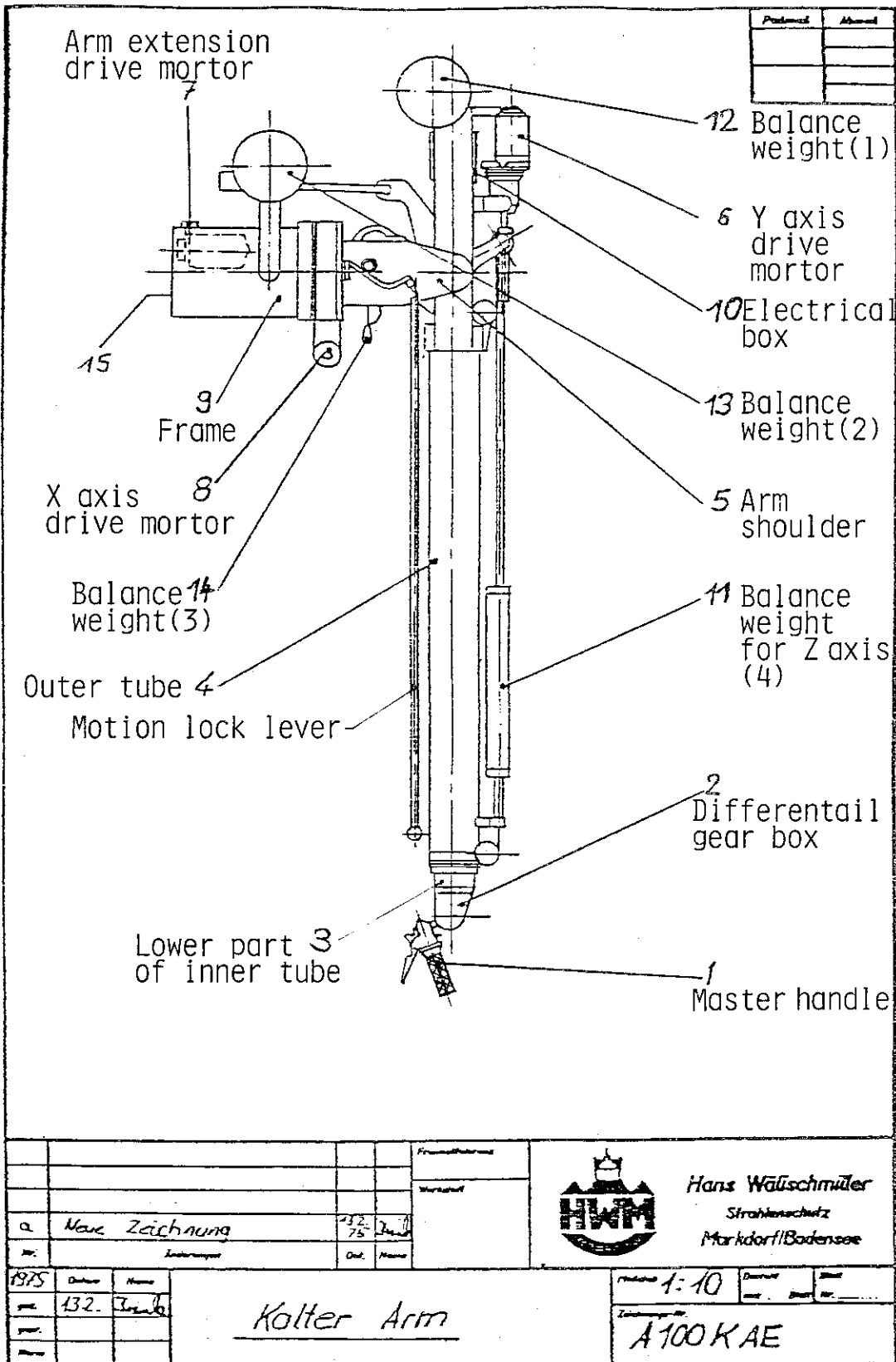


Fig.2.41 Typical parts of the type A 100 extended reach manipulator master arm

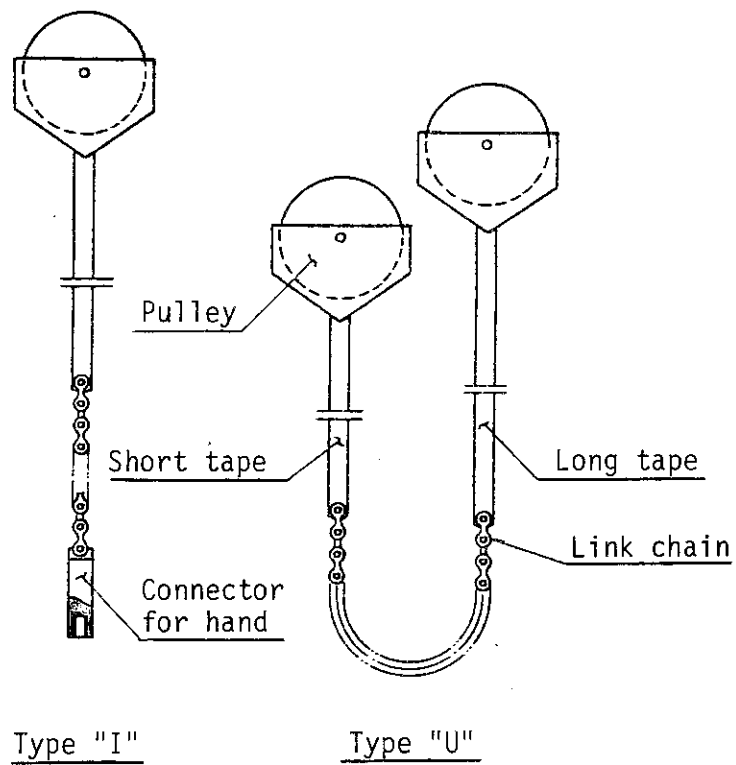
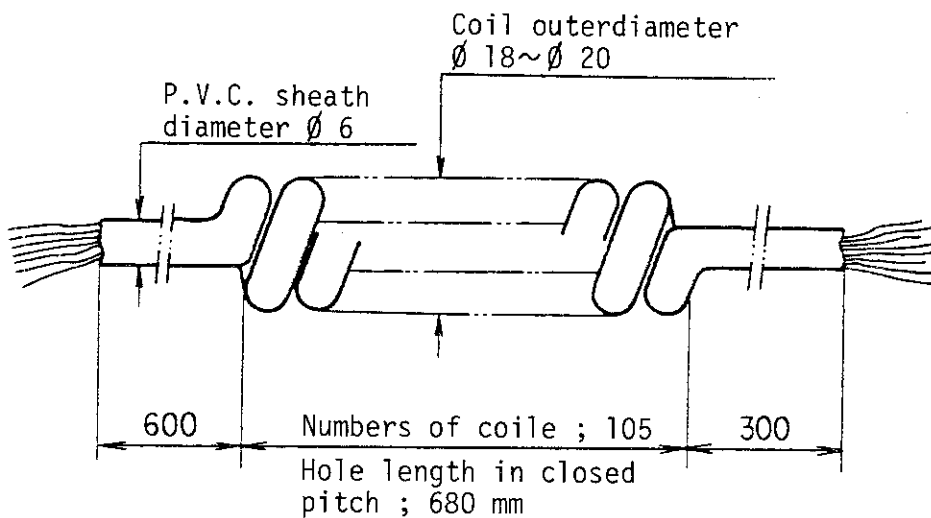


Fig.2.42 Type of relay pulley device



Specification

1. Work condition

- a) Voltage ; DC 24 V
- b) Current ; 1 A

2. Structure

- a) Core wires ; 8
- b) Diameter of wire
and stranded numbers ; 0.1 and 19

Fig.2.44 Specification of electrical power supply cable

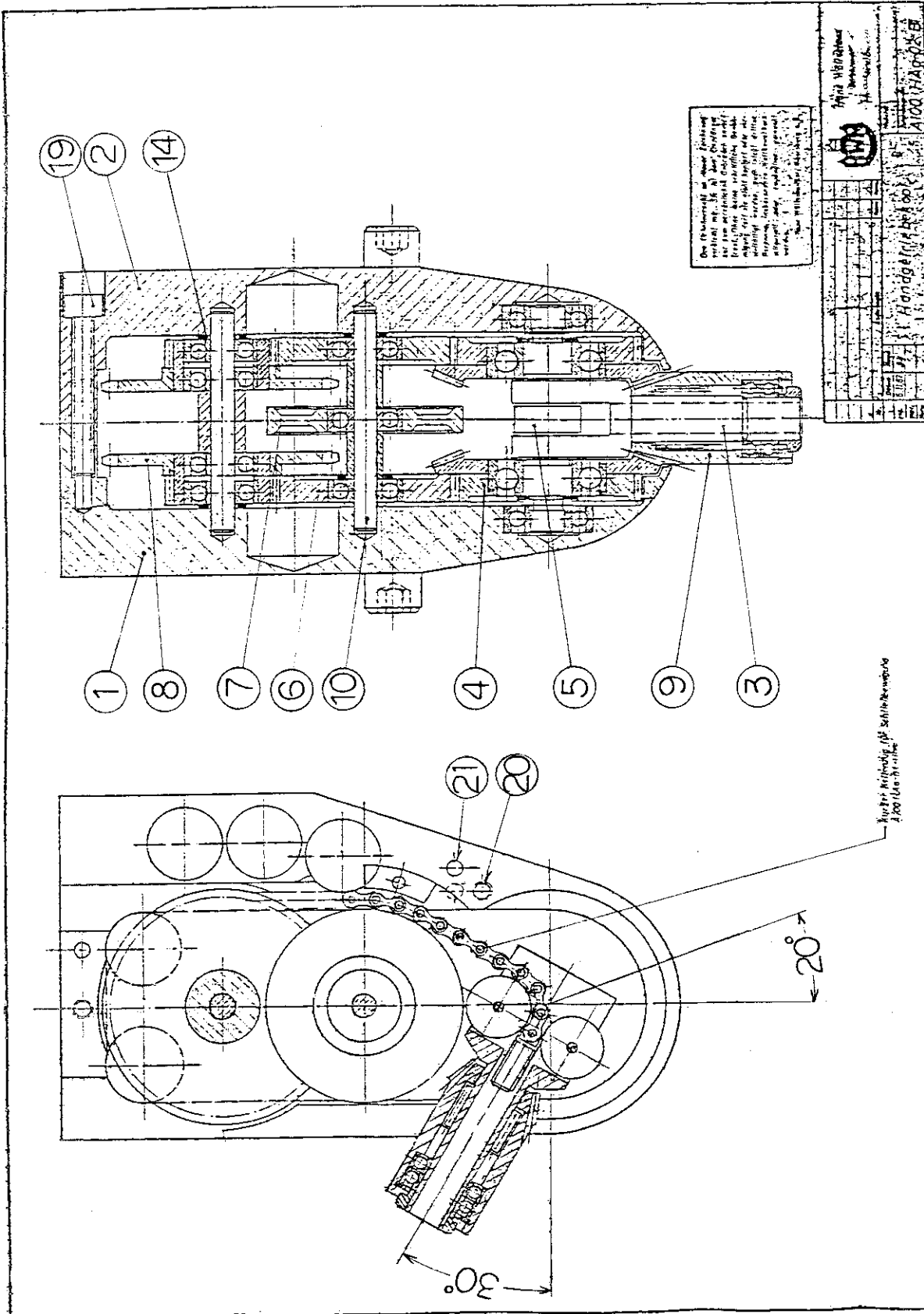
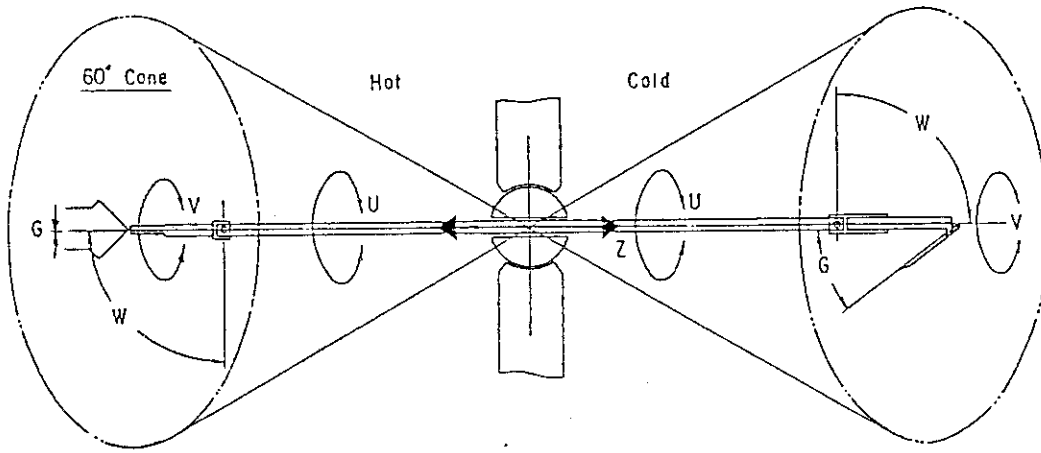


Fig. 2.43 Detail of handle fitting shaft and differential gear box for wrist motion



G ; Handle grip Max. 100 mm V ; Handle rotation angle 340°
 U ; Tong shaft rotation angle $\pm\infty$ W ; Handle inflection angle $\pm 90^\circ$
 Z ; Tong shaft stroke 900 and 1000 mm Tong shaft swing angle ; 60°

Fig.2.46 Operational functions of the type A 15 ball-socket tong manipulator

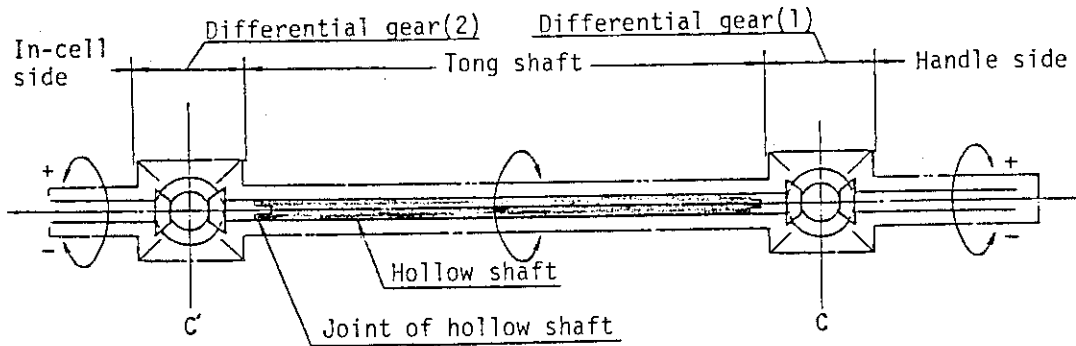
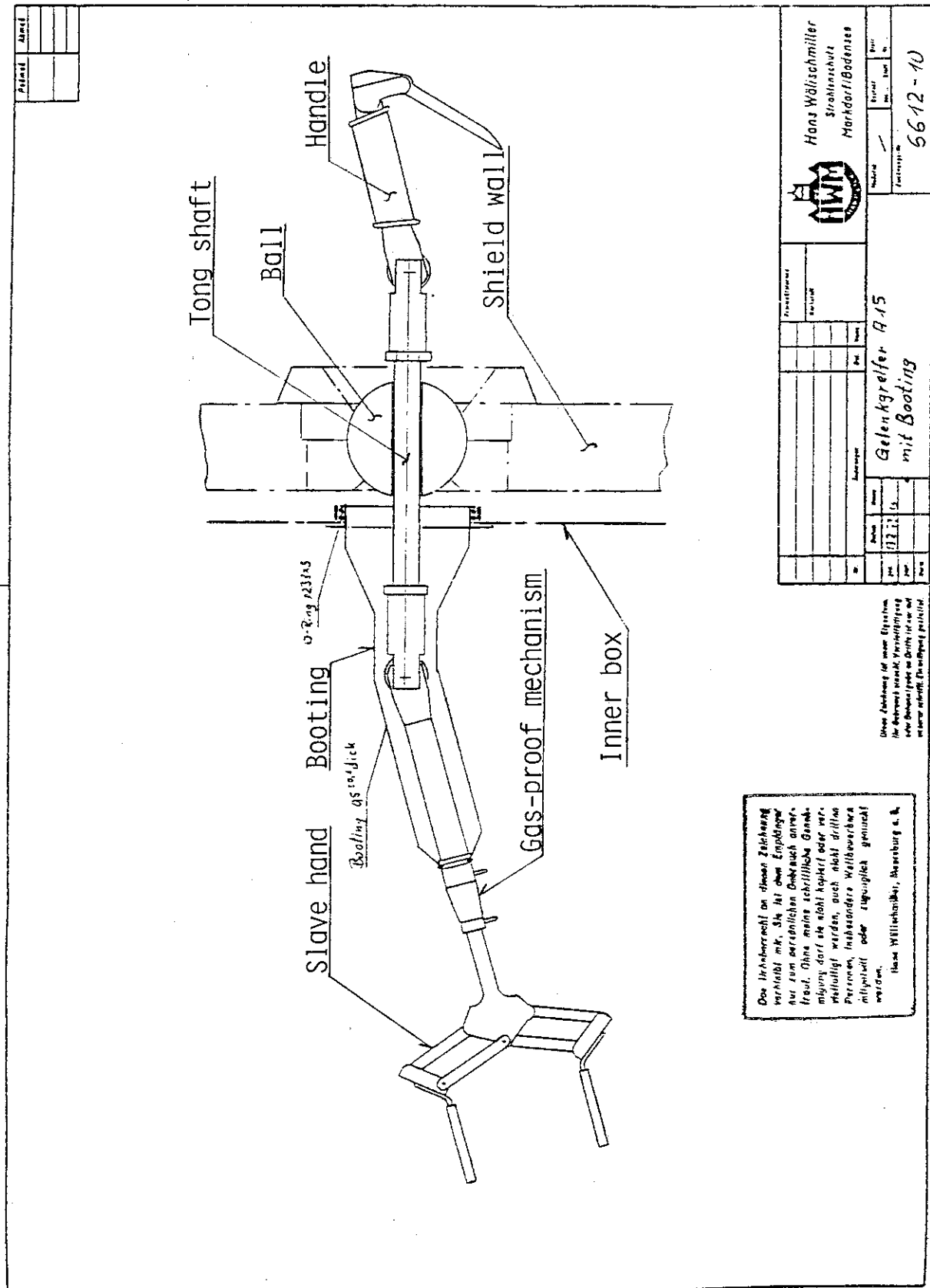


Fig.2.48 Handle rotation mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator



Das Instrument ist in dieser Zeichnung
 vertrieben. Sie ist dem Empfänger
 nur zum persönlichen Gebrauch anver-
 traut. Ohne meine schriftliche Geneh-
 migung darf sie nicht kopiert oder ver-
 vielfältigt werden, auch nicht durch
 Personen, insbesondere Weiterbewer-
 bungsstellen oder Ämter, genehmigt
 werden.
 Hans Wälischmiller, Bensberg a. L.

Diese Zeichnung ist ohne Erlaubnis
 der Behörde nicht veröffentlicht
 oder benutzt (auch im Druck) für oder
 wider andere als die ursprüngliche
 Bestimmung.


		Hans Wälischmiller Strahlenschutz Markdorf/Badensee	
Gelenkgreifer A 15 mit Booting		Zeichnung Blatt 6612-10	Blatt 10 von 10
Name 11111	Datum 11.11.11	Zeichnung Blatt 6612-10	Blatt 10 von 10

Fig.2.47 The HWM type A 15 gas-proof ball-socket tong manipulator

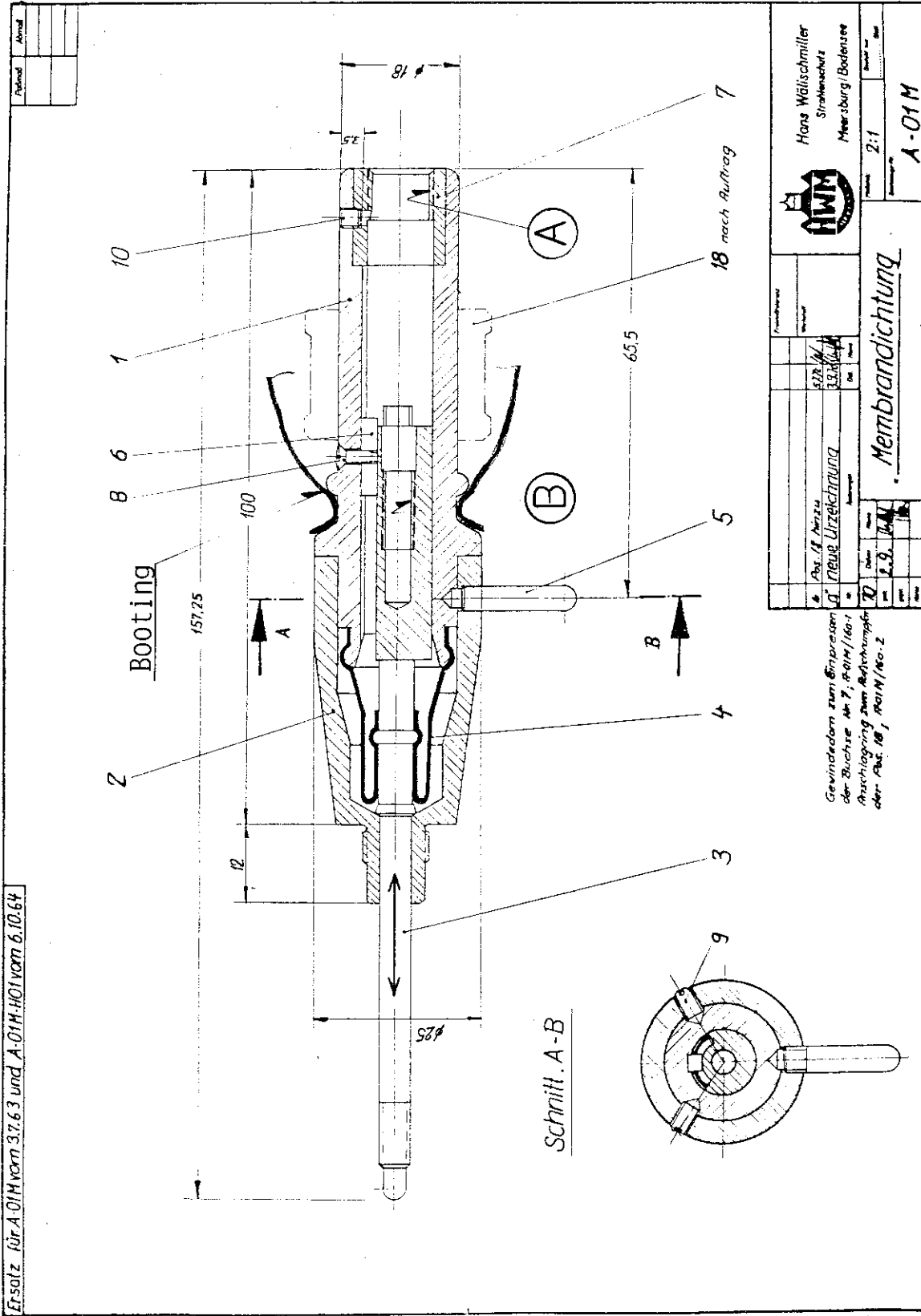


Fig.2.49 Gas-proof mechanism at in-cell side

3. マニプレータ保守技術の開発

燃料試験施設の $\alpha\gamma$ セルおよび $\alpha\gamma$ 鉛セルに配備したマニプレータは、すでに示した様に西ドイツ、HWM社の完成されたものであり、原研の同種施設での使用実績が全くなかったマニプレータである。これらマニプレータに故障が発生した場合、当然保守を必要としその保守も気密ボックスに装着されているグローブを介しての技術が要求される。こうした事情を考え合せHWMマニプレータの保守技術開発を下記項目に注目して行った。

- 1) マニプレータの保守関連設備としての技術開発
- 2) マニプレータ保守用図面の整備および開発
- 3) マニプレータ保守技術の分析および保守手順の開発と確立

3.1 マニプレータ保守関連設備

A 100型マニプレータの保守に関する設備は、 $\alpha\gamma$ セル内、背面側および操作室側にそれぞれ設けられている(図3.1)。これら設備の $\alpha\gamma$ セルライン設置場所との関係を下記に一覧し、合せて主な性能を示す。

- 1) 設置場所；セル内
 - ◎スレーブアーム吊り込み装置(図3.2)(専用装置)，10式
 - 吊り込み荷重；最大100kg
 - 吊り込みストローク；マニプレータホール心(3050mm)に対して上方へ150mm，
下方へ3500mm
 - 吊り込み速度；1.0 m/分
 - 前後移動距離；150 mm
 - 前後移動速度；0.95 m/分
 - ◎セル間移動装置(専用装置)，1式
 - 移動対象物；A 100型スレーブアーム
 - 駆動方式 ；手動
 - 移動範囲 ； $\alpha\gamma$ No.1 セルおよびNo.2.セル間
 $\alpha\gamma$ No.1 セルおよびメンテナンスボックス間
 - ◎パワーマニプレータ(汎用機)，1式
 - $\alpha\gamma$ No.2 セル
 - ◎インセルクレーン(汎用機)，1式
 - $\alpha\gamma$ No.1 セル
- 2) 設置場所；メンテナンスボックス(1)の除染エリア

- ◎モノレールホイスト（汎用機），1式
 - 吊り込み荷重；最大 250 kg
 - 吊り込みストローク；マニプレータホール心（3000 mm）に対して上方 330 mm，下方へ 2670 mm
 - 吊り込み速度；2.8 m/分
 - 移動距離；4400 mm
 - 走行速度；10 m/分
 - ◎試験用マニプレータ（専用機），1式
 - 機種；エクステンドリーチ型
 - ◎予備マニプレータ架台（専用機），3組
 - ◎予備マニプレータ
 - 標準型スレーブアーム；2本
 - エクステンドリーチ型スレーブアーム；1本
- 3) 設置場所； α γ 操作室
- ◎天井走行クレーン（汎用機），1式
 - 手動チェーンブロック；1台 容量 500 kg
 - 電動チェーンブロック；1台 容量 2,000 kg

セル内設置のスレーブアーム吊り込み装置は，壁貫通中継要素のセル側レシーブフックへのスレーブアーム着脱に使用される。この装置は，マニプレータ 1 台毎に設置されていて吊り込みチェーンがスレーブアーム腕関節機構上端の吊り具に常時接続され，必要に応じて操作室側より操作出来る。パワーマニプレータ，インセルクレーンは，スレーブアーム単体の移動の際，補助的手段として利用される。又，セル間移動は，専用の移動装置によって行う。

セル背面側のメンテナンスボックス(1)除染エリアまで移動されたスレーブアームは，除染エリア内天井に設置されているモノレールホイストによって適切な保守位置に設置され，保守修理の時期まで待期することとなる。モノレールホイストは，修理完了のスレーブアームを調整試験するため試験用マニプレータ（マスターアームと壁貫通中継要素の組合せ）へ着脱する手段，又は予備マニプレータ架台に保管中の予備マニプレータ（スレーブアーム）の着脱手段として多目的に使用することが出来る。予備のスレーブアームは，故障し除去されたスレーブアームがあった位置まで移動され，壁貫通中継要素に装着されて直ちに使用に供することが可能な状態にしてある。

操作室側天井のセル壁面と平行して走行するクレーンは，マスターアームおよび壁貫通中継要素の着脱・移動の手段として使用される。

メンテナンスボックス(1)の除染エリアにはスレーブアームの保守修理および調整試験などあらゆる場面对応出来る様，ボックスの適切な位置にグローブポートを配置した。図 3.3 に除染エリアのグローブポートの一部と試験用マニプレータを示す。保守工具，部品および資材などはバックポートより搬入する。保守作業は，グローブを介した作業となるが故に視界が限られて来るので，ボックス壁の両面からグローブ操作出来る。

操作室側のマスターアームは放射能による汚染がほとんど考えられないので，保守作業は極めて良い条件で実施出来，任意の場所において保守が行える。故障の可能性が少ないとされている

壁貫通中継要素の引抜き保守については、セル内に面した部分の α 汚染が予想されるため事情は一変する。ビニールバッグに封入しながら天井走行クレーンを使い操作室側へ抜き出し、アイソレーションルームへ移動、特設の場所において保守が行われる。

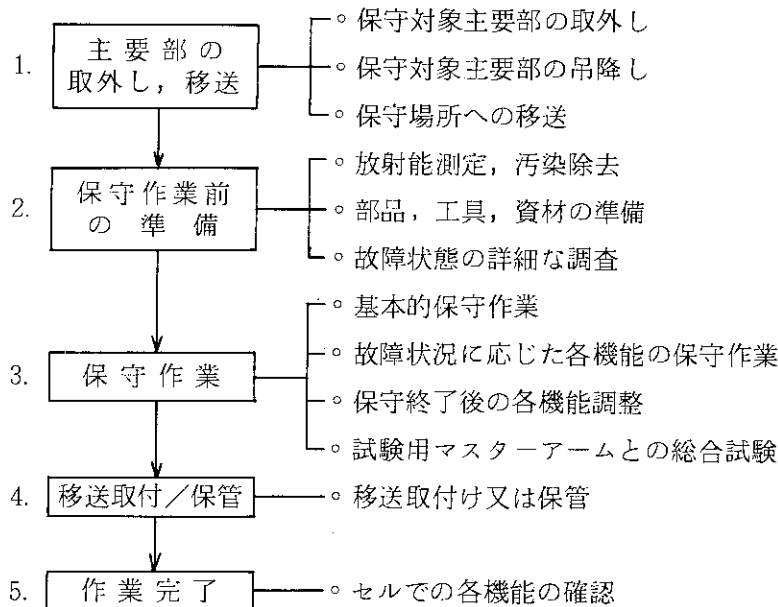
α γ 鉛セルのA 15型トングマニプレータの保守に関しては特に考慮された設備は設けられていない。トング軸の α 汚染はブーツによって防止され、トングはブーツとともに交換する方式によっている。

以上、 α γ セルラインのA 100型マニプレータおよびA 15型トングマニプレータの保守関連設備の概略について述べたがこれらの設備は、すべて燃料試験施設において技術開発されたものばかりであり、 α γ セルにおける照射後試験を支える重要な根幹である。

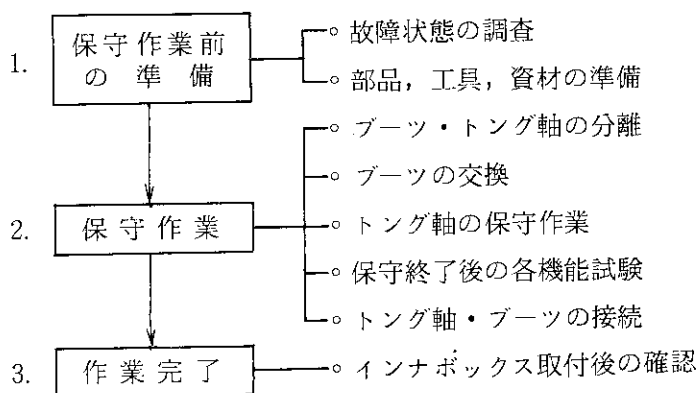
3.2 保守作業の流れの概略

保守作業の内容は、マニプレータの型式、種類、主要部および機能などによって多岐に亘り、保守技術もそれに応じたものとなる。作業内容、保守技術などを分析して見ると概略下記のような流れになる。

3.2.1 A100型マニプレータの保守作業の流れ



3.2.2 A15型トングマニプレータの保守作業の流れ



上記に示した保守作業の流れのうち「保守作業」について更に細くその内容を分析し、保守手順の検討を行った。

保守技術項目と保守手順の記号との関係を下記に示す。

保守技術項目と保守手順の記号関係一覧

1. A100型マニプレータ

A 基本的保守技術

- a. 標準型およびエクステンドリーチ型スレーブアームのブーツ保護具の分解 BC-P
- b. 同上の吊り具の分解 BC-R
- c. 同上のハンド部の分解 BS-H
- d. 標準型およびエクステンドリーチ型マスターアームのハンド部の分解 BM-H
- e. 標準型のアーム内筒の分解 BS-I
- f. エクステンドリーチ型スレーブアームの内筒の分解 BE-I

B 各機能に対する保守技術

B-1) 標準型マニプレータ(S)

- a. 腕旋回機能(U)
 - スレーブアーム SS-U
 - マスターアーム SM-U
- b. バンドねじり/あおり機能(W/V)
 - スレーブアーム SS-W/V
 - マスターアーム SM-W/V
- c. Z軸動作機能(Z)
 - スレーブアーム SS-Z
 - マスターアーム SM-Z
- d. 握り機能(G)

○ スレーブアーム	SS - G
○ マスターアーム	SM - G
e. 壁貫通中継要素 (TW)	
○ 基本保守技術	TW - B
○ X軸回転機能部気密シール	TW - L
○ 貫通軸回転機能部気密シール	TW - S
B - 2) エクステンドリーチ型マニプレータ (E)	
a. スレーブアーム腕旋回機能 (U)	ES - U
b. 同 上 ハンドねじり/あおり機能 (W/V)	ES - W/V
c. 同 上 Z軸動作機能 (Z)	ES - Z
d. 同 上 握り機能 (G)	ES - G
e. 同 上 エクステンド機能 (E)	ES - E
f. (壁貫通中継要素	TW - S)
B - 3) A100型マニプレータ共通部(C)	
a. ハンド動作伝達機構と滑車中継要素	CP - C
b. 電装制御系の保守	特になし
2. A15型トングマニプレータ	
a. 取扱い方法	TN - U
b. トングブーツの交換	TN - T
c. トング軸機能の保守	TN - M

3.3 保守作業前の準備

A100型マニプレータにおいて三分割されている主要部のいずれに故障発生箇所があるかによって保守作業前の準備は違って来る。又、A15型トングマニプレータにあっては故障発生状況によって違う。

3.3.1 A100型スレーブアームに対する準備

メンテナンスボックス(1)除染エリアに搬入されたスレーブアームには表面が汚染状態のブーツが装着されている。本格的保守作業を開始する前に次の点について十分な処置検討が必要である。

a. ブーツ表面の汚染除去

除染エリアのモノレールホイストに吊り込んだ状態でスレーブアーム表面の汚染除去を行うとともに、周辺の作業エリアについても除染し、保守作業に伴うスレーブアーム内部への汚染拡大を予防する。

b. ブーツ表面の汚染検査

除染後のブーツ表面汚染密度を検査し、所定様式にて記録する。

c. ブーツの離脱

ブーツ再使用の可否を判断してブーツを離脱、再使用可のものは保守完了まで別途保管す

る。図 3.4 にブーツの装着状態を示す。腕関節部機構にあるリングに装着されたブーツは、“O”リングで押えられ、その上から更にバンドで締付けられている。バンドの締付けは、⊖ねじによって行われている。

d. スレーブアームの調査

スレーブアームの種別を調査する。図 2.10 と図 2.33 を比べ、アームの外筒上に箱形のカバーのあるものがエクステンドリーチ型である。

e. 保守工具および専用治具

ボックス内に常備してある一般工具、専用工具および専用治具の点検を行い、不都合のない様準備する。グローブを介したボックス内の作業は、視界が限定されて作業の最適状態の確保が困難である。特にハンドミラーと局所照明具は、これらを解決するための有効な手段である。

f. バッグシステムの点検

部品、工具およびその他の資材などの供給に備え、ビニールバッグ、“O”リングを用意し、シートウェルダ、高所作業台の作動点検を行っておく。

α γ アイソレーションルーム内でのグローブ作業で不可能な作業の場合、フロックマンによる支援体制をとる。但し、メンテナンスボックス(1 除染エリアは、狭く、フロックマンの活動しにくい場所であることに留意し、短時間の作業に限定しておくこと。資材などの供給は、バッグポートでの効率的な計画のもとに行い、ボックス内に必要以上の余分な廃棄物を作らない様注意する。

3.3.2 A100型マスターアームに対する準備

マスターアームの保守は、管理された非汚染区域、操作室において実施出来ると言う利点があり、視界の選択も広く、直接手で作業出来る。しかし、放射性汚染の有無確認は必要である。以下に準備すべき点を示す。

a. マスターアームの調査

マスターアームの種別を調査する。図 2.21 と図 2.41 を比べ腕関節部胴に駆動モータがあればエクステンドリーチ型である。

b. 作業場所の設営

腕関節部の胴が長く、X 軸、Y 軸の電動駆動系があるため特定の作業台を使うことは非常に難しい。作業場所、姿勢をいつでも最良に保てるよう工夫が必要である。図 3.5 に例を示す。

c. 保守工具および専用治具

操作室に常備の一般工具、専用工具および専用治具の点検準備を行う。

3.3.3 A100型壁貫通中継要素に対する準備

A100 型壁貫通中継要素のマニプレータホールへの装着は、操作室側から行われており、保守の際の引抜きも操作室側へ行わなくてはならない。要素のセル側部の汚染除去が行われたとしても、基準値；持出物品に係る表面汚染密度は α 線に対するスミヤ測定法で $20 \text{ dpm}/100 \text{ cm}^2$ ，サーベイ法で $10^{-7} \text{ } \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ；以下に維持することは困難を予想されるため、ビニールバッグを介

し $\alpha\gamma$ アイソレーションルームに搬入した後、保守作業を実施することになる。以下にこれらに関する準備を示す。

a. セル側部分の汚染除去・測定

スレーブアーム分離後のセル側部分を汚染除去し、除染後の測定結果を記録確認する。この作業はセルの汚染除去作業に準じた体制で行うものとする。除染部の汚染防止処置を行う。

b. バッグアウトの準備及び引抜き

当該マニプレータホールに仮設バックリングを固定しバッグを装着する(図3-6)。操作室側の走行クレーンによって引抜きを行い、ビニールバッグの損傷に注意し完全に抜き出たならばシートウェルダールにて溶封し、溶封部を切断、操作室の適当な位置に吊り降しておく。

c. アイソレーションルームへの移送

$\alpha\gamma$ アイソレーションルームの適切な位置に保守エリアを設営し、ビニールバッグによって密封の壁貫通中継要素をこの場所に移送し、この後の本格的保守に備える。

3.3.4 A15型トングマニプレータに対する準備

A15型トングマニプレータの保守作業の準備は、故障又は損傷によって種々違って来るが概略を示す。

a. ブーツとトング部の保守準備

当該マニプレータの $\alpha\gamma$ 鉛セルの試料を $\alpha\gamma$ セルへ移送し、当該セルの放射線モニターの指示値を確認する。セル空間線量率に注意しセル背面扉を「開」とする。インナーボックスのグローブの点検を行う。

b. ブーツの交換保守準備

前記a項についての作業が完了したならばインナーボックスを後退させる。新ブーツを準備する。

c. トング軸部各機能の保守準備

前記a項およびb項の準備完了後、当該 $\alpha\gamma$ 鉛セル壁のマニプレータボールよりトング軸を抜きとる準備に入る。そのための工具および治具を配置する。

3.4 基本的保守技術

A100型マニプレータおよびA15型トングマニプレータの操作機能に故障が生じた場合、これらマニプレータの特徴とする構造的要因によって、非故障部の操作機能、主構造部分などについて間接的に保守が要求される。主目的の操作機能に対する保守修理の前段階として、イ) 充分な視界を確保する。ロ) 保守作業をやり易くする、ハ) 保守手順的な必然性、などのため基本的な保

守技術が必要となる。

3.4.1 A100標準型およびエクステンドリーチ型アームの基本的保守技術

A100型マスター／スレーブアームに対する基本的保守技術の項目は、下記部分について実施する必要がある。

- a. スレーブアームのブーツ保護具
- b. スレーブアームの吊り具
- c. スレーブアームのハンド部
- d. マスターアームのハンド部
- e. 標準型アームの内筒
- f. エクステンドリーチ型アームの内筒

尚、上記項目のうちa, b, cおよびdについては標準型とエクステンドリーチ型との間に大きな違いはないが、相違点のある場合標準型について先に述べ、次いでエクステンドリーチ型について説明する。

a. スレーブアームのブーツ保護具の分解

スレーブアームのブーツ保護具は、腕関節機構最上部にあってY軸動作機構および腕関節機構に対しブーツの咬込み・巻込みを防止、保護している。図3・4に腕関節頭部Y軸動作機能扇形歯車に対するブーツ保護具の固定状態を示す。

保守手順

BC-P 1

Y軸動作機能の扉形歯車外側面に固定されている保護具の一端のM5六角穴付皿ビスを図3.7の様にして分解する。外側面部へ3mm六角棒レンチを挿入、扉形歯車内側面にあるナットに対してスパナを掛けて緩める。

BC-P 2

保護具固定のもう一端は、スレーブアーム軸を腕関節機構へ接続しているフレーム（扉形歯車と反対側）の側面に固定されている。M6六角突付ボルトを5mm六角棒レンチにて緩め除去する。これで保護具は完全に分解された。

BC-P 3

分解した部品は手順に従い個別に保管する。以後、分解部品に対する保管の指示は示さないが必ず手順毎の保管を行うものとする。

エクステンドリーチ型の保護具の固定は、標準型の部分に加え、図3.8に示すエクステンド駆動機構の駆動平歯車軸固定台（図中の矢印部）上にあり、計三ヶ所で行っている。この歯車軸固定台は標準型で示したBC-P 2のフレーム上にある。以下に手順を追記する。

BC-P 4

平歯車軸固定台ともども締付のM5六角穴付ボルトを3mm六角棒レンチで緩める。又、これと

は反対側の一固定部は、エクステンド機構の固定プーリ台、腕関節機構寄りのプーリ軸端のM 6 ねじである（図中の上側の矢印部）。分解はナットにスパナを掛けて行う。

BC-P 5

前手順BC-P 4 に示した歯車軸固定台上のM 5 六角穴付ボルトとプーリ軸端のM 6 ナットは、保護具の分解除去後に、共に固定していた部品の脱絡防止のため再組付けをして置かねばならない。

b. スレーブアームの吊り具の分解

専用の吊り具は、スレーブアームにのみ付いていて標準型、エクステンドリーチ型とも共通である。以下にその手順を示す。

BC-R 1

壁貫通中継要素のセル内フック部へスレーブアームを吊り込み、移動するための吊り具は、図 3.4 に示す腕関節機構のフランジに 2 本のボルトで固定されている。ボルトは、M 10 細目ねじ六角穴付ボルトであるので、6 mm 六角棒レンチにて除去する。復元時、重量物の吊り具である点に特に注意し、締付の最終確認を確実にを行う必要がある。

〔分解の利点〕と〔復元〕

これら保護具および吊り具を付けた状態の保守修理作業は、目指す保守部分の視界が遮られ、治工具の操作性、グローブでの作業性などが邪魔されている。従って、分解し、除去したことによる保守作業の効率化は、上に示した欠点を除いたことになり、かなり良い結果を得る。

復元の手順は、分解の逆手順を追って実施すれば良い。全操作機能の調整が良好になった後、図 3.4 の通り吊り具および保護具を組み付ける。セルへ移送する場合はブーツの装着後に行い、除染エリアの予備マニプレータ架台上に保管する場合はブーツを付けなくてよい。

c. スレーブアームのハンド部の分解

セル内作業の遠隔操作で最もその必要性を要求されたスレーブハンドでの握り、ねじりおよびあおり操作は、保守時には無用となり、ハンドが付属している事によって希望するアームの状態維持が困難かつ保守作業を阻害することとなる。従って、本格的保守作業の前にこれを分解しておく必要がある。

以下にこの基本的保守手順を述べる。

BS-H 1

図 3.9 のM 3 六角穴付止めねじ（品番 3）を 1.5 mm 六角棒レンチにて緩める。この止めねじは、スレーブハンドの回り止めであり、正常な取付位置を指示するねじ。分離前のハンドを図 3.10 に示す。

BS-H 2

図 3.9 のM 4 六角穴付ボルト（品番 4）4 本を 3 mm 六角棒レンチで均等に緩める。但し、ハンド側面の合せ目がわずかに開く程度に緩めるだけで取り去ってはならない。このボルトの役目

は、ハンドをアーム側軸部に対して堅固に締付け固定するためである。

BS-H 3

ハンドを引き抜きつつ反時計回り方向に回転させ、アーム側軸部内にある雄ねじ（図 2.16 の Kreuzachse im Handgetriebekopf (A 100HA-02-H 03)）からハンドを分離する（図 3.11, 3.12）。分離後は雄ねじに M 6 専用治具を取り付け各種の保守操作に供する。

このねじ部のねじ込み量は、スレーブハンドの爪先開き寸法（基準値；最大 90 mm）に関連しており、分離の時この寸法の調査が大切である。

b. マスターアームのハンド部の分解

マスターハンドは保守作業において無用になり、後続する各操作機能の保守の妨げとなるため予め分解をしておく必要がある。図 2.23 でマスターアーム側軸に対して品番 18 のボルトによって堅固に締め付けられ、動作伝達系は図の“A 点”で接続されている。以下に分解の順序を示す。

保守手順

BM-H 1

モーションロックレバーをハンド側に引き、各操作機能が自由に動く様にしてマスターハンドを握り締める。図 3.13 に示す伝達系のリンクチェーンが一杯に引き出した状態にして、ハンド取付軸端に近いリンク部へ引き込み防止の治具を装着する。同時に、チェーンのねじれを防止するためにチェーンの表裏を識別出来る様にする。

BM-H 2

ハンドを 90° ねじって水平にしモーションロックレバーを押し上げ各機能の動作をロックする。図 3.14 にチェーン接続部構造（図 2.23 の“A 部”詳細）を示す。図の矢印の反対側に、抜け出て来るピンが進入可能な穴明き構造の当て治具を添え、矢印側から平行ピンの頭を打ち込みピンを抜き取る。この場合鉄鋼製のハンマーの使用はさけること。ピンを完全に打ち抜くためには打ち抜き治具（先端形状 $\phi 2.8 \times 10 \ell$ 、鋼製又は黄銅製、柄付き）が必要である。挿入時は大きく面取りしてあるピン端が先となる。チェーン接続環との寸法公差は締め嵌合であり、簡単に抜け落ちない様になっている。平行ピンが除去されるとチェーン環はリンクレバーから解放される。

BM-H 3

図 2.23 の品番 18 を緩め、外筒下部の Z 軸動作上限位置ストッパを分解した後でハンドを取付軸より抜き取り、接続されているカールコードとともに保守作業の妨げにならない所へ保管する。ハンドの向きと取付軸の回転角の関係は、図 3.13 に示す切欠き部が下側に位置する様に取り付けければ正常状態にある。

e. 標準型アーム内筒の分解

マスターアームとスレーブアームは共に対をなし、マスターアームにおける動作が起点となって壁貫通中継要素を経てスレーブアームに伝達される。その性質は伝える側および受ける側とそれぞれ異なるがアーム内部の伝達系の構成および構造は、ほぼ同じである。詳細構

造では若干違っている部分がある。ここでは、アームの違いを特定しないで標準型アームとして説明して行く。

操作機能のワイヤ・テープは、アーム内筒および腕関節機構に殆んど納っており、これらのワイヤ・テープの保守のためには内筒の分解が伴う。内筒は内筒上部機構とハンド部機構およびこれらを支持する2本の支柱を内包して組み立てられている。分解作業におけるマスターアームとスレーブアームの違いは、モーションロック機構にある。前者は一括操作、後者は部分操作の出来る構造になっている。

保守手順

BS-I 1

スレーブアームの場合、ボックス内の架台上に専用の修理台を置き、この上に横位置に設置する(図3.15)。マスターアームは、図3.5に示す状態に設置する。こうすることによりスレーブアームにあっては、図2.11の様に腕関節機構のフランジ内モーションロック機構カップリングが操作し易くなり、両アームの外筒上にある内筒分解用の穴が同じく分解操作の容易な位置に来る(図3.16)。

BS-I 2

スレーブアームの場合、Z軸動作機能(図3.15の品番10)と腕旋回機能(図3.15の品番9)のモーションロック機構に対して図3.17の治具を図2-12の様に咬み込ませて(ロックが「解除」の状態)、分解用穴の中心に内筒を固定している上部側ビスをのぞかせ、直ちに両機能のロックを「作動」にさせる。通常、ロック爪は圧縮バネでカップリングに咬み合っており動作を抑止している。治具Aを目的の機能の軸に装着すればロックが解除され、その機能を希望する位置に移動出来、治具Aを外せばロックが作動する。このことは、保守を効率的に進める上で非常に重要なことで、ロック爪の「解除」又は「作動」を上手に操作せねばならない。

マスターアームの場合、モーションロックレバー(図2.21)を操作し、スレーブアームと同様に固定ビスを分解用穴内にのぞかせ、ロック爪を作動させる。

BS-I 3

アーム内筒の上部固定M4六角穴付皿ビスを、分解用穴に2.5mm六角棒レンチを挿入し反時計回り方向に回して、全数四個を除去する。一個を外した後、腕旋回機能を操作し次の皿ビスについて行う。これらのビスは、振動、衝撃などによる不慮の緩みを防止するため極めて強固に締付けられていて、弛緩初期は強い抵抗がある。分解用穴から外したねじを取り出す時の姿勢は、必ず六角棒レンチの軸心が水平又は少し上向き加減にする。すなわち、アーム内筒とアーム外筒の間に皿ビスを脱落させない様充分注意を払う。

BS-I 4

アーム内筒の下部にあるZ軸動作機能の上限ストッパ固定M4六角穴付皿ビスとこのビスの取付け位置とほぼ同一円周上のスレーブアーム内筒下部固定M4六角穴付皿ビス、四個を反時計回り方向に回し除去、各々保管する。内筒抜き取り前に図3.18に示す様、組み込み方向を識別するために合マークをマジックインクで刻む。

BS-I 5

Z軸動作機能のストロークの約2分の1までアーム内筒を引き出し、この位置でロック爪を作

動かせる。アーム内筒表面に力を与えハンド方向に抜き出し、アーム内筒フレームより完全に抜き去る。抜き出し初期に抵抗が感じられるがその後は軽々と抜ける。もし、抵抗が大きいならば、どこかに異常が起っていることもあり得るので調査する。アーム内筒、外筒、フレームおよびその他の部品などは、アルミニウム又はその合金にアルマイト処理を施されているため著しい傷、歪を与えぬ様な注意が必要である。

f. エクステンドリーチ型アーム内筒の分解

エクステンドリーチ型のアーム内筒分解手順において相違しているアームはスレーブアームであり、マスターアームについては標準型の手順を準用出来る。以下の説明は、手順の異なるエクステンドリーチ型スレーブアーム内筒についてのみ示す。

保守手順

BE-I 1

アームの設置状態は、エクステンド機構を操作した時、エクステンド駆動によるアーム伸縮の可能な様にしておかねばならないがその他は標準型と同じである。図 3.15 のエクステンド駆動用カップリング(品番 12)に図 3.19 に示す手動ハンドルを装着し、アーム外筒が伸長する方向に回して図 3.20 の様に充分伸ばす。伸び出た外筒上に標準型で示したと同じ形状の分解用穴が現われている事を確認する。

BE-I 2

標準型の手順、「BS-I 1」から「BS-I 4」に準じ同様に実施した後、再びクランク状の手動ハンドルを用い、アーム外筒を収縮させ、次で「BS-I 5」に準じ内筒を分解除去する。

BE-I 3

エクステンド機構の箱形カバーの分解。図 3.21 は、アーム外筒下方にあるカバーの下方固定個所を示したもので、M 3 甲丸皿ビスをマイナスドライバで外し、カバーをスレーブハンド方向に軽く引き出し取り外す。図 3.22 に除去前の状態、図 3.23 に除去後のアーム外観を示す。エクステンド外筒上のエクステンド機構に組み込まれている各操作機能のワイヤ・テープおよびブリー群が確認出来る。

以上、これらの基本的保守技術は、A100型マニプレータの腕関節機構、アーム内部などの深層部に配置されている操作機能伝達系のワイヤ・テープの保守修理において欠かすことの出来ないものである。エクステンドリーチ型スレーブアームを標準型のものと比較して見ると、標準型と同じ構造の外筒がエクステンド外筒の中に収納されていて、エクステンド機構によってワイヤ・テープ系とエクステンド駆動系のチェーンとが均衡を保ちながら、外筒が伸縮する。

構造の基本が標準型に存在した様に保守技術の基本も同様に標準型にある。故障機能が明瞭でない場合は、以上に述べた一連の分解作業後にその部分を探り出さねばならない。目指す保守修理機能の部位が確定出来たなら、分解除去の範囲を最小限にとどめる様、綿密な検討を行い不要な部分の分解を回避する。このためにも、先に述べた機能と構造の関係について確実に把握しておく必要がある。

3.4.2 A15型トングマニプレータ

A15型トングマニプレータの場合、トング軸とブーツの関係が保守を行う際の基本になる。この点も含めた総体的な説明を後節にて行うこととする。

3.5 A100標準型マニプレータの保守技術

A100標準型マニプレータの各操作機能についての詳細な保守技術を説明する。アームにおける故障は主にワイヤ・テープに関連した機構に、壁貫通中継要素では伝達軸部の気密機構に発生することが予想される。従って、ここでは、これらの部分に焦点を絞って述べることにする。又、具体的に対処して行く場合、不必要と考えられる項目も含まれるが記述の都合上、故障個所を特定した形式でなく、その機能の全体に注目した形式を採って行く。

3.5.1 保守技術上の一般事項

動作伝達に使用されている主な部品にワイヤとテープがある。燃料試験施設のA100型マニプレータに使用されている国産ワイヤロープの仕様を下記に示す。

ワイヤロープ仕様

- 材 質 ; SUS-304
- ロープ径 ; 1.6 mm
- 構 造 ; 7×19
- ヨリ方向 ; Zヨリ
- 実破断応力 ; 230 kg/mm² 以上

テープはHWM社製を使用する。その他の部品補充も純正部品にて保守を行う。

3.5.2 腕旋回機能の保守技術

腕旋回機能はワイヤによって伝達されており、アーム外筒下部と腕関節機構にワイヤが組み込まれているだけのためハンド部とアーム内筒に関する前記基本的保守は、無用である。スレーブアームとマスターアームでは少し異なる部分がある。

a. スレーブアームについて

図3.24に標準型スレーブアームの腕旋回機能の構造を示す。ワイヤの末端は、外筒下部腕旋回機構と腕関節機構の二箇所で処理されている。端末にはそれぞれの所に適合した取付駒があり、ワイヤ端の約10mm長さ部にハンダ付けをしてワイヤのほつれを防止する処理が行われている。図3.25、図3.26および図3.27に取付駒に対するワイヤの組込み状態を示す。

保守手順について下記に述べる。

SS-U1

Z軸動作機能进行操作しZ軸を最も短い状態にする。

ワイヤ切断による故障の場合、腕旋回機能に対するモーションロック機構が無効になってしまう

い、外筒下部腕旋回機構はいずれの方向にも回転する。これは、ワイヤ切断によって腕旋回の平衡が破れているためである。ワイヤ組込みのゼロ位置を保持するため腕旋回防止治具（図 3.28）をアーム外筒と内筒固定部に M 7 ピッチ 1 mm のねじと内筒固定のねじをそれぞれ用いて取り付ける。他の操作機能の保守修理のためにこの機能を分解する必要がある場合はこの治具を使用しなくて良い。

SS-U2

損傷し未切断のワイヤに張力が残っている場合、図 3.29 に示す様な先端が細くなっているラチェット解放具（中型の時計ドライバーなど）を図 3.30 の様にラチェット部に差し込み、ガイドローラ方向へあおる。ラチェット爪が外れワイヤの張力は失われ、ラチェット軸に挿入されていた円筒駒が抜き取れる（図 3.31）。他操作機能について保守修理を行う際にもこの手順によって旋回ワイヤを分解しなければならない。もう一方のワイヤ端末、ねじ付駒を外筒下部腕旋回用プーリの外周面巻取り溝より外す。取付け状態を図 3.32 に示す。これで旋回ワイヤは外筒下部において完全に自由になった。

SS-U3

ワイヤ端取付駒からワイヤを外す場合は、図 3.33 に示すワイヤ識別のためのタグプレートを取り付け、組込み時の誤りを防ぐ。ワイヤから取付駒を切断した時は、そのワイヤの全長に不足を生じているため新しいワイヤに交換しなければならない。取付駒のなくなったワイヤは、外筒下部プーリ部を通過することが出来る。但し、これは、他操作機能の保守修理の際に必要なことであり、腕旋回機能だけの場合には健全なワイヤの取付駒の切離し、外筒下部プーリ部よりワイヤを外すなどの必要はない。

SS-U4

腕関節機構のフランジ内のカップリング（図 2.4 又は図 3.15、品番 9）軸を確認し、図 3.24 に示す巻取りプーリを探る。このプーリにはワイヤ外れ防止のためのカバーが M 4 六角穴付ボルト 2 本で取付けられている。ボルトを緩めカバーとともに取り外す（図 3.34）。この腕旋回ワイヤ巻取りプーリの詳細構造は、図 3.35 の様になっており、二個のプーリがある。各々のプーリは、ねじ状の溝が加工されていてワイヤを巻取れる。又、ワイヤのこの部分の端部を取付けられる溝があり、この部分に図 3.27 に示した円板駒が装着されている。二つのプーリは三本の M 4 六角穴付ボルトによって締付け固定されている。図 3.36 は、カバーを除去した直後の状態でワイヤには異状なく正常に巻取られている。しかし、ワイヤがこの部分で切断していればこの様な状態にない。

SS-U5

ワイヤ交換のため巻取りプーリ・1 を分解する。三本の締付ボルト（M 4）を緩め除去し、巻取りプーリ・1 を図の右方向に引き出し（図 3.37、図 3.38）、プーリの分解が出来る。巻取りプーリ・2 は、軸側に固定されていて除去出来ない。しかし、交換を要するワイヤが巻取りプーリ・1 側であるならば無理にこのプーリを分解除去せず軸に装着した状態で、駒止め部の溝を正面にもって来て、駒を横に押し出し古いワイヤを取り除き、逆手順で新しいワイヤの駒を押し込めば良い。交換ワイヤが巻取りプーリ・2 にある時、図 3.38 の状態まで分解し同様にして駒を取り出し交換出来る。いずれの場合でも巻取りプーリに対するワイヤの巻込み方向と巻数に注

意すべきである(図 3.24 参照)。

次にワイヤの取付けおよび調整について説明する。取付けは、ほぼ上記「SS-U1」～「SS-U5」の逆手順で進めて良い。

SS-U6

ワイヤ($\phi 1.6$, 構成 7×19 , Z ヨリ)と取付駒を準備する。ワイヤの長さ約 $2.5 \text{ m} \times$ 必要本数の全端末に長さ約 10 mm のハンダ付けをし、ワイヤのはつれを防止する。次に、円板駒にワイヤを通して図 3.27 の様にする。この時、折り曲げたワイヤの頭が駒から飛び出さない様に注意する。

SS-U7

円板駒の付いていないワイヤ端を図 3.24 に示した腕関節機構側より通し始め、図に示した経路を正しく組込む。この腕関節機構内においてワイヤ相互が交差しているので注意が必要である。内部の方は直視出来ないから小型のハンドミラーを利用して作業を進め、ハンド側まで伸ばしたワイヤには十分な長さのあることを確認し、まだワイヤ端への駒取付けは行わぬこと。ワイヤの途中を粘着テープなどで仮押えをやっておくとこの後の作業性が良くなる。

SS-U8

腕関節機構部巻取りプーリへのワイヤの組込み。

円板駒を巻取りプーリの溝に押し込み、巻込み方向を誤らぬ様に図 3.24 に示した通り仮巻込みを行う。順序として巻取りプーリ・2 側より行い、次に巻取りプーリ・1 を行う。両プーリとも巻数を約 1 とする。新しいワイヤは、プーリに対する馴染みが悪く、巻込み位置のずれを生ずる結果となる。この対策として巻込んだワイヤを指で押えて置き、そのワイヤに軽く張力を与えて前記仮押えの粘着テープにて張力を保つ。他方の巻取りプーリにも同様にしてワイヤを組込む。

この後、この双方のワイヤを同時に指で押えつつ平衡状態にして更にしっかりと仮押えテープで張力を保ち、プーリ固定ボルトを仮締めする。ボルトが巻取りプーリ・1 の調整溝(図 3.39)の中央に来る位置にしておき、各々ワイヤを外筒下部の腕旋回機能プーリ溝に仮巻込みをしワイヤの全長を決定、切断位置のマーキングを行う。

SS-U9

腕関節機構のフランジ内のカップリング溝が縦方向にあることを確認し、上記「SS-U8」で仮締めの巻取りプーリ固定ボルト 3 本を本締め、巻取りプーリカバーを取り付ける。各中継プーリの溝に正しくワイヤが収まっていることを確認し、再度ワイヤの全長を調べ、規定長さのワイヤに切断する位置の 10 mm 部分にハンダ付け後切断、そして各々のワイヤ端に駒を取り付ける。

SS-U10

ネジ付駒を図 3.32 に示す通りねじ込み、次いでラチェット側端末をラチェット部へ挿入、ラチェット爪 2～3 駒程度巻込む。外筒表面上の二本の旋回用ワイヤに均衡のとれた軽度の張力があるか確認する。もし、相互のワイヤ張力に差のある時は、「SS-U9」で締付けた巻取りプーリ固定ボルト 3 本を緩め、ワイヤに弛みのあった側のプーリをワイヤ張力の増す方向に操作して後に前記締付ボルトを締付ける。ここで重要な調整の焦点は、外筒下部腕旋回プーリ部がゼロ位置を指示し、腕関節機構フランジ内のカップリング溝が縦方向を示していることである。

腕旋回防止の止め治具を外し、ラチットをゆっくり時計回り方向に回し、ワイヤの張力を増して行く。張力計を使用し、ワイヤのスパン中央で測定した時、ワイヤ張力が $800 \pm 50 \text{ g}/20 \text{ mm}$ となっていれば良い。

SS-U 11

モーションロック機構のロックを解除し、腕旋回動作に脈動のないことを確認する。脈動がある場合、いずれかに接触抵抗を生じさせている所があるので調査し、再度保守を行う。動きが正常になっているのなら腕旋回位置を正規に戻しロック爪を作動させる。

SS-U 12

この項において先に行った分解等の基本的保守技術に対する復元を実施し、メンテナンスボックス除染エリアのマニプレータに接続してすべての動作の最終確認を実施する。以上でA100標準型スレーブアームの腕旋回機能ワイヤの保守修理が完了したことになる。

b. マスターアームについて

構造の説明において特徴を示した通り、マスターアームとスレーブアームとの違いは三個所あった。従って、保守に係わる手順もスレーブアームのそれに一様に準ずることは出来ない。A100標準型マスターアームの腕旋回機能の構造を図3.40に示し、この図に基づき以下に保守手順を説明する。

保守手順

SM-U 1

マスターアーム外筒表面上の軸方向中央に位置しているターンバックル構造有するワイヤのいずれかに損傷が起っている。ここで損傷個所がこのターンバックルを中心にしてイ)外筒下部腕旋回プーリ側、ロ)腕関節機構側のどちら側にあるかを確認する。イ)の場合、外筒下部腕旋回プーリの溝に留めてあるねじ付駒をワイヤとともに外し、ワイヤの長さを調査後、新しいワイヤに交換する。

SM-U 2

上記、ロ)について以下に説明する。

腕関節機構にある腕旋回ワイヤ巻取りプーリカバーを分解する。構造の説明ではプーリについて違いを説明したが腕旋回ワイヤ巻取りプーリカバーが他操作機能のカバーと干渉し合っ容易に分解不可能であることに注意を要する。

SM-U 3

外筒下部腕旋回機構部のマスターハンドねじり用ラチェットおよびあおり用ラチェットをそれぞれ操作してラチェット軸よりワイヤ端末が抜け出ない程度までワイヤ張力を弱め、その張力を確認しておく。

SM-U 4

腕関節機構部のねじり／あおり機能巻取りプーリおよびカバー部の分解は、別項「SS-W/V 8」, 「SS-W/V 9」に準じて行う。

SM-U 5

図 3.40 に示す巻取りプーリより損傷ワイヤを外し、新しいワイヤをスレーブアームで示した手順に従い適切な長さのワイヤを準備し、ワイヤ端を円板駒に組込む。腕関節機構側よりワイヤを通し始め、中継プーリの溝にワイヤが収まっていることを確認する。外筒表面上にワイヤを粘着テープなどで仮押えを行い、ワイヤに軽い張力が保てる様にする。

SM-U 6

巻取りプーリにワイヤを巻込み、図 3.40 の指示通り完了したならばプーリカバーを完全に取り付ける。

SM-U 7

腕関節機構部のねじり／あおり機能巻取りプーリおよびカバー部の復元を別項「SS-W/V13」、
「SM-W/V15」に準じて行う。

SM-U 8

ワイヤをターンバックルの雌ねじ側に通し、ワイヤ長を決定、円筒駒を装着する。健全であった側のターンバックルをねじ込み量 2～3 ピッチに接続し、保守側のターンバックルも同様に接続する。腕関節機構胴内のカップリング溝が腕旋回プーリのゼロ位置で縦方向にあることを確かめ、二本のワイヤの弛み具合を比べる。偏りがターンバックルの調整代で修正不可能な場合は、円筒駒の装着をやり直し、これらの点について再点検する。偏りのないことを確認したならば、カップリング溝の方向とゼロ位置との正常な位置関係を保ちつつターンバックルをねじ込んでワイヤに張力を与える。張力計で測定し、ワイヤスパンの中央で $800 \pm 50 \text{ g} / 30 \text{ mm}$ に設定する。

SM-U 9

腕旋回機能の保守に関係して先に実施した基本的保守技術を完了させた後、操作室側の走行クレーンにて吊込み、各操作機能の動き、特に保守に伴なって分解復元した個所の操作機能について入念な点検を行い、正規の動作状態にあること又、腕関節機構のカップリング溝が各操作系のゼロ位置で縦方向にあることを確認する。

A100 標準型の腕旋回機能についてスレーブアームおよびマスターアームに分類して説明を行った。各々のアームの保守上の技術的特徴が数点あったが操作性に結び付くワイヤ張力もスレーブアーム側は若干強くなっている。マスターアームの保守中、X 軸および Y 軸の電動機能は、スレーブアームとの相対的位置ずれを予防するために極力操作しない方が良い。

3.5.3 ハンドねじりおよびあおり機能の保守技術

スレーブアームおよびマスターアームのハンドねじりおよびあおり機能の保守修理においては基本的保守技術のすべてが要求され、本保守作業の過程では腕旋回機能の動きを常に念頭に置いて作業を進める必要がある。特に腕旋回機能の外筒下部プーリを分解した後ではアームの平衡が失われているのでワイヤ伝達系に注意しなければならない。腕旋回角度ゼロ位置の時に平行状態にあったワイヤ配列の乱れ、各操作機能のワイヤ端末を解放したことによるワイヤ交叉の危険性などがある。以下に作業の手順を示す。

a. スレーブアームについて

スレーブアームのハンドねじり／あおり機能についてワイヤ構成実体図を図 3.41 に示す。図の下方は、外筒下部腕旋回機構の旋回プーリ部における各操作機能のワイヤ端末の取付位置を示したもので、上方は内筒上部腕旋回機構部の方向転換プーリとワイヤの組込みの関係を示したものである。図 3.42 に内筒上部腕旋回機構からのワイヤと腕関節機構との関係を示す。

保守手順

SS - W / V 1

腕旋回角度をゼロ位置に合せ、Z 軸動作のモーションロックを解除し、Z 軸動作機能の上限まで一旦移動する。各ワイヤに絡み合いのないことを確認した後、約 400mm 降下させ図 3.43 に示すワイヤ固定治具を外筒上部のワイヤに装着する。この治具に固定されるワイヤ配列は図 3.42 に示した内筒上部機構のそれと同じになる。

SS - W / V 2

腕旋回機能のワイヤを外筒下部腕旋回機構より「SS - U 2」, 「SS - U 3」に準じて外し、タグプレートをつけて今後の保守作業に対し邪魔にならない処置をとる。

SS - W / V 3

図 3.41 に示したハンドねじり機能ワイヤ用ラチェットから、図 3.30 に示す様な工具を用いてラチェット爪を解放し、ワイヤ端末を外してタグプレートをつける。これによってこの機能のワイヤ張力の平衡が破られ、同図に示した No.3 滑車よりのワイヤ端末も外すことが可能となる。この端末取付駒（円筒駒）にもタグプレートをつける。

SS - W / V 4

同様にして同図のハンドあおり機能ワイヤ用ラチェット部端末および No.6 滑車よりのワイヤ端末を外し、タグプレートをつける。

注) 上記「SS - W / V 1」～「SS - W / V 4」の手順は、ハンドねじり／あおり機能の系統が正常な場合のことであって、この系統にワイヤの損傷、切断が起っている時は、上記に示した四個の端末のうちのいずれかは直ちに外せる状態にある。故障状態を想定したこの機能の保守手順において、四個の端末についてそれぞれ説明する必要があるけれども、内容は大同小異なため故障状態を特定せずに正常状態における手順を示すこととする。

SS - W / V 5

図 3.42, 腕関節機構の握り機能軸端にあるナットを緩め、握り機能ワイヤの巻取りプーリを軸より抜き取り、同プーリよりワイヤ端末を外して同ワイヤの張力を解放する。次いで図 3.41, 外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部の握り機能ワイヤ端末を外し、タグプレートを取付ける。

SS - W / V 6

Z 軸動作機能の腕関節機構部テーブプーリおよび外筒下部プーリの分解は、別項「SS - Z 4」と「SS - Z 6」を参照すること。分解作業においてテーブの歪、損傷のないよう注意が必要である。

SS-W/V 7

外筒と外筒下部腕旋回機構とを固定しているM 4 六角穴付皿ビス、3個を2.5mm六角棒レンチにて緩め、除去する(図3.44)。旋回機構を図3.45の矢印方向に慎重に押し出し、内筒フレームから抜き取る。図3.46に単体となった外筒下部腕旋回機構の外観を示す。

Z軸動作機能の解放されているテープに注意しながら内筒フレームを、滑車中継要素(図2.15)が完全に外筒の外に抜け出るまで、引き出す。各操作機能のタグプレートを付けたワイヤ端末を引張り、5個の滑車中継要素を内筒フレームに粘着テープで捕捉しておく。更に内筒フレームを抜き出し、内筒上部腕旋回機構が直視出来る様にする。

注) 上記の「SS-W/V 7」は、腕旋回機能のワイヤを除くすべての操作機能のワイヤ又はテープに係わる保守修理の時、必然的に実施しなければならない項目である。すなわち、滑車中継要素、内筒上部腕旋回機構にワイヤおよびテープが組込まれているために要求される保守技術である(図3.47)。

SS-W/V 8

ハンドねじり/あおり機能の腕関節機構内の部分は、図3.48に示す同機構の内側にある基板に取り付けられている。この詳細構造を図3.49に示す。基板には巻取りプーリ・1、巻取りプーリ・2およびこれらを覆っているカバーが図3.48の基板上で円形に配列されている六角穴付ボルト8個によって固定されている。

図3.49において2本のカップリング軸上のE型止め輪を専用工具で外し、これら2軸のモーションロックを解除する。次に、カップリング軸端の傘歯車を、軸とともに図の矢印方向に約10mm移動させ、巻取りプーリ側傘歯台上的軸受からカップリング軸端を抜き去る。しかし、巻取りプーリ・2側は、傘歯車の歯先がカバーの縁に干渉するため、約10mmの寸法の移動が出来ない。この故に、カバーを固定している基板上のM 3六角穴付ボルト4本(図3.48の矢印表示のボルト)をそれぞれ外れる直前状態まで緩めてやって、このカバーを自由にする事によって傘歯車の移動が出来る。カップリング軸端が軸受より完全に抜け切れる様カップリング軸を移動する。

SS-W/V 9

図3.48の基板を分解する。M 6・六角穴付ボルト6本を緩め取り外し、2本をロック抜き用雌ねじに慎重にねじ込みながら平均した浮かし込み法で基板を分解除去する。ワイヤの巻込まれた状態のプーリ群が緩められたままのプーリカバーとともに取り出せる。4本のワイヤを引張り、ワイヤの緩みを抑えてプーリカバーを分解し、ワイヤ巻数、巻込み位置および巻取り方向に注意して損傷ワイヤの円板駒を巻取りプーリの溝より取り除く。

SS-W/V 10

これまで使用していたワイヤの健全さを確認し、交換用ワイヤをワイヤ止め駒とともに準備する。

((。ワイヤ径； ϕ 1.6, 。構成；7×19, Zヨリ, 。ワイヤ長；約3.5m, 。ワイヤ端に10mmほどのハンダ付をし、ワイヤのほつれを防いでおき、円筒駒および円板駒とともにポートよりバッグインしてボックス内に準備する。)

SS-W/V 11

図 3.41, 3.42 および 3.49 のワイヤ中継状況をよく把握し, 外筒下部側よりワイヤ構成を始める。特に, 図 3.42 に示した腕関節機構部フレームの貫通穴を間違わぬ様, 図 3.49 の巻取りプーリに合致させる。内筒部分ではワイヤ相互のからみ合い, 滑車中継要素のねじれなどに注意を要する。

別途保管中であった外筒下部腕旋回機構旋回プーリを外筒下部に仮組みする。

SS-W/V 12

所定の経路を経たワイヤの全長を確認し, 十分な長さが確保されていれば, 腕関節機構側の交換ワイヤ端に, 折り曲げられたワイヤの頭が円板駒から飛び出ない様図 3.27 の円板駒を付ける。巻取りプーリの所定位置に該当の円板駒を装着し, 巻込み方向, 巻数に注意し 4 本のワイヤを巻込む。これらワイヤのうち No.2 と No.3 がプーリ・1 に, No.5 と No.6 がプーリ・2 に互に逆方向から巻込まれ, 巻数比はほぼ 1 対 2 になっている。巻込んだワイヤに緩みを生じさせぬ様にしてしっかり溝に落着かせ, 巻取りプーリカバーを仮組みする。

SS-W/V 13

外筒下部腕旋回機構側のタグプレート付ワイヤ端をハンド方向に引きながら基板を図 3.48 の様に腕関節機構に組付ける。この時, カップリング軸端の飛び出しに注意し, 巻取りプーリ部に無理な力が働かない様にしてロックピンにより位置を決め, 6 本のボルトを均等にねじ込みつつ慎重に組立てを行い, 基板の接合部分に異状な隙間のない状態にする。

SS-W/V 14

「SS-W/V 11」にて仮組みした外筒下部腕旋回機構旋回プーリを外筒に M 4・六角穴付皿ビス, 3 個で本組付けする。2.5 mm 六角棒レンチ使用。

タグプレート付ワイヤ端を操作し巻取りプーリ部の巻込みワイヤに異状のないことを確かめ, 健全だったワイヤから逐次端末取付個所に取り付ける。ハンドねじり/あおり動作の中立位置を保持し交換ワイヤの長さを調べ, 切断位置をマーキングする。ワイヤ長さには端末処理のための折曲げ代, ラチェットへの巻込み代など加味しておく。ワイヤ端末のはつれ防止に予め約 10 mm 長のハンダ付けをしておき切断を行う。次に円筒駒を付け, 所定個所へ組込む。当然, これらの過程では滑車中継要素の配列順位, ワイヤとのからみ付きに対して充分注意を要する。図 3.41 において, 下記①~④の取り付けを原則とする。

- ① ハンドねじり機能ワイヤ用ラチェットへ No.2 滑車からのワイヤ端末円筒駒を挿入装着する。
- ② No.3 滑車よりの円筒駒を取付部に装着し, 前記①に示すラチェットを時計回り方向に回してワイヤを巻込み, No.2 滑車中継要素および No.3 滑車中継要素に軽度の張力を与える。
- ③ ハンドあおり機能ワイヤ用ラチェットへ No.5 滑車からの円筒駒を挿入装着する。
- ④ 上記②に準じ No.6 滑車の端末を処理する。同じく張力を軽く与える。

SS-W/V 15

腕関節機構の巻取りプーリカバーを緩め, 再びハンドねじり/あおり動作を中立に保ち, カップリングの溝を外筒の軸方向に合せてカップリング軸側傘歯車と巻取りプーリ側傘歯車を咬合せる。以上の要領で 2 本の軸についてそれぞれ行い, 軸端が軸受にしっかり挿入されたことを確認, E 型止め輪を装着する。この後, モーションロックを作動させ, 巻取りプーリカバーを M 3・六

角穴付ボルトにて固定する。ロック爪を解除し、巻取りプーリの動きが円滑であることを確める。ワイヤには最終の張力を付与されていないために4個の滑車中継要素が相互に干渉するかも知れないので注意すること。

SS-W/V 16

Z軸動作機能の腕関節機構部テーププーリおよび外筒下部プーリの復元は、別項「SS-Z11」を参照すること。復元作業においてもテープに対する取扱上の注意は分解時に同じである。

SS-W/V 17

握り機能ワイヤの外筒下部側タグプレート付端末駒を外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部に挿入し、又、腕関節機構側の円板駒を巻取りプーリに挿入、約1巻きしてプーリをカップリング軸端に装着する。以上が握り機能の仮調整であり、爪の開きを80~90mmとする最終調整は、別項「SS-G5」、「SS-G6」および「SS-G8」で説明する。

SS-W/V 18

外筒上部のワイヤに付けたワイヤ固定治具を取り外し、ハンドねじり機能ワイヤ用ラチェットおよびあおりのラチェットを交互に時計回り方向に少しずつ回し各ワイヤの張力を強める。張力設定は、組み立て後の滑車中継要素に弛みがない程度かこれよりもラチェット爪が一駒進む程度に調整する。

SS-W/V 19

内筒の組込みを「BS-I1」~「BS-I5」の逆手順に準じて行う。

SS-W/V 20

腕旋回機能のワイヤ組込みを「SS-U10」~「SS-U11」に準じて行う。

SS-W/V 21

ハンド、吊り具およびブーツ保護具を取り付け、メンテナンスボックス除染エリアのマニプレータに接続してすべての動作の最終確認を実施する。

本項の説明で各手順におけるモーションロック機構の爪の「作動」又は「解除」を特に指示しなかったが、これは、作業の状況、状態に合わせて各自実施する。

b. マスターアームについて

マスターハンドのねじり/あおり機能の構造は、スレーブアームのそれと比較するとすべての部分の配置がアーム軸心を中心として対称的に入れ替った状態になっている。図3.50に内筒部のワイヤ構成、図3.51に外筒上部の構造、図3.52に腕関節機構部のワイヤ巻取り構造をそれぞれ図示する。実質的な保守手順は、スレーブアームについてのものが準用出来、二箇所ほど相違している部分が加わっている。以下、これらに重点を置き説明する。

保守手順

SM-W/V 1

腕関節機構のフランジ下部にあるハンドねじり機能およびあおり機能の操作性を調整するための重錘(バランスウェイト)の保留。このウェイトはカップリング軸上のプーリにナイロン製縫

り紐で接続され軸回転時に巻込まれる。一方、縋り紐の切断によるバランスウェイト落下を防ぐための同じ材質の吊り紐がある。この落下防止用の吊り紐を取付けフックまで引き戻してバランスウェイトの無用な動きを拘束する。更に、ウェイト側紐が周辺を通過しているワイヤ又は方向転換プーリなどへの絡み付きを防ぐ処置を行う。

SM-W/V 2

外筒側部にある案内軸上のZ軸動作機能の操作性を調整するための重錘（バランスウェイト）の分解。別項「SM-Z 2」～「SM-Z 4」を参照して実施する。

SM-W/V 3

マスターアームについての手順「SM-U 1」およびスレーブアームの手順「SS-W/V 3」, 「SS-W/V 4」に準じて行う。

SM-W/V 4

腕関節機構部の握り機能ワイヤ巻取りプーリの分解（図 3.53）。別項「SM-G 4」を参照して実施する。カップリング軸上に握り動作復帰用の振りスプリングがあり、このスプリングの振り数に注意する必要がある。

SM-W/V 5

スレーブアームについての手順「SS-W/V 6」～「SS-W/V 16」に準じて実施する。

SM-W/V 6

腕関節機構部の握り機能ワイヤ巻取りプーリの復元は、別項「SM-G 6」を参照して実施する。握りレバー部の最終調整は、別項「SM-G 10」および「SM-G 11」にて説明する。

SM-W/V 7

外筒上部のワイヤに付けたワイヤ固定治具を取り外し、ハンドねじり機能ワイヤ用ラチェットおよびあおりのラチェットを交互に時計回り方向に少しずつ回し各ワイヤの張力を強める。張力設定は、組立て後の互の滑車中継要素に弛みがない程度かこれよりもラチェット爪が一駒進む程度に調整する。

SM-W/V 8

外筒側部の案内軸にZ軸動作機能用バランスウェイトの復元。別項「SM-Z 6」を参照して実施する。

SM-W/V 9

内筒の組込みを「BS-I 1」～「BS-I 5」の逆手順に準じて行う。

SM-W/V 10

腕旋回機能のワイヤ組込みを「SM-U 8」に準じて行う。

SM-W/V 11

マスターアームを操作室の走行クレーンにて吊込んで腕関節機構のフランジ下部にあるハンドねじり機能およびあおり機能のバランスウェイトを正常状態に戻し、カップリング軸上のプーリに正規の巻込みが行われることの確認を行う。

又、全操作機能に対する動作の確認を最終的に実施し支障のない状態とする。

3.5.4 Z軸動作機能の保守技術

A100標準型マニプレータのZ軸動作機能の伝達は、テープにて行われ、簡潔なテープ構成である。しかし、テープ端の固定が内筒上部腕旋回機構部にあるため、ハンドねじりおよびあおり機能の保守に類似している点が多い。以下にスレーブアームの保守手順を示す。

a. スレーブアームについて

保守手順

SS-Z 1

テープ切断後にアームを伸縮した場合アーム内外のテープに乱れが生じ又は折曲げられた状態を示しているからこれらのテープを整え、現状を良く把握し故障の原因を調査する。

SS-Z 2

腕旋回機能のワイヤを「SS-U 1」～「SS-U 3」に準じて分解を行う。ワイヤ端末駒をワイヤ端から外す場合、ワイヤの再使用が可能な様に慎重を要する。

SS-Z 3

ハンドねじりおよびあおり機能のワイヤを「SS-W/V 1」～「SS-W/V 5」に準じて分解する。これらのワイヤも再使用出来る様に処理して置かねばならない。

SS-Z 4

外筒下部のZ軸動作機能テープの方向転換プーリ(図3.54)をカバーを分解した後除去する。カバー分解は、固定ボルトを利用しカバーのねじ穴にねじ込んで行う。小さな部品の数が多いので保管に注意する。

SS-Z 5

外筒下部腕旋回機構を外筒より「SS-W/V 7」に準じて分解を行う。図3.55において、テープ・b切断の場合は、テープ・aの健全性に注意して内筒フレームを引き抜く。テープ・b切断の場合、次の手順による。

SS-Z 6

腕関節機構部のZ軸動作機能の構造を図3.56に示す。テープ用プーリ群は関節機構の軸心にある。カップリング軸側傘歯車と咬合している傘歯車は一体構造のプーリになっていて、その側部に単体のプーリが特殊ナットで固定されている。

このナットに図3.57に示す爪付専用スパナを掛け、傘歯車側プーリの凹部にも同じく専用スパナを使用しナット側スパナを反時計回り方向にあおって、このナットを緩める。密着していたプーリ・1が自由になり、テープ・bの操作が可能になる。又、モーションロック機構を解除すればテープ・aも同様に取扱える。従って、テープ・a切断の場合に内筒フレームを引抜くためにはプーリ・1を自由にすれば良い。

健全状態にあるテープの操作では、上記手順後、二個のプーリを目的の方向に少しずつ交互に回しテープに過剰な弛みを与えないようにすべきである。弛みを大きくすることは、内筒フレームを移動する際にテープを損傷する様な原因となる。

SS-Z 7

内筒上部腕旋回機構が直視出来る位置(図3.47)まで引き出し、この部分の損傷テープ端末を

除去する。図 3.58 に内筒上部腕旋回機構内の正常状態で装着されているテープ端末を示す。又、腕関節機構部巻取りプーリからも損傷テープを除去する（図 3.59）。テープ端には図 3.60 に示す様な角形駒が圧着されている。

交換用テープの準備

テープ端の片方に角形駒をスポット溶接又はハンダ付の方法によって付け、規定長さのテープを準備する。但し、テープのもう一方の端は駒を圧着せずバックイン後にボックス内で実施する。準備するテープ長は、

- プーリ・1（単体）側／テープ・b；約 2.5 m
- プーリ・2（一体）側／テープ・a；約 3.5 m

SS-Z 8

図 3.55、図 3.56 を参照しテーピングを行う。図 3.58 に示した内筒上部腕旋回機構部から開始し、上下方向にテープを振り分け、テープ・b は直接、腕関節機構へ、またテープ・a は外筒下部の転換プーリ部の軸を経て外筒表面から腕関節機構へ行う。外筒へ腕旋回機構を仮組みしこの部分の転換プーリを図 3.54 に従って組立てを行っておく。この時、テープのねじれに注意する。

〔テープ長さの調整〕

内筒フレームを押し込み上限に設置する。テープ・b の長さは、この状態の長さにプーリ・1 に 2 巻する長さとして Z 軸動作のストローク 980 mm を加算したものである。テープ・a の長さは、同状態でプーリ・2 に 2 巻する長さを加算、更に溝への巻込み分も考慮した長さとする。未処理のテープ端に駒を圧着し、テープを包み込む状態で溝へ押込む。テープに対し軽い張力を与えて Z 軸動作機能の動き、テープ巻込みの状況を調べる。

SS-Z 9

外筒下部腕旋回機構を外筒下部に組付け、方向を確認し、2.5 mm 六角棒レンチを使用して M 4・六角穴付皿ビス 3 個にて本組立を行う。

SS-Z 10

ハンドねじりおよびあおり機能ワイヤ、握り機能ワイヤを外筒下部腕旋回機構の所定位置に、これら 5 本のワイヤ同志が絡み合わない様端末駒の装着を整然と行う。詳しくは「SS-W/V14」を参照のこと。この手順では各ワイヤの張力は軽くワイヤが張っている程度が良い。

SS-Z 11

テープ張力の調整

Z 軸動作機能テープに正常な張力を与える。まず、Z 軸ストロークの 2 分の 1（中央）の位置に設定しモーションロック機能を作動とする。図 3.56 の腕関節機構の軸心にあるプーリ・1 を爪付専用スパナで反時計回り方向に回しテープ張力を作り、この状態で押えナットを時計回り方向に回してプーリ・1 を固定する。プーリ・1 とプーリ・2 の接触面には放射状の溝がありこれらの咬合いによって回り止めの役目を果している。テープスパン中央においてテープ張力は、張力計で計測し $1,000 \pm 100 \text{ g}/20 \text{ mm}$ とする。更に Z 軸動作を 3～4 回往復させた後再び計測し上記値を示していることを確認、違いのある時は、再度、張力調整を行う。内筒が上限又は下限に移動した時、張力は上記値よりも大きくなる。特に、テープを交換した場合、2～3 回の張力

調整を行うことによって確実な張力が得られる(図 3.61)。

SS-Z 12

ハンドねじりおよびあおり機能ワイヤ、握り機能ワイヤに最終的に張力を付与する。「SS-W/V 18」および別項「SS-G 5」、「SS-G 6」および「SS-G 8」に準じて行う。

SS-Z 13

内筒の組込みを「BS-I 1」～「BS-I 5」の逆手順で、腕旋回機能ワイヤの組込みを「SS-U 10」～「SS-U 11」の手順に準じて行う。

SS-Z 14

残っている基本的保守技術を完了し、メンテナンスボックス除染エリアのマニプレータに接続してすべての機能について最終確認を行う。

以上、Z軸動作機能のテープ保守において特に注意しなければならないことは、テープが非常に薄く鋭利であるためボックス内での作業でグローブなどを損傷する危険があるということである。グローブ作業時、直接テープに触れることのない様、工夫すべきである。

b. マスターアームについて

マスターアームの特徴は、スレーブアームとの動作に対する整合性を得るための重錘が付加されている点にある。以下この部分の保守手順を含めたマスターアームについて示す。

保守手順

SM-Z 1

腕関節機構のフランジ下部にあるハンドねじり／あおり機能用バランスウェイトの保留を「SM-W/V 1」に準じて行う。

SM-Z 2

Z軸動作機能用バランスウェイトを案内軸より分解する。外筒下部側の案内軸保持支柱に挿入の案内軸を接続し固定しているスプリングピン(φ5)を打ち抜き治具(φ4.8)にて抜き取る。このスプリングピンの直下にあるロックピンと間違わぬよう注意する。次に、保持支柱を外筒に固定している六角穴付皿ビスを緩め、完全に除去しないでおく(図 3.62)。

SM-Z 3

モーションロックレバーを操作しロック解除、バランスウェイトをZ軸動作のストローク中央に移動後、再びロック作動に戻す。この位置ではZ軸動作機能テープの張力が最も小さくなっている。図 2.25 で示したバランスウェイトとテープを固定しているボルト(品番 11)を緩め、テンションローラ、テンションスプリングとともに除去して、テープからバランスウェイトを完全に解放しウェイトを一旦腕関節機構側へ移動する。

SM-Z 4

「SM-Z 2」で緩めて置いた皿ビスを外し、案内軸から保持支柱を離して案内軸を支えつつバランスウェイトを手元に引き寄せ、案内軸からウェイトを外し保管する。案内軸に保持支柱を仮組、外筒へ固定する。案内軸固定のスプリングピンを挿入する必要なし。バランスウェイトは軸上で

軽快に移動し易く、慣性力があるので取扱いに注意を要する。

SM-Z 5

スレーブアームについての手順「SS-Z 1」～「SS-Z 13」に準じて実施する。

SM-Z 6

Z軸動作機能バランスウェイトの装着。「SM-Z 4」の逆手順で実施する。Z軸動作のストロークとの関係からバランスウェイトの固定位置は、図 3.63 に示す様にZ軸動作が上限の時、外筒下部のZ軸動作機能方向転換プーリ中心からテープテンションローラまでの寸法で 100 ± 2 mmである。テープへのウェイト固定は、「SM-Z 3」の逆手順で行う。マニプレータ使用中に締付ボルトが緩み、ウェイト落下の危険のない様に堅固に締付けておかねばならない。

SM-Z 7

操作室の走行クレーンで吊り込み、ハンドねじり／あおり機能用バランスウェイトを正常状態に戻し、カップリング軸上のプーリに正規の巻込みが行われていることを確認する。

3.5.5 握り機能の保守技術

握り機能のワイヤ構成は、すでに説明したハンドねじり／あおり機能と類似しているが腕関節機構部のワイヤ巻取り構造、ハンド部において違っている。内筒上部腕旋回機構に方向転換プーリが配置されているため、保守技術の内容は、腕旋回機能、ハンドねじり／あおり機能、Z軸動作機能とすべてに波及する。以下に保守手順を示す。

a. スレーブアームについて

保守手順

SS-G 1

腕旋回機能ワイヤの分解を「SS-U 1」～「SS-U 3」に準じて行う。

ハンドねじり／あおり機能ワイヤの分解を「SS-W/V 3」～「SS-W/V 4」に準じて行う。

SS-G 2

図 3.42 に示した腕関節機構の握り機能力カップリング軸端にあるナットを緩め、握り機能ワイヤの巻取りプーリを軸より抜き取る。プーリよりワイヤ端末駒を外して損傷ワイヤを除去する。次に、図 3.41 外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部よりもう一方のワイヤ端末駒を外す。もし、ワイヤが損傷し未切断状態にあるならば、いずれかの駒を切り落して新ワイヤと接続、古いワイヤを取り込むことも可能である。腕関節機構部の巻取りプーリ分解後を図 3.64 に示す。以下は損傷切断の場合について示す。

SS-G 3

Z軸動作機能外筒下部の方向転換プーリを「SS-Z 4」に準じて分解する。

Z軸動作機能の腕関節機構部テープ巻取りプーリを緩め、テープ弛みが内筒フレームの移動に支障ない程度にする。

外筒下部腕旋回機構を「SS-W/V 7」に準じて外筒より分解、保管する。

SS-G 4

ワイヤの準備。ワイヤ端に長さ 10mm ほどのハンダ付をしワイヤのはつれを防ぎ、端末取付

駒とともにメンテナンスボックス除染エリア内にバックインする。

内筒上部腕旋回機構の方向転換プーリが外筒下部において直視出来るまで内筒フレームを抜き出し、図 3.41 に従って前記転換プーリを経て、No.4 滑車中継要素に通す。この後、腕関節機構部の巻取りプーリに円板駒付ワイヤを取り付ける。

交換用ワイヤ

（○ワイヤ径； ϕ 1.6、○構成； 7×19 ，Zヨリ，○ワイヤ長；約 3.5m）

SS-G 5

ワイヤを巻取りプーリに4分の3周巻込み、カップリングの溝がーム軸に合致していることを確認した後、軸にプーリを仮組みする。内筒フレームを外筒に押し込み、外筒下部腕旋回機構旋回プーリを外筒に組付け、更に、Z軸動作方向転換プーリを外筒下部に組付けを行う。外筒下部側の握り機能ワイヤを引張り、ワイヤ長さが充分であることを確認する。

SS-G 6

ハンド部の差動歯車軸内の滑車中継要素からの接続ねじ（M 6，図 3.12）にハンドをねじ込み、仮組付する。ねじ込み量を確認し、本組付け時に備える。旋回プーリ部のワイヤを引張りハンドの開閉を確かめる。ハンド爪開き寸法を90mmに拘束し、滑車中継要素に弛みのない状態まで再度ワイヤを引張り、旋回プーリ端面における位置でワイヤーにマーキングする。

SS-G 7

Z軸動作機能の腕関節機構部テーブプーリの復元は、「SS-Z 11」に準じて行う。

ハンドねじり／あおり機能の4個の端末を腕旋回機構に装着し、「SS-W/V 14」および「SS-W/V 18」に準じて復元する。

SS-G 8

ハンド爪先の拘束を解放し、前記「SS-G 6」でマーキングした部分に円筒駒の処理寸法を含めた長さの所に約10mmのハンダ付、後に切断する。円筒駒を装着、端末固定の後にモーションロック機構を解除し、カップリングを操作してハンド爪の開き寸法を再確認する。

開き寸法の調整が必要な場合は、腕関節機構のワイヤ巻取りプーリを外し、調整寸法だけプーリへのワイヤの巻込み量を増減する。軸およびプーリ穴にはインポリュートセレーション加工が施してあって微細な寸法の調整が出来る様になっている（図 3.65）。又、ハンド部のトング軸ねじ込み量でも若干の調整が可能である。

SS-G 9

腕旋回機能の外筒下部腕旋回機構部の復元は、「SS-U 10」，「SS-U 11」に準じて行う。

内筒の組込みを「BS-I 1」～「BS-I 5」の逆手順で行う。

SS-G 10

残っている基本的保守技術を完了し、メンテナンスボックス除染エリアのマニプレータに接続してすべての操作機能について最終確認を行う。

b. マスターアームについて

マスターアームの握り機能の特徴は、滑車中継要素からのマスターハンド接続および腕関節機構のワイヤ巻取など構造的なものでスレーブアームの握り機能と全く違っている訳では

ない。以下の保守手順は、マスターアーム特有な部分を詳しく、スレーブアームに共通するものを概括的に記述する。

保守手順

SM-G 1

腕関節機構のフランジ下部にあるハンドねじり／あおり機能用バランスウェイトの保留を「SM-W/V 1」に準じて行う。

SM-G 2

外筒側部のZ軸動作機能用バランスウェイトの分解を「SM-Z 2」～「SM-Z 4」に準じて行い、別途保管する。

SM-G 3

腕旋回機能ワイヤの分解を行う。「SM-U 1」に準ずる。

ハンドねじり／あおり機能ワイヤの外筒下部端末の分解を行う。「SS-W/V 3」, 「SS-W/V 4」に準ずる。

Z軸動作機能の外筒下部にある方向転換プーリの分解を行う。「SS-Z 4」に準ずる。この後、腕関節機構部テープ巻取りプーリを自由状態にし、内筒フレームの移動に支障のない程度のテープ弛みを作る。

SM-G 4

カップリング軸上の握り動作復帰用振りスプリングを解放する。正常時、このスプリングは、カップリング側から見て反時計方向に約1回転巻込まれて固定されている。図2.24に示した握り機能の腕関節機構部ワイヤ巻取り構造で、本図のプーリ台分離側のM5六角ボルトを緩め除去した後、プーリ台をY軸扇形歯車方向へ水平に外す。図3.66に分解前の握りワイヤ巻取りプーリ部外観を示す。巻取りプーリは、傘歯車と一体になっていて、プーリカバーが付いた状態で分解される。巻取りプーリをカバーから外し自由しておく(図3.67)。

外筒下部腕旋回機構旋回プーリの分解を行う。「SS-W/V 7」に準ずる。

SM-G 5

スレーブアームについての手順「SS-G 4」に準じて交換ワイヤを準備し、ワイヤ取付けを行う。

SM-G 6

図3.66に示す様、歯車のある反対側からワイヤを約2巻巻込み、プーリをカバー内に装着する。この状態を維持して、カップリング溝の正常なることを確認し、傘歯車の咬合いに注意しつつプーリ台上に分離側プーリ台を固定する。その他の手順は、スレーブアームの手順「SS-G 5」に準じて行う。

SM-G 7

Z軸動作機能の腕関節機構部テーププーリの復元は、「SS-Z 11」に準じて行う。

ハンドねじり／あおり機能の4個の端末を腕旋回機構に装着し、「SS-W/V 14」および「SS-W/V 18」に準じて復元する。

SM-G 8

ハンド部の差動歯車軸の滑車中継要素連結チェーンを充分引き出し、図 3.13 で示した矢印に引き込み防止治具を挿入する。腕旋回機構旋回プーリ部のワイヤ端を引張り、滑車中継要素に弛みのない状態で旋回プーリ端面における位置のワイヤにマーキングする。モーションロックを解除、前記引き込み防止治具を外してチェーン接続環を引張り、腕関節機構部の巻取りプーリの動き、ワイヤの巻込み状況を調べる。これらの調査に異状がなく、ワイヤ長さも満足されていれば駒処理の寸法を加味し、ワイヤはつれ防止のハンダ付け後、ワイヤ切断を行う。

ワイヤ切断の前に再度、腕関節機構部の巻取りプーリを分解し、ワイヤ長さに余裕を持たせてからワイヤ切断、円筒駒付、同装着を行う。

SM-G 9

腕旋回機能の外筒下部腕旋回機構部の復元は、「SM-U 8」に準じて行う。

内筒の組込みを「BS-I 1」～「BS-I 5」の逆手順で行う。

SM-G 10

ハンド部にマスターハンドを組付ける。「BM-H 1」～「BM-H 3」の逆手順にて行う。ハンド握りレバーを全開にする。

カップリング軸上の握り動作復帰用振りスプリングをカップリング側から見て反時計回り方向に約 1 回転巻込み、止めねじにて固定する。この時モーションロック機構は作動にしておく。

SM-G 11

握り機能ワイヤの巻取りプーリにワイヤを充分巻取り、カバーに装着し、プーリ台の固定位置に合致した状態として傘歯車を咬合わせ、プーリ台をしっかりと固定する。モーションロック機構を解除、マスターハンド握りレバーを操作し握り機能全系統の最終調整および確認を行う。ワイヤの巻取り、カップリング軸の正・反転および握りレバーの戻りなどすべて正常な動きであることを要する。

SM-G 12

Z 軸動作機能用バランスウェイトの装着およびテープへの固定を「SM-Z 4」および「SM-Z 3」の逆手順で行う。固定寸法は図 3.63 に示した 100 ± 2 mm とする。

ハンドねじり／あおり機能用バランスウェイトを正常状態に戻し、カップリング軸のプーリに正規の巻込みが行われていることを確認する。

以上、マスターアームの握り機能用ワイヤの長さを決定することは、スレーブアームに比べると難しい。一旦組込んだワイヤを分解して、再度の微調整が必要である点ではスレーブアームでのスプラインインボリュート咬合調整を行うことと同じであるけれども、その過程の煩雑さに注意すべきである。

3.5.6 壁貫通中継要素の保守技術

壁貫通中継要素において頻度の高い故障箇所は、回転部分のシール材、ベアリングなどが考えられる。シール材の劣化は、封入されている油の漏れや気密保持機能の喪失であり、ベアリングは、駆動抵抗の増加に伴う伝達性の不調となる。以下これらに焦点を当て保守手順を述べる。

保守手順

TW-B 1

保守用の台座を準備し、カップリング軸側の胴体が回転可能な様に台座上に設置する。オイルゲージグラスを除去し、X軸動作を180°回転させ、残留している油を可能な限り紙ウェスなどに染み込ませながら抜き取る。

TW-B 2

マスターアーム側に装着されているすべてのカップリング、歯車およびスプロケットなどを分解し、これらの部品と軸との対応が明確になる方法にて保管する。図3.68（以下図と言う）に見られる通り、カップリングは三日月形キーが使用され更に止めねじで軸に固定されている。

TW-B 3

A100標準型壁貫通中継要素に使用されている伝達軸は、図2.4に示した様に6本あり、全数を抜き取る。抜き取り方向は、セル側とする。マスターアーム側の軸端を手で押込んで行うか又は不可能な場合は、鉛製又は銅製ハンマーを使用、軸端部分に傷、歪を与えない様に打ち抜き、別途保管する。

以上が壁貫通中継要素の保守に係わる基本的保守技術である。以下に個別の部分について説明する。

a. X軸回転機能部シールについて

保守手順

TW-L 1

X軸回転機能のためのベアリングボール（図、品番9、10）除去のため、胴体を回転させ品番2と品番16にある半月状切欠きを合致させ、円形状になった部分よりボールを一個づつ全数取り出す。ベアリングボール大きさには2種類あり、これが2～3個置きに配列装着されているから、これらの点に配慮してベアリングボール除去を行う必要がある。

TW-L 2

壁貫通中継要素の最外周にある6個のボルト（図、品番7 Clamping Screws）を取り除く。このボルトは、品番8のPressure Ringを介して図の品番3 Sealing Ringを圧入するためのものである。

TW-L 3

ベアリング外輪アッセンブリー（図、品番1、2）の最外周円筒面よりねじ込まれているねじ（図、品番20）を除去し、ベアリング外輪（図、品番2）を分解する。この時、残存する油が流れ出るので紙ウェスなどに含ませ回収する。ベアリングボールの溝に対して絶対に傷を与えてはならない。

TW-L 4

図の品番11、L型シールリングを収納している固定リング（図、品番1）のスレーブアーム側縁をハンマーなどでたたいて、固定リングとともにL型シールリングをも分解する。分解後、マスターアーム側縁を下に向け水平状態に置き、上方より円板状治具を当ててL型シールリングを

固定リングより抜き出す。治具は軟質金属又は非金属（例：厚手のアルミニウム板，アクリル板）を用いる。L型シールリングの接触部分（図，品番1の内径部分）に対して油漏れとなる様な傷を絶対に与えてはならない。

TW-L 5

未使用の新しいL型シールリングとこのシール外径より2～3mm小径の円板とを準備する。「TW-L 4」とは逆に固定リングを上向き水平状態に置き，シールリップを上に向け固定リングに前記円板治具を用いて圧入する。固定リングの奥まで完全に平行状態で絶対に斜めに入らない様，そして固定リングとシールリングの接触面にゴミなど咬み込ませない様に注意し，装着することが大切である。最も重要なことはシールに傷を与えないことである。圧入に際し，シール表面に真空グリースを塗付すると容易に挿入出来る。

次に2個目のシールリングを最初に装着したシールリングとは逆向きにして挿入する。最初に装着したシールリングとの間隙は，シールリップ部で約10mmとなる様にする。

以上によってL型シールリングの交換が完了し，「TW-L 1」～「TW-L 3」の逆手順で復元を行って良い。更に「TW-B 1」～「TW-B 3」の逆手順で壁貫通中継要素を完全に復元する。しかし，図の品番6貫通軸部のS型シールリングおよびベアリングの交換が必要な場合は，次の手順に従って継続して実施しなければならない。

b. 貫通軸部シールについて

保守手順

TW-S 1

図，品番12のねじを除去し，ベアリング内輪アッセンブリー（品番14，16と17が一体）の分解を行った後に品番14の分解を行う。この内輪アッセンブリーの内側を上面にして台上に水平に置く。外輪アッセンブリー同様にベアリングボールの溝に対し，又，L型シールリング接触部分に対して油漏れの原因となる様な傷を絶対に与えてはならない。

TW-S 2

S型シールリングおよびこのリング径より1～2mm小さい当金（材質；アルミニウム又は銅）を準備する。当金を用い内輪アッセンブリーの上方から貫通軸穴に挿入し，S型シールリングともどもベアリングを打ち抜く。図の品番16と品番17の分解は，絶対にやってはならない。

S型シールリングも一軸に二個対で使用されていて，このうちの一個が不良であっても，交換は二個一組で行うべきである。新S型シールリングの装着は，それぞれマスターアーム側とスレーブアーム側から個別に行わねばならない。この後，マスターアーム側からベアリングを圧入する。

以下に組立て手順を簡単に述べる。

TW-S 3

ベアリング内輪アッセンブリーを胴体に組立てる。

品番16の面をハンマーで軽く均等にたたきながら完全に装着し，品番12の皿ねじをしっかりと

締付ける。組立て方向を誤らないこと。品番 14 を取付固定する。

TW-S 4

貫通軸の装着。交換したS型シールリップに傷を付けない対策を軸先端部に講じて、スレーブアーム側より貫通軸を挿入、内側のシールリングの所からは、マスターアーム側から軸端のセンサーホールに治具を密着させつつ押出して来る。この時、可能な限りリップ部への無用な接触をしないで行うことが肝心で、軸先端部にはねじ、キー溝などシールリップを損傷させる部分が多く含まれている。

TW-S 5

ベアリング内輪アッセンブリー（図、品番 17）の外周円筒表面に均一に真空グリースを塗付し、交換済L型シールリングを収納している固定リングをマスターアーム側より慎重に装着する。この時もリップ部分に無理な力が加わらない様小さきまの左右回転を与えつつ押込んで行くことが肝要である。固定リング（品番 1）にベアリング外輪（品番 2）を取付け、品番 20 のねじにて固定する。

TW-S 6

ベアリング外輪と内輪の半月状切欠きを一致させ、ここより規定の配列に従ってベアリングボールを一個づつ入れて行く。ベアリングボールを全数挿入し完了したならばベアリング用グリースを充填し、半月状切欠きが各々 180° 方向の位相に位置させる。注油穴（オイルゲージガラスの取付ねじ穴）より指定油；Shell-ATL-731 を注入し、中の気泡が完全に抜け出るまでゆっくりと数回に渡って行く。

TW-S 7

X軸回転状態および貫通軸部の回転機能を確認し又油漏れの目視検査を行う。これは、大気圧下で2～3日間続けた後異状がなければ次の気密検査を行う。気密検査は、オイルゲージ取付部に試験用治具を取付けて行う。

試験条件

- イ. 加圧法により圧力水柱 200mmより開始。
- ロ. 試験時間 5時間以上行うこと。
- ハ. 試験中に目視による異状が確認されないこと。
- ニ. 漏れ率算定圧力水柱 30mm以上とする。
- ホ. 漏れ率算定式は別途に定める。

試験結果判定基準

- 漏れ率 (Vol・%/day)；1以下。

TW-S 8

マスターアーム側の貫通軸（伝達軸）端にカップリング、歯車およびスプロケットなどを取付け、各々止めねじにて固定する。汚染検査を行い基準値以下として移送の準備に入る。

3.6 A100エクステンドリーチ型マニプレータの保守技術

A100エクステンドリーチ型マニプレータの各操作機能は、A100標準型の機能に新たにエクステンド機能が加えられたものである。スレーブアームにおいて、Z軸動作機能と別途のアーム伸縮機構（以下、エクステンド機構と言う。図3.69）に各操作機能のワイヤおよびテープが組込まれ、エクステンド駆動構造が関連している。従って、説明内容は各操作機能とエクステンド機構との相関に注目して進める。

3.6.1 保守技術上の一般事項

エクステンド機構に直接的に関連していないA100エクステンドリーチ型マニプレータの主な機構又は構造は、以下に示すものでA100標準型に同じである。

- 外筒下部腕旋回機構
- 内筒フレームおよび内筒上部腕旋回機構
- 滑車中継要素
- 腕関節機構の各操作機能巻取り構造
- ハンド部

これらについての詳細な保守技術は、「3.5 A100標準型マニプレータの保守技術」を参照し、使用されている部品もほとんど共用出来、補充可能である。図3.70にスレーブアームのエクステンド機構全体図を示す。エクステンド機構は、原理的には各操作機能のワイヤおよびテープ張力の合力がエクステンド駆動系のチェーン張力と平衡状態に維持されながら動作する。従って、最終的なワイヤおよびテープの張力調整がエクステンド機能の動作に影響をおよぼしかねない。

エクステンドリーチ型マスターアームの構造は、スレーブアームと全く違っており、標準型のアーム構造に等しい。マスターアームにおけるエクステンド機能は、駆動モータおよび制御系にあり、内外筒の構造にはない。

以下の説明においての内容は、エクステンドリーチ型スレーブアームに限定して進める。

3.6.2 腕旋回機能の保守技術

保守手順

ES-U1

エクステンド外筒上の箱形カバーを分解、保管。「BE-I3」に準ずる。

ES-U2

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部の腕旋回機能ワイヤ端末の分解。「SS-U2」,「SS-U3」に準ずる。エクステンド機構部の滑車群は、ワイヤ外れ止めがなく、ワイヤ掛けの溝が深くなっている。

ES-U3

腕関節機構部の腕旋回機能ワイヤ巻取りプーリの分解。「SS-U4」,「SS-U5」に準ずる。

ES-U4

ワイヤの準備。(。ワイヤ径； ϕ 1.6，。構成；7×19，Zヨリ，。ワイヤ長；約4.5m，
。円筒駒および円板駒)

ES-U5

エクステンドリーチ型腕旋回機能ワイヤのエクステンド機構内における配置は，エクステンド外筒上のワイヤに関係しているプーリ群の中で一番外側になっている。図3.71にエクステンドリーチ型腕旋回機能の構造を示す。本図にてワイヤ構成の経路を説明する。

ワイヤ構成は腕関節機構側より開始し，転換プーリを経て可動プーリE₀に上方より入る。可動プーリE₀の下方を再び腕関節機構方向へ，固定プーリE₁とE₂の間を上方に持って行き，固定プーリE₂にて方向を変えて外筒下部の腕旋回機構旋回プーリに巻込み端末取付けを行う。エクステンド機構のプーリ群へのワイヤ組込みは，特殊工具を準備すれば作業性が向上する。交換ワイヤは標準型に比べ約2m長く準備し，複雑な経路をたどるためワイヤの交差，ねじれなどが起り易く，反転方向の誤りなど生じ易いので注意が必要である。

ES-U6

以下の標準型スレーブアームの手順に準じて行う。

- 。腕関節機構部巻取りプーリへのワイヤの組込み；「SS-U8」
- 。同上部巻取りプーリの取付；「SS-U9」
- 。外筒下部腕旋回機構部旋回プーリへのワイヤ端末の取付および腕関節機構部巻取りプーリの調整；「SS-U9」

〔ワイヤ張力の設定〕

エクステンドリーチ型腕旋回機能のワイヤ張力の設定は，下記により行う。

- 。測定スパン；固定プーリE₃と可動プーリE₀の中央位置
- 。エクステンド機構の位置；アームの伸長ゼロ
- 。設定張力；800±50 g/30mm

ES-U7

エクステンド機構部箱形カバーの取付。「BE-I3」の逆手順にて行う。

エクステンドリーチ型スレーブアームの腕旋回機能ワイヤの保守ではエクステンド機構部に他の操作機能のワイヤおよびテープが正常な状態で保持されており，エクステンド機構可動滑車側のチェーンに十分な張力が与えられている。従って，腕旋回機能の新しいワイヤに対する張力調整では過大な張力を与えてはならない。

3.6.3 ハンドねじりおよびあおり機能の保守技術

保守手順

ES-W/V1

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部の腕旋回機能ワイヤ端末の分解。「SS-U1」，「SS-U2」に準ずる。

ES-W/V 2

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部のハンドねじり／あおり機能および握り機能ワイヤ端末の分解。「SS-W/V 1」, 「SS-W/V 3」, 「SS-W/V 4」および「SS-W/V 5」に準ずる。

ES-W/V 3

Z軸動作機能の腕関節機構部テーププーリの分解。「SS-Z 6」に準ずる。

ES-W/V 4

Z軸動作機能の外筒下部方向転換プーリ(図 3.72)の分解を行う。このプーリのカバーは、エクステンド機構のアーム駆動軸端に接続され、図 3.72 に示す様ロックピンで固定されている。このロックピンを打抜き除去し、エクステンド機能用のカップリング軸を操作して約 50 mm 外筒を伸長の後外筒を手で拘束しつつカップリング軸を収縮方向に操作する。アーム駆動軸端の分離を確認したならばプーリカバーを分解、方向転換プーリを取り外す。

ES-W/V 5

外筒下部腕旋回機構旋回プーリの分解。「SS-W/V 7」に準ずる。

ES-W/V 6

腕関節機構部のハンドねじり／あおり機能巻取りプーリに対するカップリング軸側傘歯車の咬合を解放する。「SS-W/V 9」に準ずる。

ES-W/V 7

図 3.48 の基板の分解。「SS-W/V 9」に準ずる。

ES-W/V 8

交換ワイヤの準備。(。ワイヤ径； ϕ 1.6, 。構成；7×19, Zヨリ, 。ワイヤ長；約 5.5 m, 。円筒駒および円板駒)

ES-W/V 9

図 3.41, 図 3.42, 図 3.49, 図 3.73 および図 3.74 に示すワイヤ中継状況をよく把握し、外筒下部腕旋回機構旋回プーリ側よりワイヤ構成を始める。別途保管中であつた旋回プーリを外筒下部に仮組みする。

ES-W/V 10

腕関節機構部の巻取りプーリにワイヤを組込む。「SS-W/V 12」に準ずる。

ES-W/V 11

基板の組付け。「SS-W/V 13」に準ずる。

ES-W/V 12

「ES-W/V 9」にて仮組みした外筒下部腕旋回機構旋回プーリを本組付けする。ハンドねじり／あおり機能の交換したワイヤの長さの調整、更に残りのワイヤを組込む。「SS-W/V 14」に準ずる。エクステンド機構の滑車群に対するワイヤ組込みは、これら個々の滑車にワイヤ外れ止めがなく、容易に外れやすいことに注意して行うこと。

ES-W/V 13

Z軸動作機能の外筒下部方向転換プーリおよびプーリカバーの取付けを行う。先ず、プーリを装着し、カバーを固定する。エクステンド駆動軸端の接続およびロックピンの挿入、挿入に際しロックピンの打込み方向を注意する。

ES-W/V 14

腕関節機構部のZ軸動作機能テーププーリにテープを仮巻込みし、テープに軽い張力を与える。「SS-Z 11」に準ずる。

ES-W/V 15

腕関節機構部のハンドねじり／あおり機能巻取りプーリに対してカップリング軸側の傘歯車を咬合せる。「SS-W/V 15」に準ずる。

ES-W/V 16

腕関節機構部の握り機能巻取りプーリにワイヤを4分の3周巻込み、カップリングの溝をアーム軸に合致させ、カップリング軸端に巻取りプーリを仮組みする。内筒フレームを外筒に押込み外筒下部側の握り機能ワイヤを引張り外筒下部腕旋回機構に円筒駒端末を装着する。

ハンド部にハンドを仮組みし、ハンド爪開き寸法が90mmとなる様、「SS-G 8」に準じて行う。

ES-W/V 17

ハンドねじり／あおり機能ワイヤの張力調整

先ず、標準型との比較で注意しなければならないことは、エクステンド機構の可動滑車がワイヤとチェーンとの平衡した張力のもとでレール上を滑動していることである。可動滑車群の握り機能用滑車を中心とした左右の各滑車に掛かるワイヤの張力が均衡の採れたものでなければならない。

このために図3.41のねじりワイヤ用ラチェットとあおりワイヤ用ラチェットを均等に回転して行く必要がある。

〔ワイヤ張力の設定〕

エクステンドリーチ型ハンドねじり／あおり機能のワイヤ張力の設定は、下記により行う。

- 測定スパン；固定滑車E₃と可動滑車E₀の中央位置
- エクステンド機構の位置；アームの伸長ゼロ
- 設定張力；1,000 ± 50 g / 30 mm

上記の値は最終結果であり、他の各操作機能の張力設定後ワイヤおよびテープなどを動作各部に良く馴染ませてから測定すべきである。

ES-W/V 18

Z軸動作機能テープの張力調整。別項「ES-Z 10」を参照すること。

ES-W/V 19

腕旋回機能ワイヤの組込みおよび張力調整。「ES-U 5」、「ES-U 6」に準ずる。

この後、エクステンド機構の箱形カバーの組込みなどすべての基本的保守技術について実施し、最終的な各操作機能の動作、操作性の確認を行うものとする。

3.6.4 Z軸動作機能の保守技術

A100エクステンド型スレーブアーム特有の手順について以下に示す。

保守手順

ES-Z 1

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部の腕旋回機能ワイヤ端末の分解。「SS-U 1」, 「SS-U 2」に準ずる。

ES-Z 2

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部のハンドねじり／あおり機能および握り機能ワイヤ端末の分解。「SS-W/V 1」, 「SS-W/V 3」, 「SS-W/V 4」および「SS-W/V 5」に準ずる。

ES-Z 3

外筒下部エクステンド機構駆動軸端およびZ軸動作機能の外筒下部方向転換プーリの分解。「ES-W/V 4」に準ずる。

Z軸動作機能の腕関節機構部テープ巻取りプーリの分解。「SS-Z 6」に準ずる。

ES-Z 4

外筒下部腕旋回機構旋回プーリの分解。「SS-W/V 7」に準ずる。

内筒フレームを抜き出し、内筒上部腕旋回機構部より損傷テープを除去する。図 3.75 において、損傷テープがどの方向のものか良く調査し、残留のテープが再使用に適しているか確認すべきである。

ES-Z 5

テープおよび角形駒の準備、テープへの角形駒圧着を完了し、バックインにてメンテナンスボックスの除染エリアに搬入しておく。

準備するテープ長

- テープ・a (一体構造プーリ側) ; 約 5 m
- テープ・b (単体構造プーリ側) ; 約 4 m

準備するテープの長さは、規定のものより幾分長目に見積ってある。

ES-Z 6

図 3.56, 図 3.75 を参照し、外筒の上端側よりテープ・b を挿入、引き出されている内筒上部腕旋回機構部にテープ端末を装着する。同様にテープ・a を下方側を向け装着、テープの乱れ、損傷に注意しつつ内筒フレームを適切な位置まで押し込む。

ES-Z 7

外筒下部腕旋回機構旋回プーリおよび外筒下部方向転換プーリの組込み。「SS-Z 9」, 「ES-W/V 13」に準ずる。

ES-Z 8

図 3.75 の経路に従い、腕関節機構部までテーピングを行う。ここで注目すべきことは、エクステンド機構内においてテープ・a がテンションプーリ、テープ・b がテンションスプリングを経由して構成されている点である。

握り機能ワイヤの組込み。「ES-W/V 16」に準ずる。

ハンド爪開き寸法 90 mm の調整。「SS-G 8」に準じて行う。

ES-Z 9

ハンドねじり／あおり機能ワイヤの組込み。「ES-W/V 17」に準ずる。

ES-Z 10

Z軸動作機能テープの組込みおよびテープ張力の調整設定を行う。

内筒フレームを上限に設置し、テープ・aを腕関節機構部巻込みプーリ・2に2巻する長さ、次いで内筒フレームを下限に設置し、テープ・bを巻込みプーリ・1に同じく2巻する長さに各々テープ長さを決定する。当然、この時のテープ長さには末端処理の長さを含むものとしてテープを切断、末端処理後プーリの溝に装着する。テープに対して軽い張力を与えてZ軸動作機能の動き、テープ巻込みの状況を調べる。

〔テープ張力の調整・設定〕

ハンドねじり／あおり機能ワイヤの張力設定が完了していることを確認し、エクステンド機能を最小状態にする。Z軸動作のストロークを最小に設定し、腕関節機構部の巻取りプーリを操作してテープに張力を与え、押えナットを締付ける。

エクステンド機構の固定滑車E₁と可動滑車E₀との中央において張力計を用い、テープに20mmの撓みが出来た時の指針を読み取る。設定値は、1200±100gにする。この値は、他の操作機能のワイヤ張力が最終的に調整された場合のものである。又、ワイヤおよびテープなどが動作各部に良く馴染んだ後に測定すべきである。

ES-Z 11

腕旋回機能ワイヤの組込みおよび張力調整。「ES-U5」,「ES-U6」に準ずる。

以下、すべてハンドねじり／あおり機能に関する保守技術に準じて完了するものとする。

3.6.5 握り機能の保守技術

保守手順

ES-G 1

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部の腕旋回機能ワイヤ端末の分解。「SS-U1」,「SS-U2」に準ずる。

ES-G 2

外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部のハンドねじり／あおり機能ワイヤ端末の分解。「SS-W/V1」,「SS-W/V3」,「SS-W/V4」に準ずる。

ES-G 3

外筒下部エクステンド機構駆動軸端およびZ軸動作機能の外筒下部方向転換プーリの分解。「ES-W/V4」に準じて行う。

腕関節機構部のZ軸動作機能テープ巻取りプーリの分解およびテープ張力の解放。「SS-Z6」に準ずる。テープの遊び代は必要最少限に保持すること。

ES-G 4

外筒下部腕旋回機構旋回プーリの分解。「SS-W/V7」に準ずる。

内筒フレームを抜き出し、腕関節機構部および外筒下部側より握り機能の損傷ワイヤを除去する。エクステンド機構内の握り機能ワイヤの構成は、図3.73に示したハンドねじり／あおり機能のそれに同一であり、これらワイヤのプーリ群の中央に位置している。

ES-G 5

交換ワイヤの準備。(。ワイヤ径； ϕ 1.6, 構成；7×19, Zヨリ, 。ワイヤ長；約5m, 円筒駒および円板駒)

ES-G 6

外筒下部側より図3.41, 図3.42および図3.73を参照し, ワイヤの中継状況をよく把握して行う。腕関節機構部までワイヤ構成を行ったならば, 外筒下部に腕旋回機構旋回ブーリを組付け, 内筒フレームを押し込む。

ES-G 7

Z軸動作機能の外筒下部方向転換ブーリおよび外筒下部エクステンド機構駆動軸端の組込み。「ES-W/V 13」に準ずる。

ES-G 8

腕関節機構部握り機能ワイヤの巻取りブーリに新ワイヤを約1巻きし, カップリング軸端へ装着する。

外筒下部腕旋回機構旋回ブーリ側の握り機能ワイヤを引張り, ワイヤ長を調査する。円筒駒処理の長さを考慮し切断位置をマーキングしておく。この時ハンド部は, 「SS-G 6」に準じた方法により処置しておく。

ES-G 9

最初に, ハンドねじり/あおり機能の4個の端末を外筒下部腕旋回機構旋回ブーリに装着し, 「ES-W/V 17」に準じてワイヤの張力調整を行う。

次に, Z軸動作機能テープに対して「ES-Z 10」に準じて張力調整を行う。

ES-G 10

ハンド爪先開き寸法の調整。ハンド爪先の拘束を解放し, 「ES-G 8」にて決定した位置でワイヤを切断する。以後, 「SS-G 8」に準じて爪先開き寸法の微調整を行う。

ES-G 11

腕旋回機能ワイヤの組込みおよび張力調整。「ES-U 5」, 「ES-U 6」に準ずる。

以下, その他の復元, 調整および試験などは, すべてすでに説明した事と同様である。

3.6.6 エクステンド機能の保守技術

スレーブアームおよびマスターアームにおけるエクステンド機能の故障個所は, 各々2, 3個所予想される。以下これら故障個所に対する保守技術の要点を述べる。

a. スレーブアームについて

[エクステンド機構の駆動チェーン]

図3.76に正常状態の駆動チェーンを示す。このチェーンは, 図右端の可動滑車台にあるスプロケットを介してエクステンド外筒上の上下の2個所に固定され, 張力が付与されている。この駆動チェーンが切断すればエクステンド機能は不能となり, 間接的にワイヤおよびテープの張力を失った各操作機能も正常な動きを示さなくなる。

保守手順

ES-E 1

駆動チェーンの切断した状態は、図 3.77 に示した類似の様相を示す。

動作伝達にワイヤを使用している機能について、外筒下部腕旋回機構旋回プーリ部のラチェット構造に装着されているワイヤ端末にて張力を 8 割程度解放する。又、テープは、腕関節機構部の巻取りプーリにて同様に行う。

ES-E 2

駆動チェーンの外筒の上・下部固定個所（図 3.78）を分解し、損傷チェーンの交換を行う。交換に際し、新しいチェーンは、固定部での長さの微調整が全く出来ないため規定長さのものでなければならない。

ES-E 3

チェーン端の固定を行い、ワイヤおよびテープに逐次張力を付与する。

ES-E 4

エクステンド機能のカップリングに図 3.19 に示したハンドルを装着し、エクステンドの全ストロークにおける往・復の動きが円滑であることを確認する。

〔駆動力の脈動〕

駆動系において脈動などの抵抗増加している場合、以下の事について点検する。

- 図 3.79 に示す駆動歯車部での異物咬込み。
- 図 3.78 に見える親ねじ部の油切れおよび歯車の歯面、軸受部における潤滑剤欠損。
- 交換チェーンのスプロケットへの馴染不良。

b. マスターアームについて

マスターアームにおいては手順に従うほどの事がない。エクステンド駆動モーター部のチェーン損傷、マスターハンド部の制御用スイッチ作動不良などが考えられる。これらはすべて従来技術によって行えるので詳細は省略する。

3.6.7 壁貫通中継要素の保守技術

エクステンドリーチ型の壁貫通中継要素は、エクステンド機能駆動伝達軸 1 本追加されており、構造は標準型で説明した操作系の伝達軸と同一である。保守技術も「TW-S 1」から「TW-S 8」に準じて行えば良い。

3.7 A100 型マニプレータ共通部の保守技術

3.7.1 ハンド動作伝達機構と滑車中継要素

スレーブおよびマスターの内筒を分解後、滑車中継要素が直ちに確認出来、この段階で損傷している要素の判別が出来る。滑車中継要素の損傷はチェーン切断、滑車の劣化などが考えられるが保守技術的にはユニット毎の交換を行えば良い。

保守手順

CP-C 1

外筒下部腕旋回機構部のハンドねじり／あおり機能ワイヤ端を操作しワイヤ張力を解放する。図 2.43 を用い説明する。ハウジングを固定している穴付六角ボルト（品番 19 と品番 20）を緩め除去する（図 3.80）。ハウジングを上下にゆっくり分解，もし除去側ハウジングに歯車などが装着された状態で抜け出ているなら残留側ハウジングにとどめる工夫を施す。

CP-C 2

図 2.43 の中間歯車（品番 6）を軸（品番 10）より抜き取り，次にスプロケット A（品番 8）を半分抜き出し，損傷した滑車歯車要素のチェーンを除去し，握り機能の場合は接続部を分離するだけで要素の除去が出来る。この時滑車に組込まれているワイヤの除去を，それぞれのアームについて示した当該機能の保守手順により先行して行かねばならない。

CP-C 3

スプロケット A に当該滑車中継要素のチェーンを咬合してからスプロケット A を元の状態に押込む。ワイヤを滑車中継要素に通し，当該機能の保守手順に従いワイヤに軽く張力を与える。ハンド部の差動歯車機構のゼロ位置を確認後に中間歯車を装着する。

握り機能の場合，ガイドプリー（品番 7）に沿ってチェーンを挿入，二個のガイドプリー（品番 5）の間を通してハンド取付軸（品番 9）方向へ押出し，ハンド接続ねじ又は接続環を取り付ける。

CP-C 4

ハウジングを慎重に組合せ，分割部に隙間のない状態とした後ボルトで締付固定する。最初から強力なボルト締付は，内部の異状を大きくする危険があり，行うべきでない。ハンドの上下あおり角度および左右のねじり角度の検査を厳密に行い，差動歯車の咬合を確認する。ワイヤに規定の張力を与え最終点検を行う。

3.7.2 電装系の保守

A100 型 マニプレータの電動駆動制御回路を図 3.81 に示す。制御系の保守は下記の項目について考えられる。

- 制御盤（図 3.82）のリレー不良。
- マスターハンドの駆動制御スイッチ（図 3.83）の作動不良。
- 接続コード（カールコート）の被覆材劣化

これらはすべてマスターアームにあって通常の方法で実施可能である。しかし，制御スイッチの交換は，誤配線のない様に確実に行うべきである。又，動作確認のための作動を行った後は各電動動作のゼロ位置に保っておくことである。

以上で A100 型 マニプレータの保守技術についてすべて述べたことになる。より確実に効果的な保守は，照射後試験などのセル内の作業効率を高めることに直結して来る。ボックスでのグローブ作業によるスレーブアームの保守は，慎重かつ適確に進めて行くべきである。メーカー・HWM 社より取得した A100 型 マニプレータに関する短信を参考のため付録-1 に示す。

3.8 A15型トングマニプレータの保守技術

α γ 鉛セルに装備されているトングマニプレータの機能、性能、機構および構造が従来機種と相違していることは、すでに2.2項で述べた通りである。このトングマニプレータに関する取扱い方、保守の方法などの情報は、試験施設整備の初期に入手した短信があるだけで、HWM社においても確定した資料は作成されていない。

燃料試験施設ではA15型トングマニプレータについても保守技術の確立を図ったのでその詳細を示す。

3.8.1 取扱い方法

α γ 鉛セルにおけるトングマニプレータの定常的取扱い時にはトング軸は、すでにボールソケットに装着され、インナーボックスに対してトングブーツによって接続されている。従ってボックスの気密保持が常時規程通りの負圧にて維持管理されているため、気密維持を配慮した取扱いを心掛ける必要がある。以下に取扱いの手順を示す。

取扱い手順

TN-U1

適切な圧力に調整した空気をボールソケット部へ供給する。空気供給開始前に空気供給系の浄化器(フィルター)を点検し異状のないことを確認する。

空気圧低の場合；トング軸の円錐状の操作が重く、トング軸の円滑な運動が出来ない。

空気圧高の場合；ボールがボールソケット部で共振状態を呈し空気圧低の時同様に円滑な運動が出来ない。

使用の際、空気供給系の圧力計指針とボールソケット部からの空気排気音との関係を念頭におけば良い。又、空気供給の前にインナーボックス内のトング位置を確認してから空気供給を始めればボックス内でのトング軸によるトラブルが避けられる。

TN-U2

操作側握り部にあるハンド回転機能および握り機能の動作ロック摘まみを各々解除する。各機能が正常に作動することを確認後、又、トング爪先部とトング軸の堅固な接続を確かめてからインナーボックス内の試料の取扱いを開始する。握り部での操作姿勢は、必ず両手を添え、安定した状態で作業すべきである。

TN-U3

使用后、操作側握り部のハンド回転機能および握り機能の動作をロックし、ブーツに無理な力が掛からない様トング軸を直線状に保持して空気の供給源を停止する。

〔注意事項〕

- イ. トング爪先部とトング軸との接続部に緩みが生じた時には、直ちに試料の取扱いを停止し、試料をコンクリートセルに移動。その後インナーボックスのグローブを介して接続部のねじを強固に締める。
- ロ. トングマニプレータ操作の最中に装置やボックス壁面に対して強い打撃を与えない。これ

は、ブーツ損傷の原因となり、気密維持を不可能にするばかりか α 放射能の封じ込め性を著しく悪化させる。

日常点検について

トングマニプレータの取扱い上、日常の点検について下記に2, 3述べる。故障発生の際は日常点検結果の良否によって直接的、間接的に左右される。

① 供給空気浄化装置の維持

供給される空気は途中の配管内の塵埃、錆および水分などを伴って来るため、これを除去浄化する機器（フィルター）がある。この部分の油量の点検、汚れ具合の点検を行い交換補充が必要である。

② トング爪先部接続の緩み

通常時、使用の都度、この部分の緩みの有無を確認する。前記「注意事項」を参照のこと。

③ ブーツ損傷の確認

まず、ブーツに損傷を与えぬことが肝要で、ブーツにしわを作らない様にしてセル遮蔽窓、ボックスの観察から目視点検を行う。

④ トング軸外表面の防錆

この部分の特に夏期の汗ばんだ素手に触れた部分は、知らぬ間に錆を生ずる結果となる。このためには作業後に油を染み込ませた布にて必ず拭き込んでおく必要がある。

3.8.2 トングブーツの交換

気密型トングマニプレータのブーツ交換は、次に示す手順を追って行わねばならない。図2.47に示した様にインナーボックスのブーツリングおよびトング側気密機構（図2.49）の二箇所を分離する必要がある。以下、トングブーツ交換に関する一連の手順を項目毎に示す。

- a. ブーツとトング軸の分離
- b. トングブーツの交換
- c. ブーツとトング軸の接続

a. ブーツとトング軸の分離操作手順

TN-T1

図3.84に示すトング着脱治具（以下「デバイス」と言う）をインナーボックス内に準備し、操作側の握りレバーを握り締め爪先を完全に閉じて操作側握り部の握り機構をL字形摘まみねじによりロックする。デバイスには二通りの用途がある。一つは、トング部気密機構に対するトング爪先部の着脱、その二は、トング軸トング部に対するトング部気密機構の着脱に用いられる。

図3.85に示したトング爪先部のピンをデバイス左側の爪先部ピン挿入具に装着する

TN-T2

ハンド回転機能をロックし、トング爪先部をデバイスとともに強く握り締め、トング軸を反時計回り方向（左回転）にねじる。トング軸が軽く回転することを確認出来たら握り機能のロックを解除し、グローブを介しトング爪先部を10～12回転する。ブーツにねじれがあればこのブーツ

ねじれを戻すことを忘れてはならない。なぜなら、ブーツの過剰なねじれによってブーツを損傷させるか、ブーツポートのリング部よりブーツが外れ気密維持が出来なくなり、放射能汚染事故の原因となる。

TN-T 3

分離されたトング爪先部をデバイスより外し、操作側握り部のハンド回転機能のロックを解除する。デバイス右側部分のトング部気密機構ピン挿入具に図 2. 49, 品番 5 のピンを装着する。

TN-T 4

トング部気密機構をデバイスとともに強く握り締め、操作側からトング軸を反時計回り方向（左回転）にねじる。トング軸が軽く回転することを確認し、軸の接続が完全に外れるまで 10～12 回転する。ブーツにねじれがある場合は「TN-T 3」に同じ。トング軸を回す時は必ずトング軸を直線状に維持して行う。

トング軸を丁寧に操作側へ引き抜く。

b. トングブーツの交換手順

インナーボックスのトングブーツ用ポートのリング形状を図 3. 86 に示す。ブーツポートにはブーツ交換操作を考慮して二列の溝がある。ブーツの交換手順を下記に示す。

TN-T 5

インナーボックスを後退させ、鉛セルとボックスとの間に作業空間を作る（図 3. 87 a）。オーリング（以下「Oリング」と記す）固定バンドを緩めブーツポートに気密蓋を装着した後、内側溝のOリングを外す。ブーツ縁にOリング装着のブーツでは外側溝のOリングを取外し、内側溝のOリングを外側溝に移動し、ここで一旦Oリング固定バンドを締付ける。

TN-T 6

気密蓋を外し、この気密蓋に新ブーツを装着したまま古いブーツの中へトング部気密機構を先にして押込む。ブーツポート部分のブーツにしわのない状態にし、再び気密蓋をブーツポートにしっかりと装着する。Oリング固定バンドを緩め取外す。新ブーツの縁を慎重にブーツポートの根元側に達する様充分に折り返す。内側Oリング溝に新ブーツの上から新Oリングを装着、この新Oリングの部分だけOリング固定バンドを掛け締付ける（図 3. 87, b）。

TN-T 7

Oリング固定バンドが確実に装着されていることを確認し、気密蓋を取り去る。古いブーツとOリングを新ブーツの表側よりこじって溝より外し、ボックス背面のグローブを介して完全に分離する。新ブーツはまだ完全な状態で装着されていないため、必ず操作側とボックス背面側の両面よりの協同作業によって行われるべきである。

TN-T 8

ブーツポートの二列の溝に下記規格の新してOリングを装着し、Oリング固定バンドを二列のOリングを均等に締付け固定する（図 3. 87, c）。古いブーツは廃棄物として所定の方法により処理する。

Oリングの規格

- JIS. B2401, G230 (W=φ 5.7)

長期間Oリングを使用した場合、Oリング表面が硬化し、細かなひび割れが生じてOリング本来の役割を果さなくなっているからブーツ交換とともにOリングも定期的に交換する。

尚、交換作業の工程では必要に応じて随時、放射線汚染検査を実施し、汚染のない事をその都度確認しつつ作業を進め放射線作業の安全を確保する。次に新ブーツとトング軸の接続復元について説明する。

c. ブーツとトング軸の接続操作手順

TN-T 9

インナーボックスを鉛遮蔽壁側へ前進させて規定位置にする。ボックス背面よりグローブを介しブーツのねじれを直し、デバイスのトング気密機構ピン挿入具に図 2. 49, 品番5のピンを挿入装着する。

トング軸では握り機能軸が十分に抜け出した状態でこの軸のロックを行っておく。

TN-T 10

トング軸を静かにブーツへ挿入し、トング部気密機構内に押込み、両者の軸心を一直線状に合致させる。トング部気密機構を固定し、トング軸を2.5～3回転、操作側から見て時計回り方向（右回転）に回し、図 2. 49 の㉔部ねじにねじ込む。

この状態で握り機能軸のロックを解除し、握り部レバーを握り締めながらトング軸を更に同一方向にねじ込み、㉕部ねじの接続を完全にす。ねじ込みの終点では強固なねじ込みを行っておくこと。この事は、前記取扱い方法の注意事項I項に関連している要点である。

TN-T 11

操作側の握り部レバーを操作して握り機能軸の出入り動作がトング部気密機構の先端で円滑であることを確かめる。握り機能軸を十分に抜け出した状態で再びこの軸をロックする。デバイスにトング爪先部を装着し、トング爪先部ねじ穴にトング部気密機構の軸先端ねじを挿入する。互の軸心を直線状態に保ちつつ、トング軸を2.5～3回転、操作側から見て時計回り方向（右回転）に回す。この時ブーツがねじれるのでブーツねじれを戻しながら行う。

この状態を保ちロックを解除後握り部レバーを握り締めながら更に時計回り方向にねじ込む。同様にブーツねじれが出来た場合、前記2.5～3ピッチのねじ込み寸法を変化させずに、ブーツねじれを解放する。何回かこの操作を繰返し、残り2ピッチ位の所でトング爪先部をデバイスより離し、爪先を開き気味にしてこの部分の接続を完全に行う。ねじ込み終点では強めにねじ込みを行う。ブーツのねじりを解放し、爪先の開閉動作を確認する。デバイスは、今後の作業に対して支障を与えない位置に保管する。

以上、これらの事は、通常時の作業に係わる比較的頻度の多い保守であるため、細心の注意が要求される重要な作業である。

3.8.3 各機能の保守

トングマニプレータの予想される故障には、握り機能のスモールチェーン切断、差動歯車機構の歯車咬合不良による動作不調などが上げられる。以下、保守に関連する分解および組込みの手順を示す。

このトングマニプレータ機能の特徴とする機構および構造を図 3.88～図 3.90 に示す。

a. 分解の手順

故障を起したトング軸は、鉛セル壁のボールソケットに挿入された状態にあって、トング部気密機構から分離、すなわちブーツから切り離されているものとする。

TN-M1

図 3.91 に示す操作側握り部レバーの支点のボルトナットを緩め除去し、図 3.88 に示した握り機能軸系を自由な状態とする。その後、トング部の戻しばねの装着されている部分を分解する。戻しばね装着部にある握り機能軸の接続 (M6, 左ねじ) を分解する。この時、差動歯車機構内で確認されるスモールメーンにねじれ防止治具 (時計ドライバー状のもの) を挿入し、チェーンのねじれを防ぐ。

次に、図 3.89 の差動歯車機構(2)側のトング軸部ロックナットを緩める。

TN-M2

差動歯車機構(2)のトング部側とトング軸部側との歯車咬合を分解するためにピボット軸のロックピン穴 ($\phi 2.0$) に抜きピン ($\phi 1.8$) を打ち込み、図 3.92 の様にしてロックピンを抜き取る。更に、この機構の両側面から挿入されているピボット軸 (図 3.93) を抜き取る。トング部側を引き出して差動歯車機構内の歯車咬合を完全に解放することが出来る。

TN-M3

トング軸部側の差動歯車機構枠体をトング軸から除去する。この部分の軸端に装着されている大小一組の傘歯車を抜き去っておく。操作側より静かにトング軸を抜き出し、ボールソケットから外す。

〔注〕スモールチェーンが切断状態にある場合、どの位置で起っているか調査し、分解作業を進める。操作側の場合は、各々の方向に握り機能軸を引き出しチェーンを交換する。

TN-M4

予備のトングマニプレータを準備し、「TN-M1」から「TN-M3」に準じてトング部と差動歯車機構(2)の分解を行う。故障し、ボールソケットから外したトングマニプレータの保守修理は、関連作業の都合に合せ適宜実施する。保守修理の事は、別項において説明する。

b. 組込み手順

TN-M5

予備トングマニプレータのトング軸をボールソケットに挿入し、鉛セル内側より差動歯車機構枠体をトング軸端にロックナットねじ込みに次いで取り付け。この軸端に装着されていた大小一組の傘歯車を挿入する。

〔注〕トング軸挿入の際、ボールソケットのトング軸穴軸心が水平でなくセル側が下方になっ

た状態では、トング軸内に納まっているハンド回転機能およびハンド屈曲機能を伝達するための中空軸（図 3.89，図 3.90）が脱落する。

TN-M 6

操作側の差動歯車機構(1)部のスモールチェーンを鉛セル内側に可能な限り押し込み、押戻されない様にする。握り機能の伝達軸（鋼製軸）の“A”部の接続を行う。トング部側差動歯車機構(2)を装着し、差動歯車を咬合せてピボット軸の挿入を差動歯車機構枠体の両側より行う。この際、ロックピン穴が一致する様にする。

差動歯車の咬合い程度は、トング軸側枠体のトング軸に対するねじ込み量に左右される。又、ロックナットの締込みによっても変化する。これ等の事に注意して適正な歯車の咬合い状態を維持する。

〔注〕差動歯車機構の差動傘歯車の配置が操作側とセル側とにおいて逆の状態であれば良いが、同一方向にある場合にはトング側差動歯車機構(2)を180°方向転換する必要がある。ピボット軸装着においては差動歯車機構内のスモールチェーン案内具にピボット軸端が挿入されていなければならない。

TN-M 7

ロックピン穴に合わせてロックピンを打ち込む。スモールチェーンねじれ防止具を外し、ハンド回転動作およびハンド屈曲動作が円滑に作動することを確認する。この後、操作側の握り部レバーの支点を正常に復元し、次でトング部の組立復元を行う。

TN-M 8

トングマニプレータが完全な状態に組立てられたか否か、下記項目について最終点検を行う。

- 握り機能；握りレバーを操作し、トング軸系が直線状態で円滑な伝達軸の往復運動が行われ、スモールチェーンの動きおよび握りレバーの戻りが円滑になること。次にトング軸系を90°に屈曲して、直線状態で確認したことを同じく行う。
- ハンド回転機能；直線状態でハンドを回転し、円滑な回転動作を確認、同じく90°屈曲状態でも確かめる。
- ハンド屈曲機能；屈曲方向が操作側とセル側で逆になっていることを確認する（図 2.45 参照）。
- 軸前後動；ボールソケットに装着されたトングマニプレータのトング軸の前後動作が円滑であれば良い。

c. 保守修理

① スモールチェーン切断

握り機能伝達系のスモールチェーンが切断した場合、「TN-M 4」の手順後、作業の都合に合わせて保守修理が可能である。切断箇所が操作側であった場合は、図 3.88 の差動歯車機構(1)の分解が更に必要となる。これまで使用していた部品の修理は、チェーン構造が極めて小さなため困難であり確実な修理も期待出来ない。従って、純正品の補充が最善である。

② 差動歯車機構

差動歯車機構に関連した故障は、差動歯車への異物の咬込みによる動作不調、トング軸部

のロックナットの緩みによる歯車咬合不足あるいは咬合位置のずれなどがある。これ等の保守は、以上に述べた手順の応用として実施可能である。

以上、HWMトングマニプレータについて出来るだけ詳細に、取扱い・日常点検および保守に関して述べた。メーカー・HWM社より取得したこのトングマニプレータに関する短信を参考まで付録-2に示す。

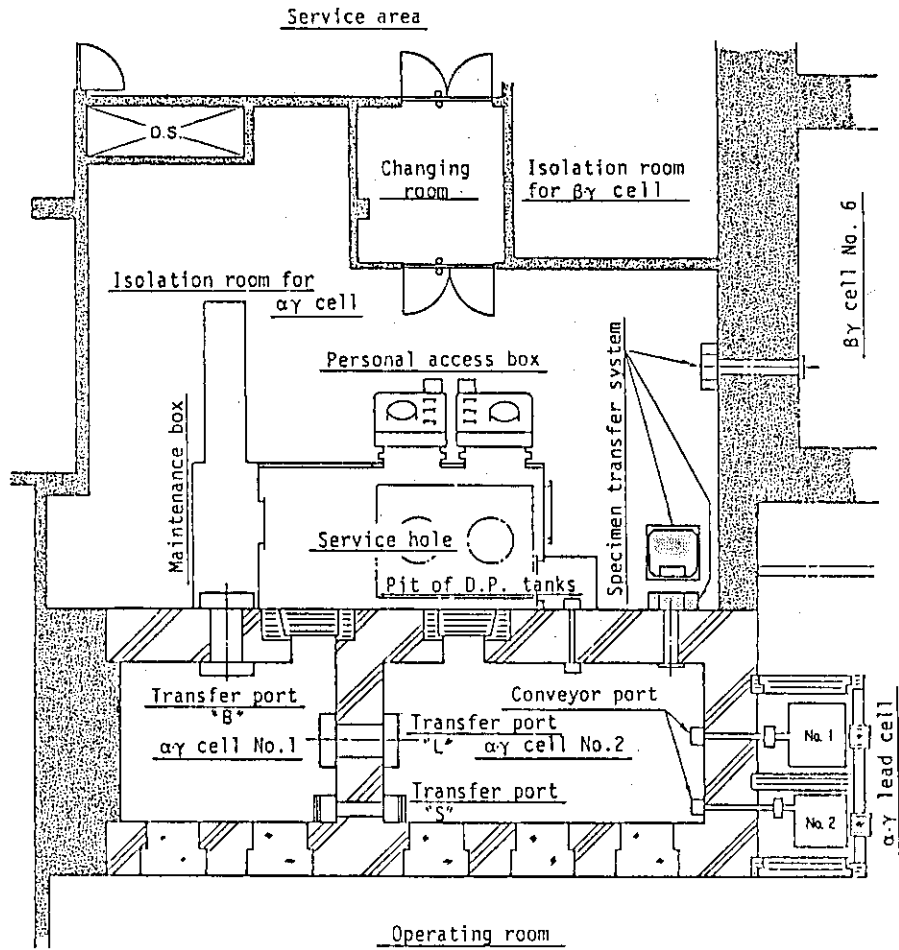


Fig.3.1 Layout of the alpha-gamma cell facility of the RFEF

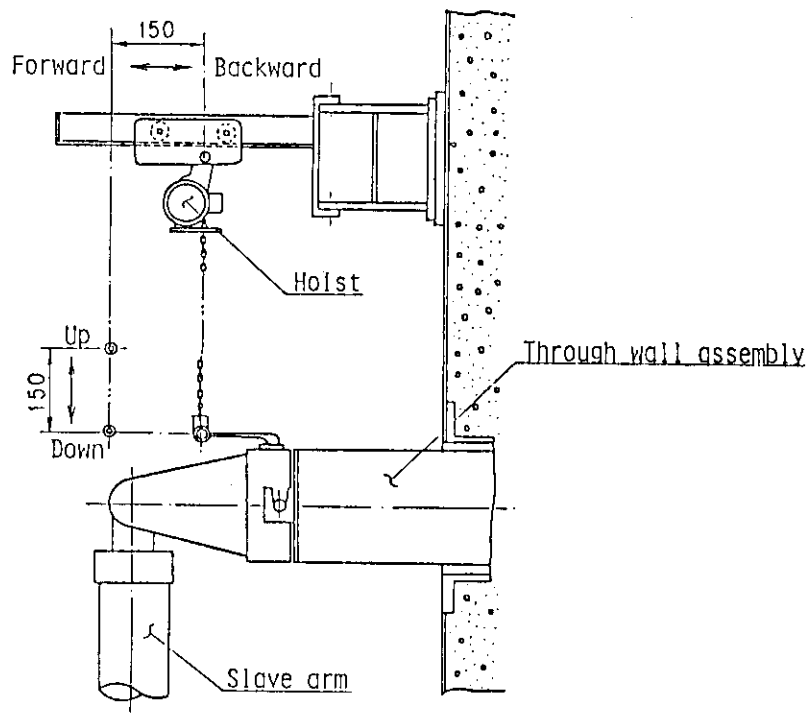


Fig.3.2 Slave arm lifter of the type A 100 manipulator

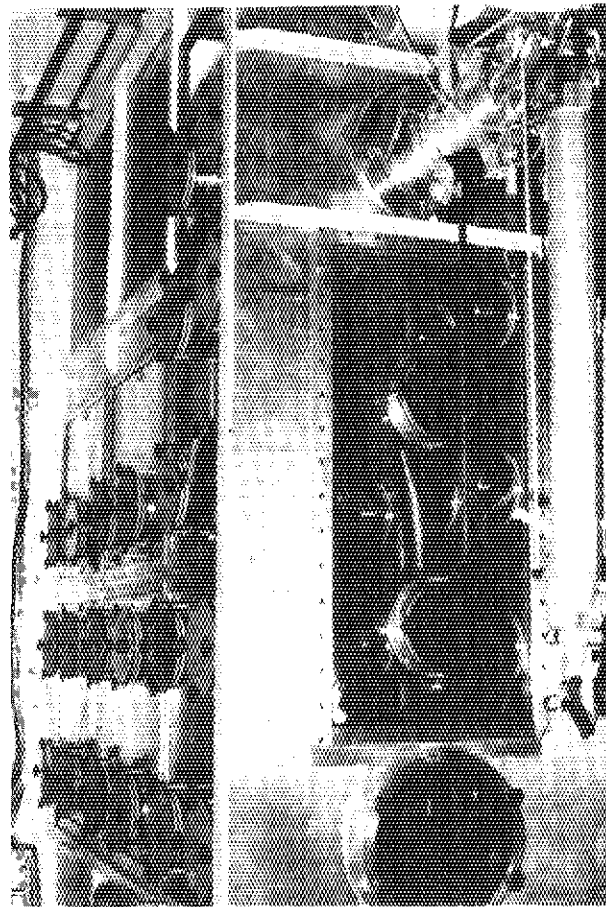


Fig. 3.3 Type A 100 manipulator master arm and maintenance box to adjust a repaired slave arm

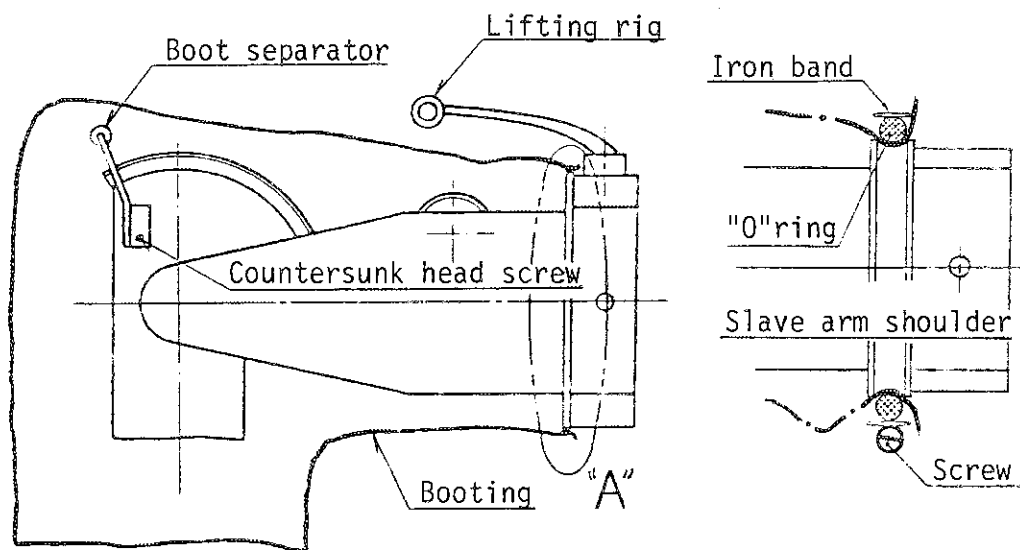


Fig.3.4 Slave arm shoulder and boot end

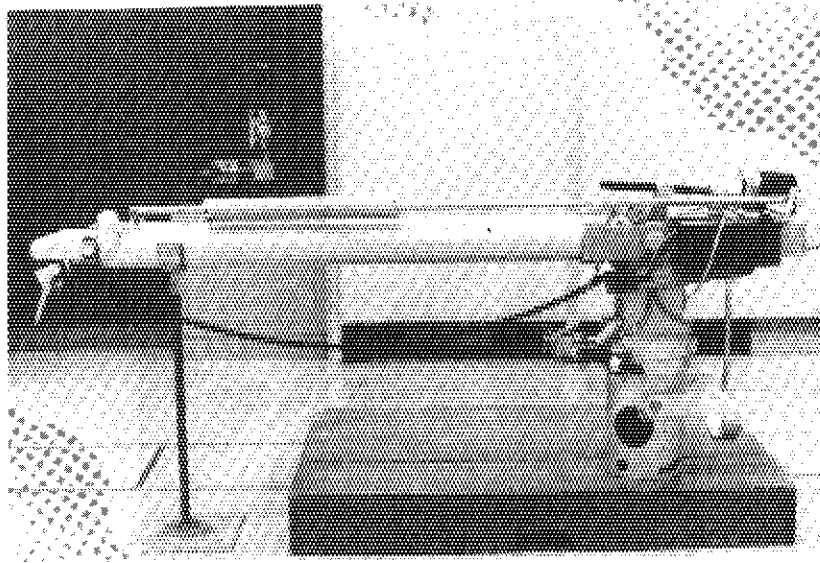


Fig.3.5 Master arm of the type A 100 standard manipulator under repairing

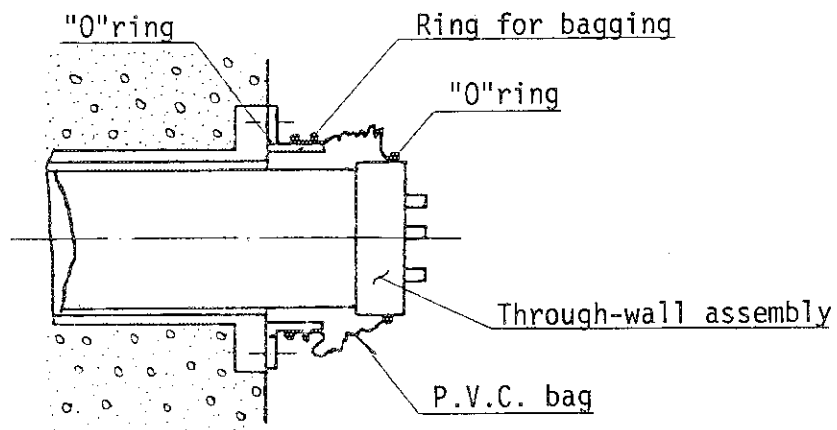


Fig.3.6 Bagging out procedure of the through-wall assembly

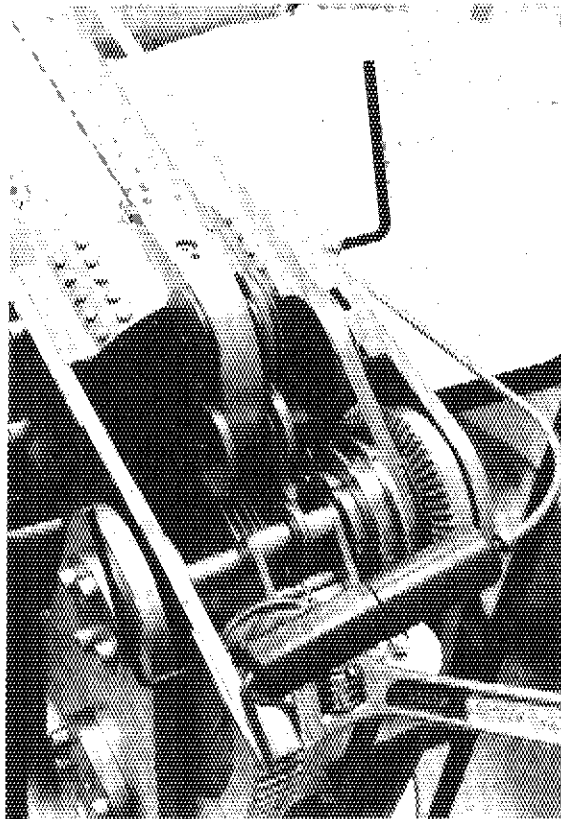


Fig.3.7 Disassembly of the boot separator at slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator

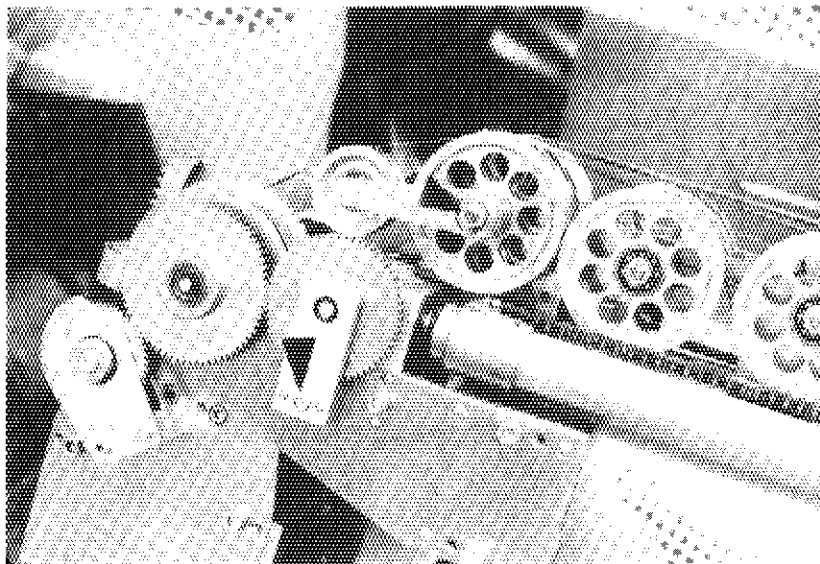


Fig. 3.8 Setscrews for the boot separator at slave arm top end of the type A 100 extended reach manipulator
Remark: Marks of ▼ indicate position of each setscrew.

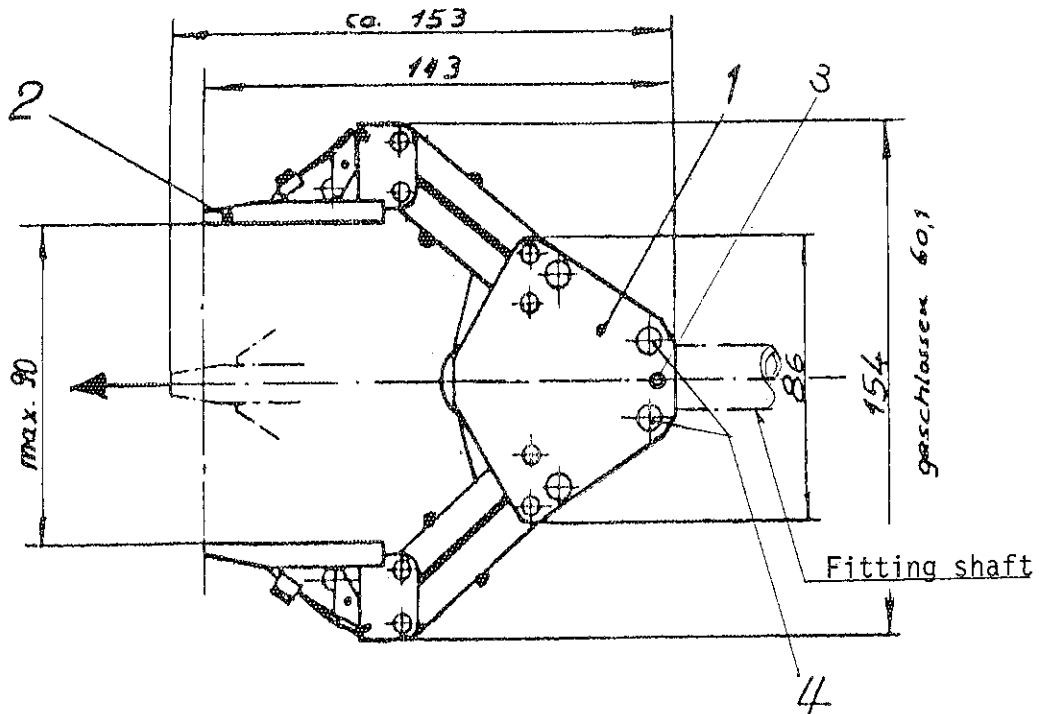


Fig.3.9 Typical dimensions of the slave hand

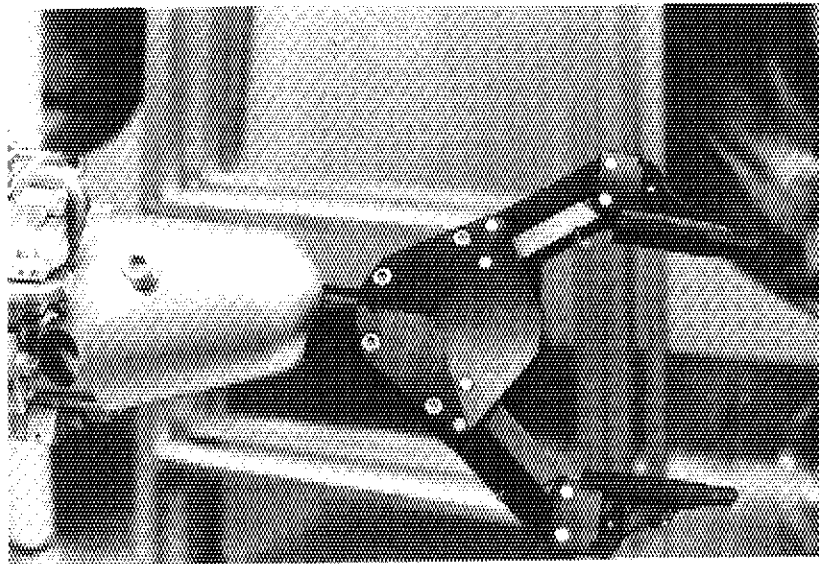


Fig.3.10 Slave hand and slave arm at prior disconnection

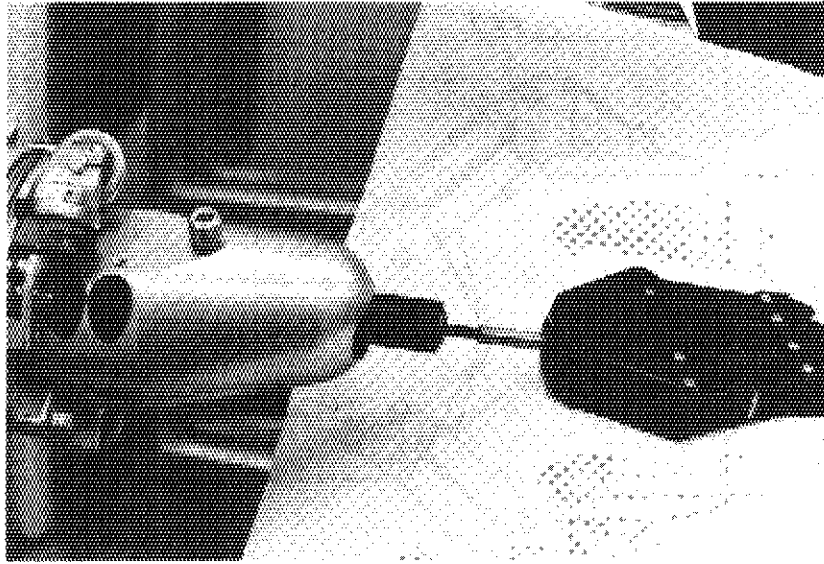


Fig.3.11 Slave hand under disconnection

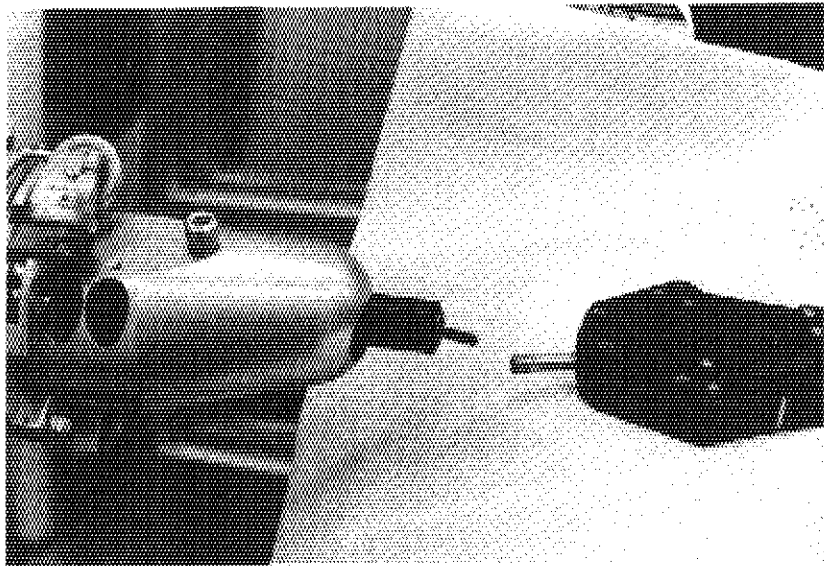


Fig.3.12 Slave hand after disconnection

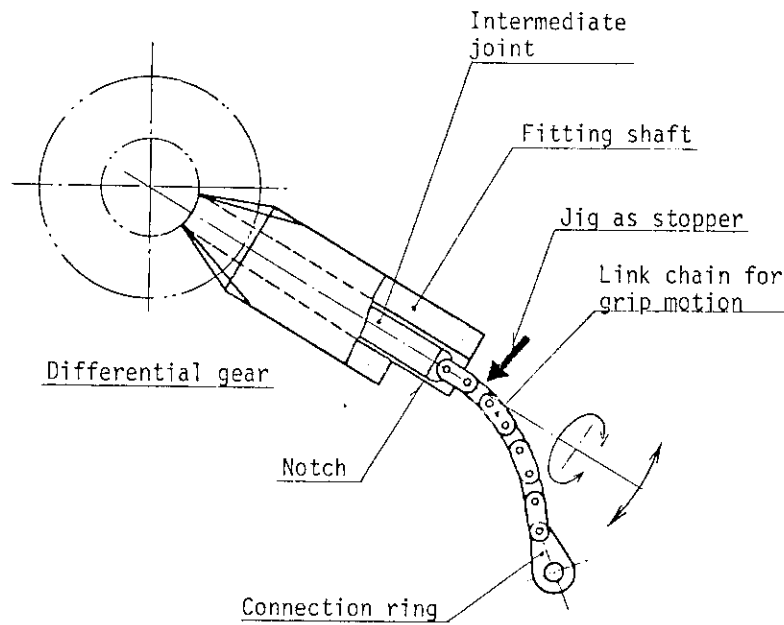


Fig.3.13 Detail fitting shaft of master hand

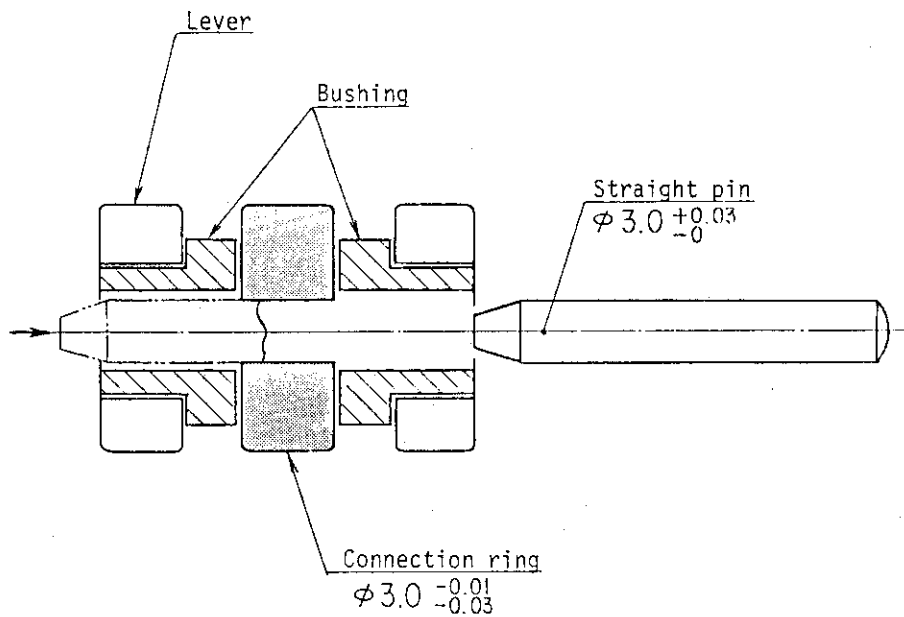


Fig.3.14 Joining connection ring and link lever of master hand
Remark: This is a detail of "A" shown in Fig.2-23.

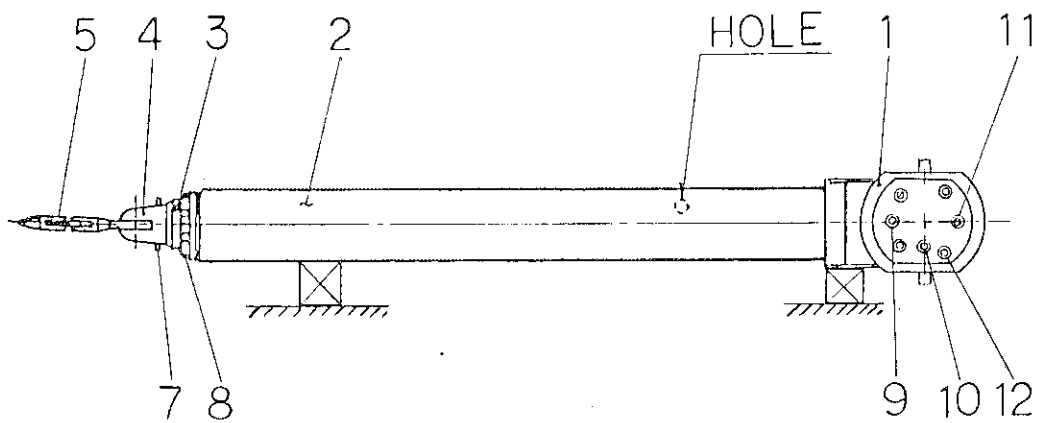


Fig.3.15 Posture of slave arm to be set on repair table

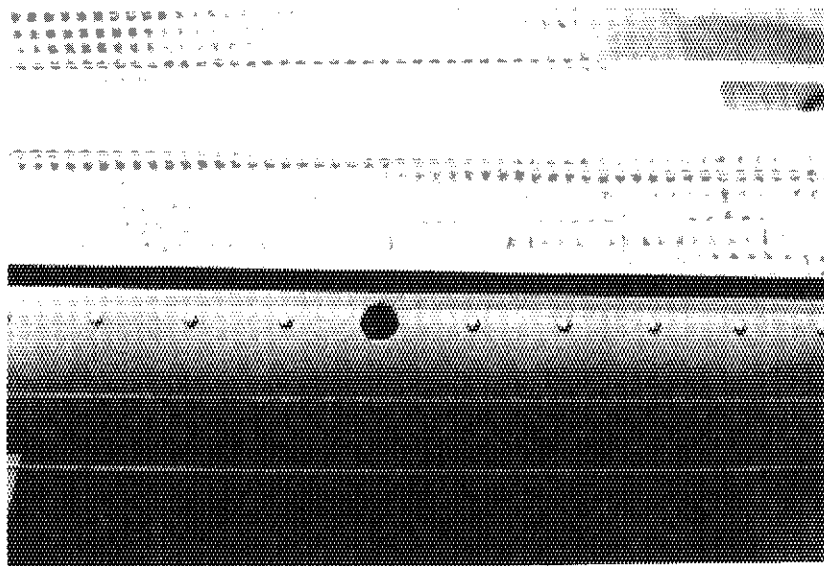


Fig.3.16 Outer tube's hole for inner tube disassembly of the type A 100 standard manipulator

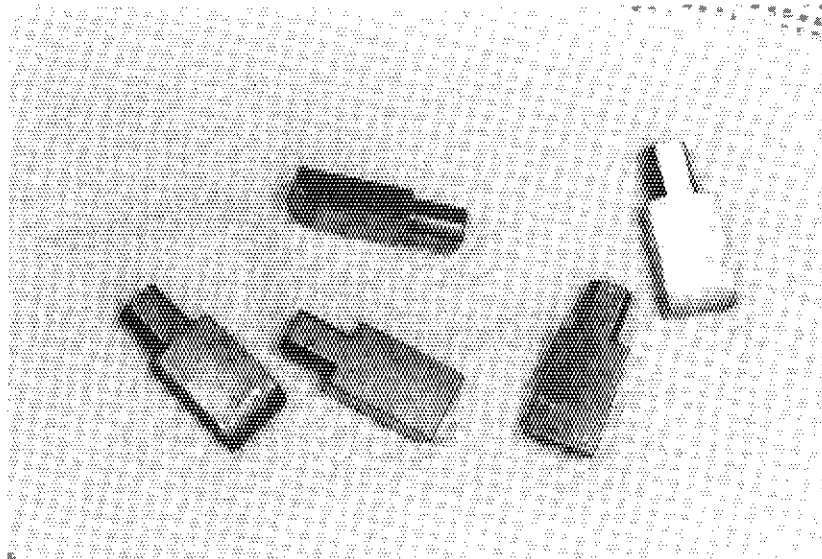


Fig.3.17 Jigs to be used to assemble/disassemble each motion transfer shaft of the slave arm

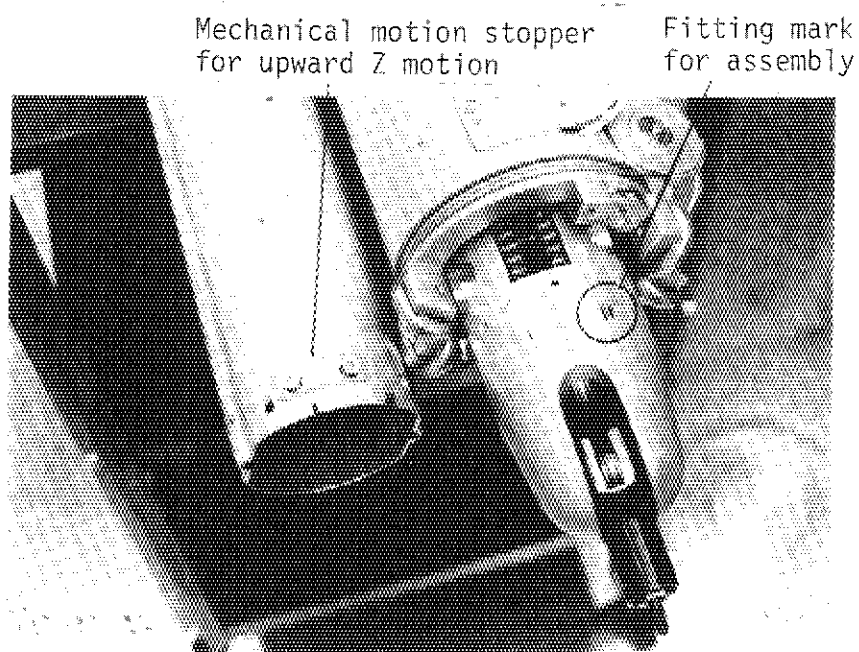


Fig.3.18 Disassembly of inner tube
(Mark in the circle indicates position of fitting for assembly)

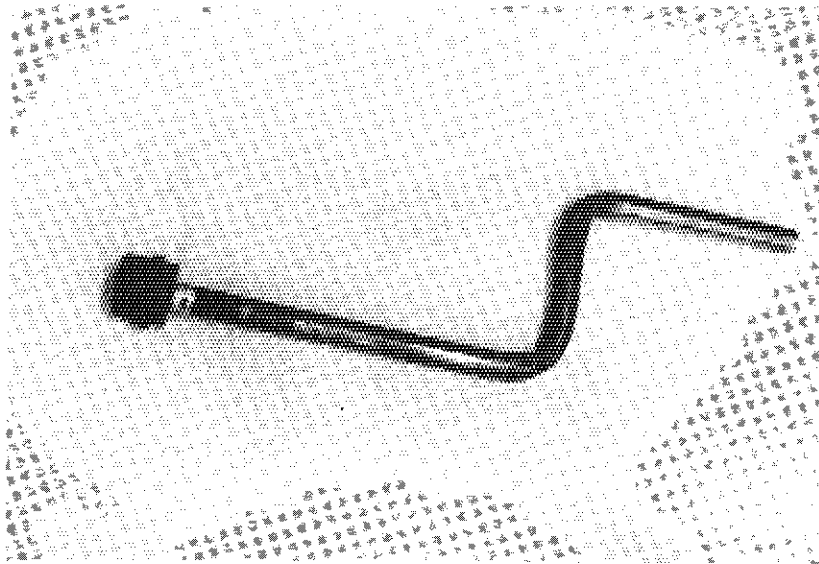


Fig.3.19 Cranked handle for manual operation of motion transfer shaft

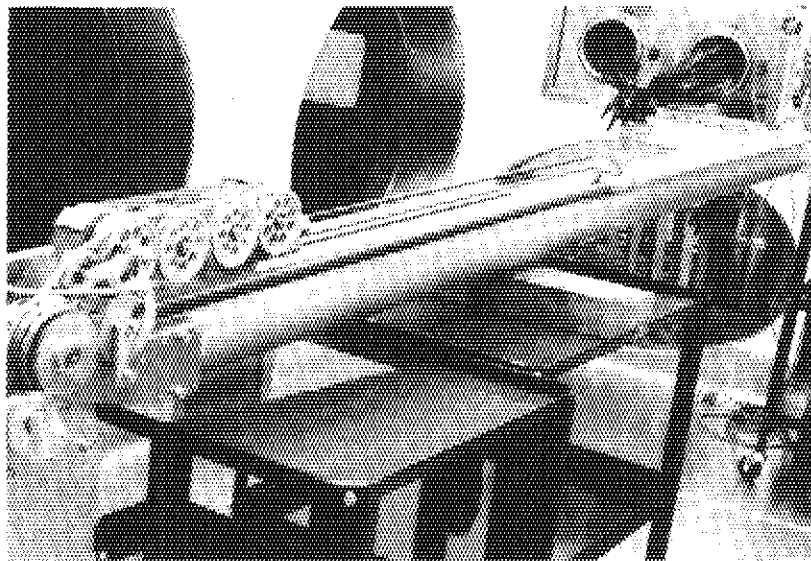


Fig.3.20 Extensible outer tube after fully extracted from the fixed outer tube

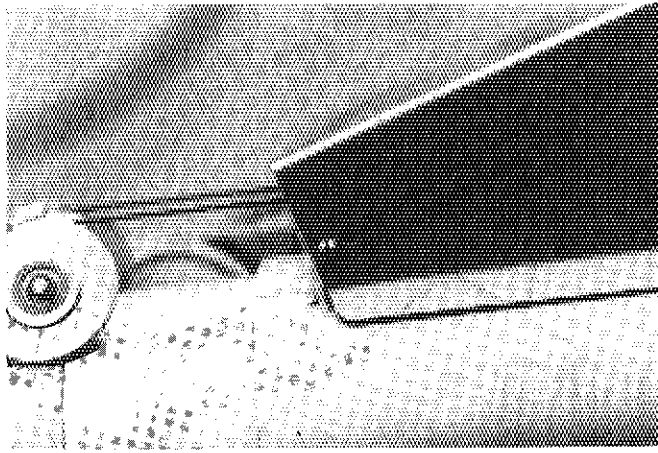


Fig. 3.21 Clamp of box cover for extension mechanism

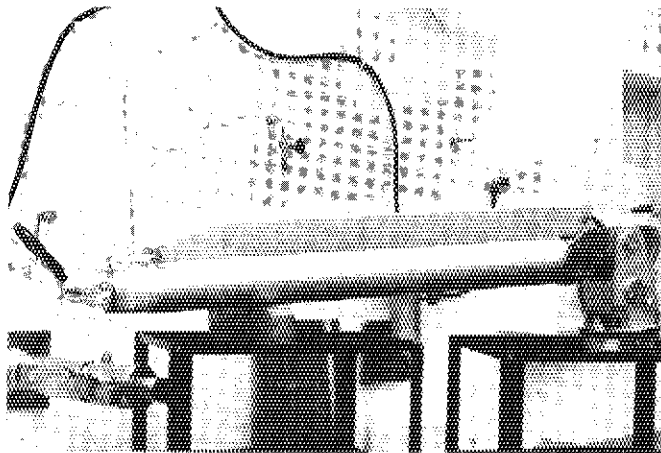


Fig. 3.22 Slave arm at prior disassembly of the box cover

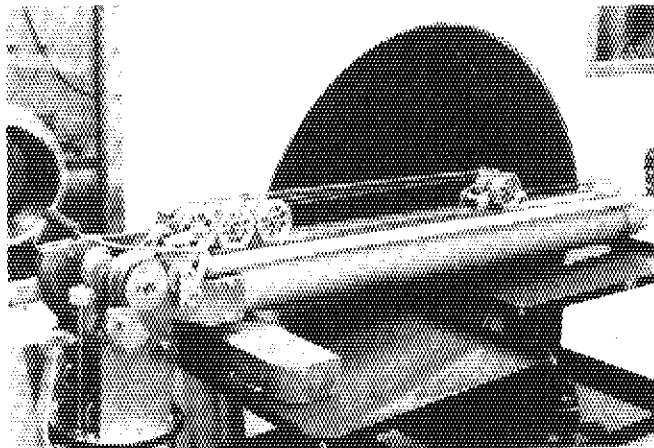


Fig. 3.23 A bare extension mechanism after disassembled box cover

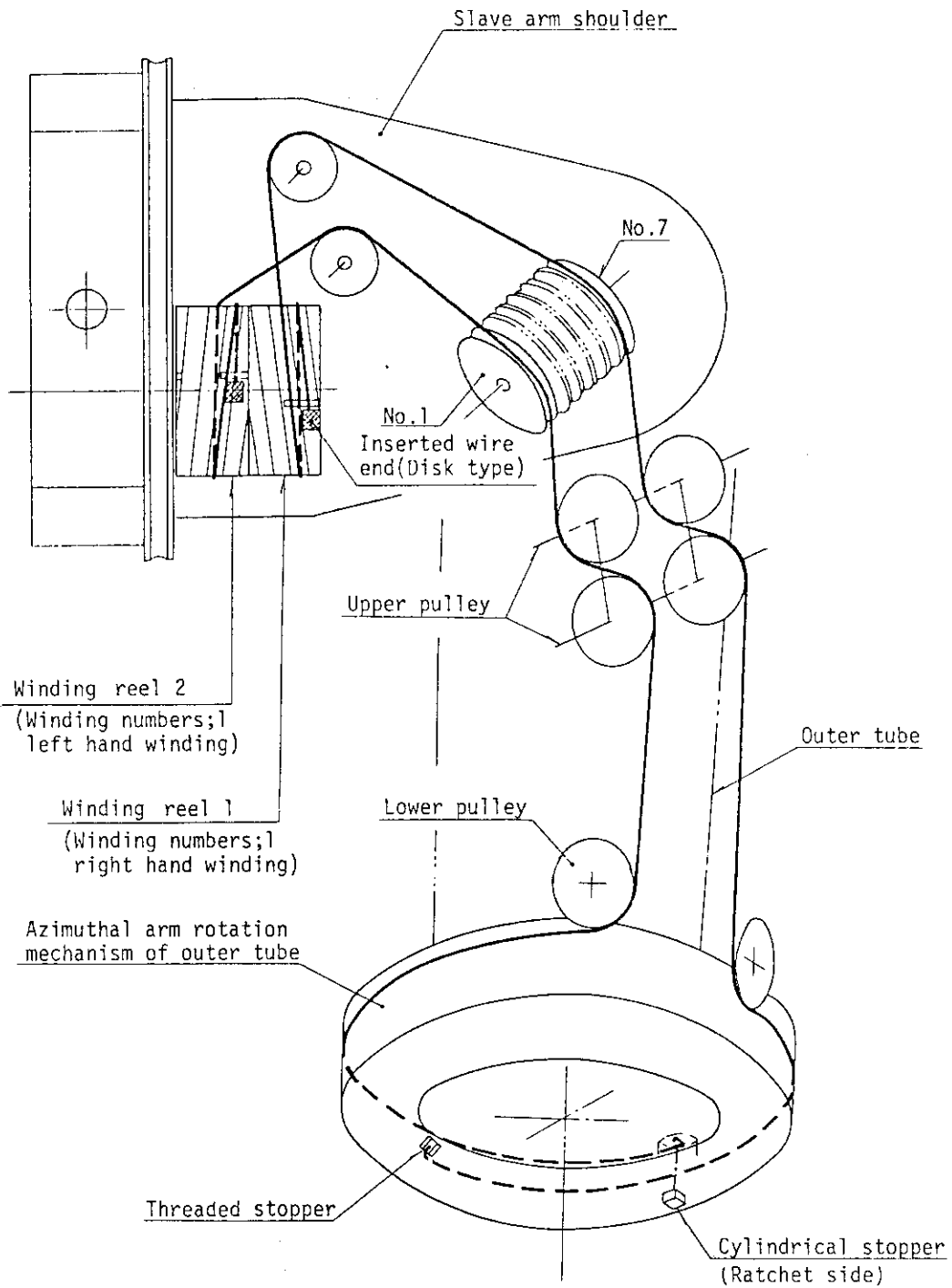


Fig.3.24 Perspective view of azimuthal slave arm rotation mechanism of the type A 100 standard manipulator

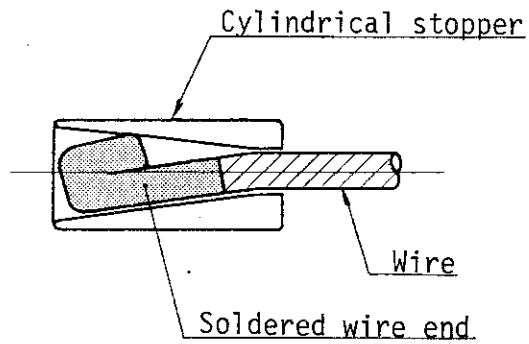


Fig.3.25 Wire end with cylindrical stopper

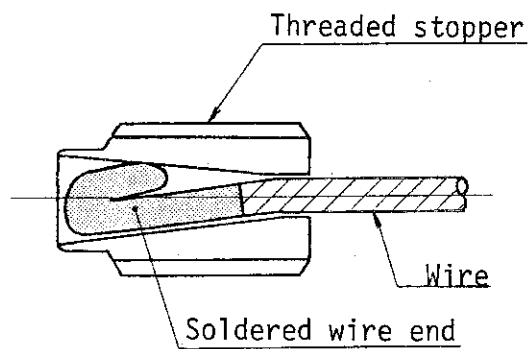


Fig.3.26 Wire end with threaded stopper

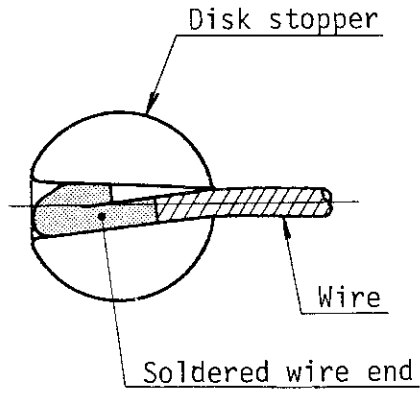


Fig.3.27 Wire end with disk stopper

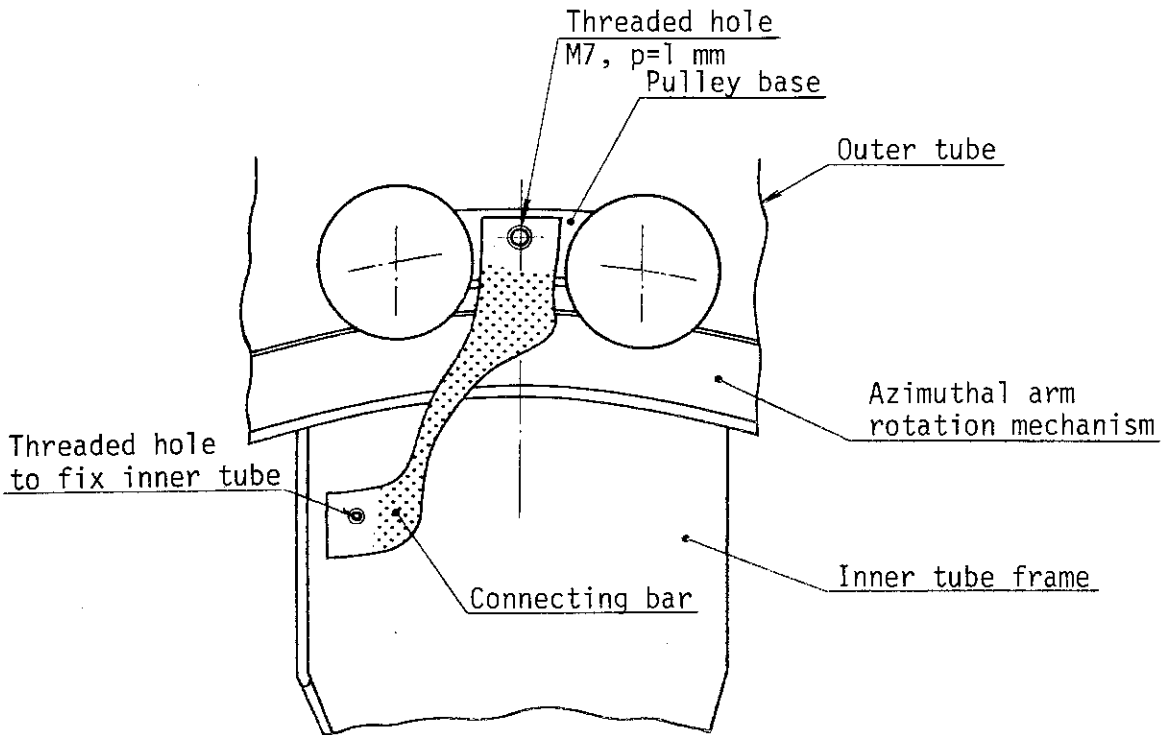


Fig.3.28 Connecting bar of outer tube and inner tube for non-rotation

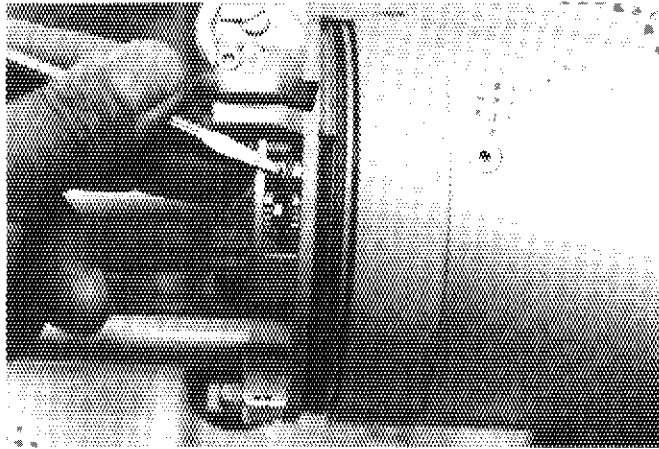


Fig.3.29 Tool to untighten ratchet mechanism

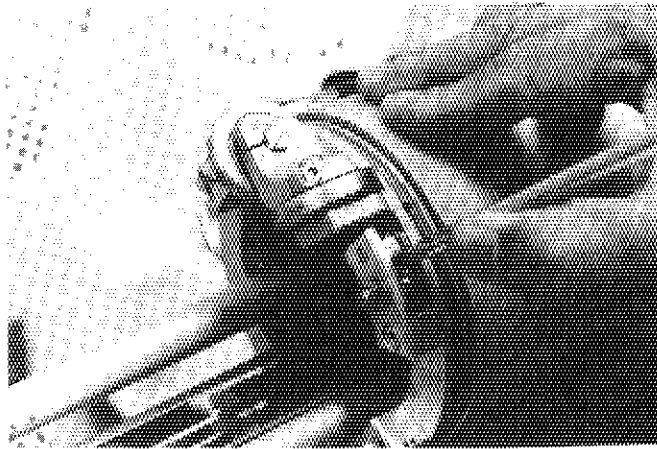


Fig.3.30 Untightening ratchet mechanism

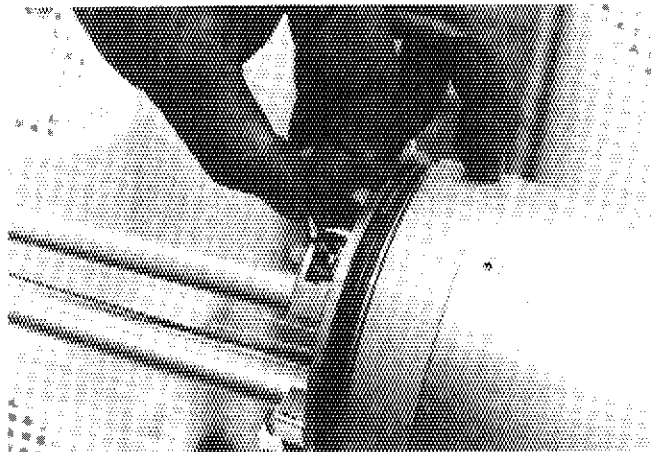


Fig.3.31 Dismount of cylindrical stopper

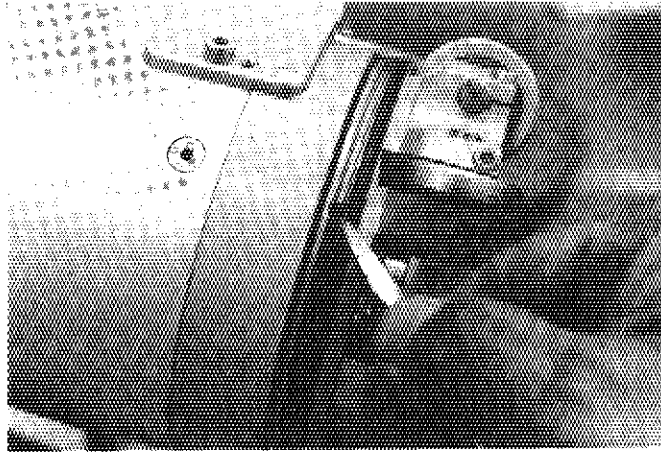


Fig.3.32 Setting up threaded stopper

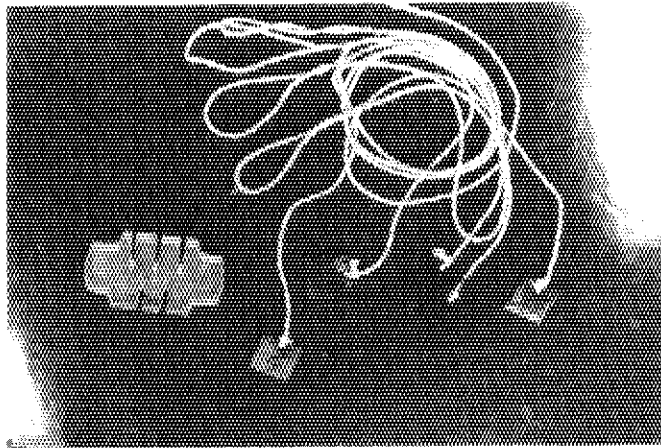


Fig.3.33 Marked tags and jig to prevent wire's confusion

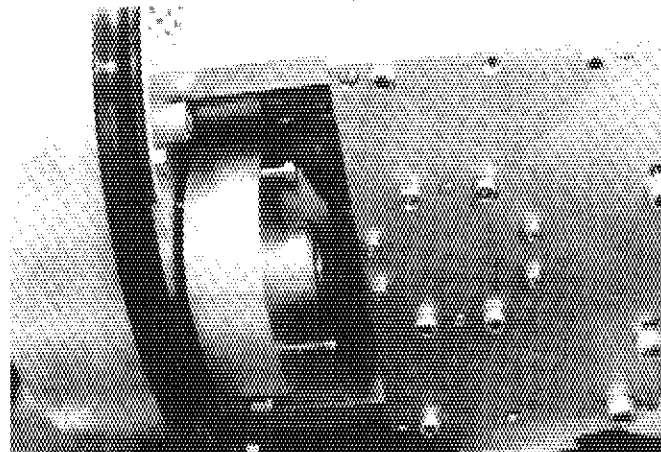


Fig. 3.34 Disassembly of winding reel cover for azimuthal arm rotation wires at inside of arm shoulder

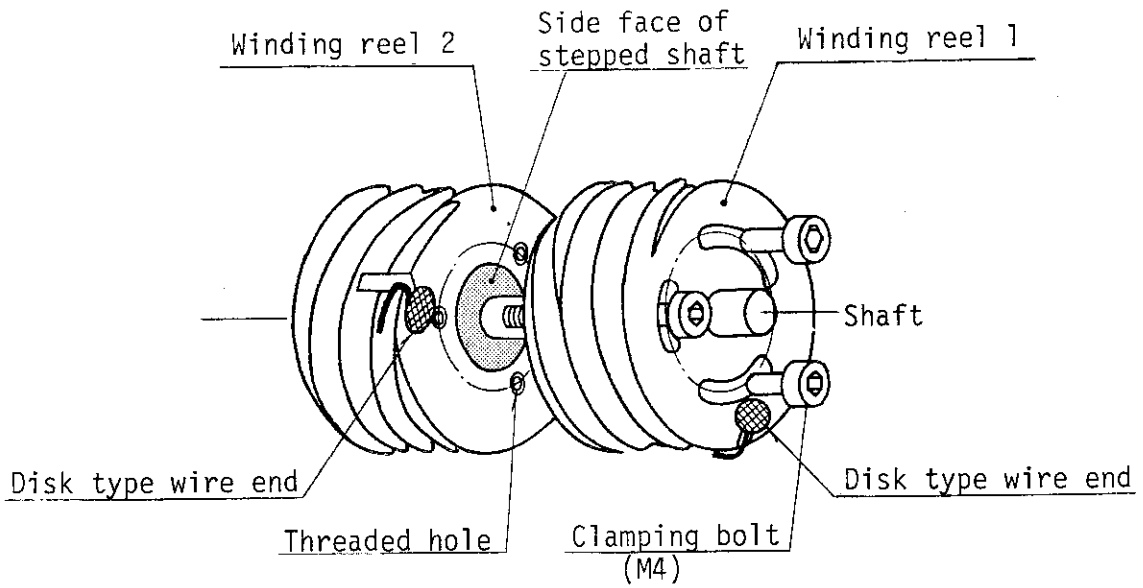


Fig.3.35 Detail of winding reels for azimuthal arm rotation to be assembled within arm shoulder

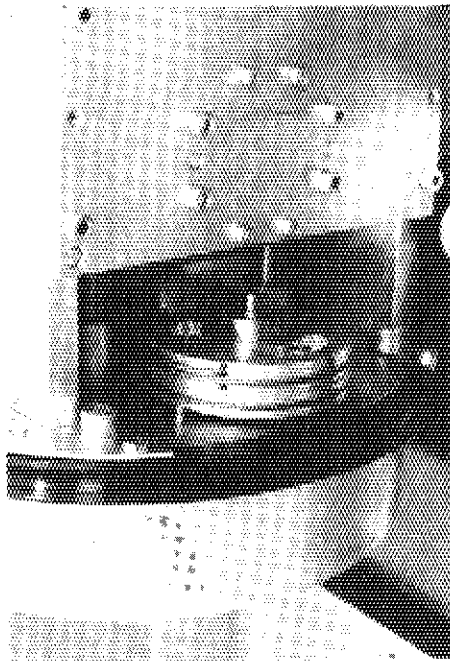


Fig.3.36 Winding reels for azimuthal arm rotation after removed the cover

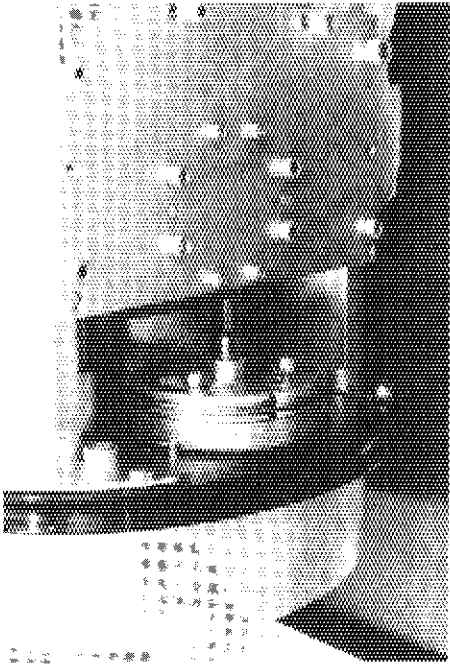


Fig.3.37 Unscrewing the clamp bolts after untightened the wire tension

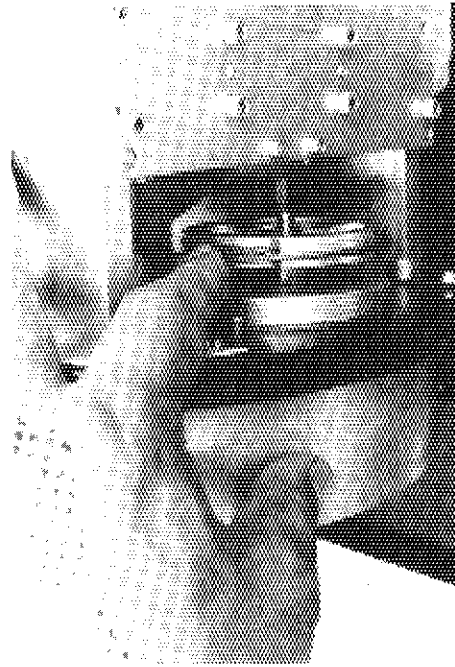


Fig.3.38 Disassembly of winding reel 1



Fig. 3.39 Side face of winding reel 1 after dismounted from the arm of the type A 100 manipulator

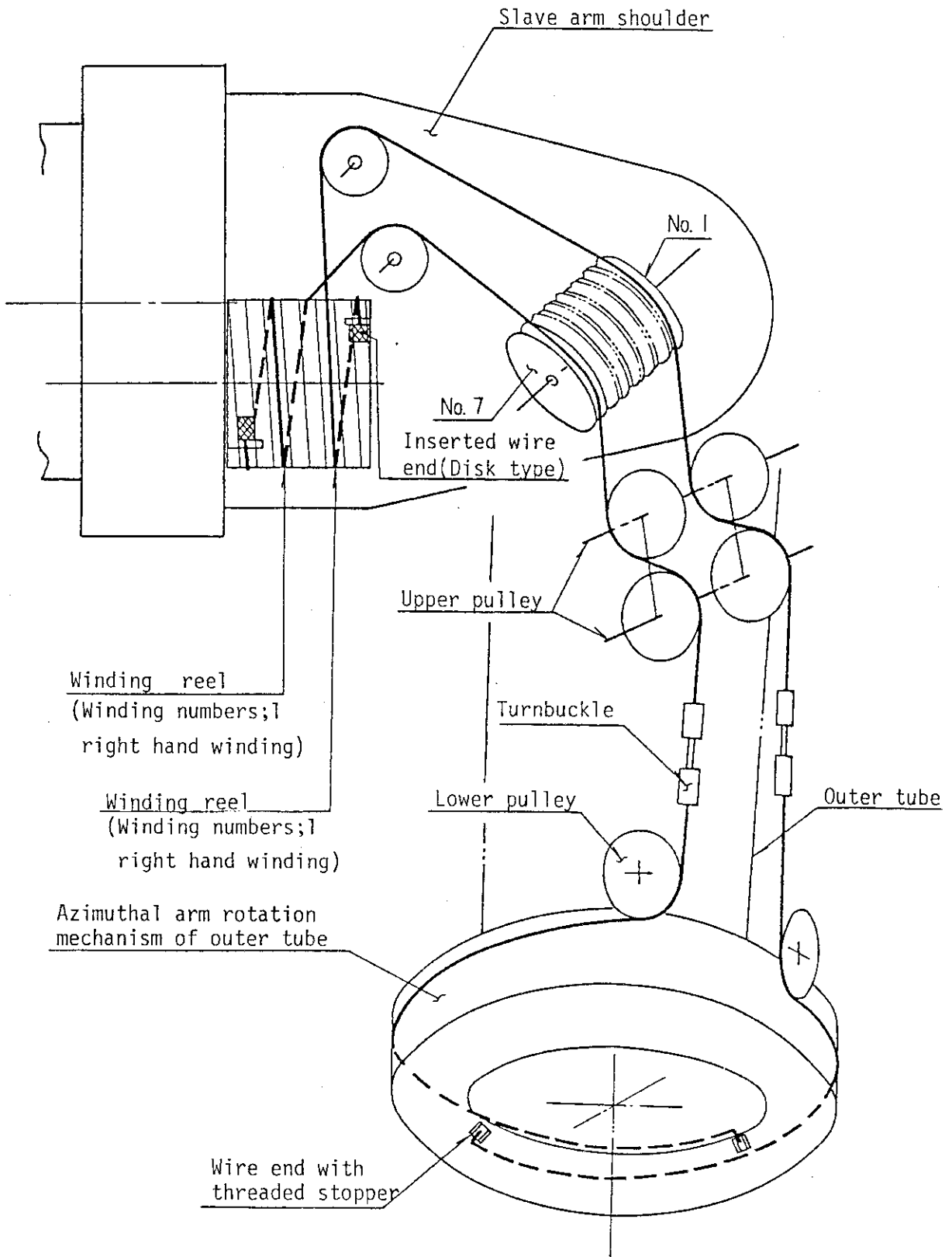


Fig.3.40 Perspective view of azimuthal master arm rotation mechanism of the type A 100 manipulator

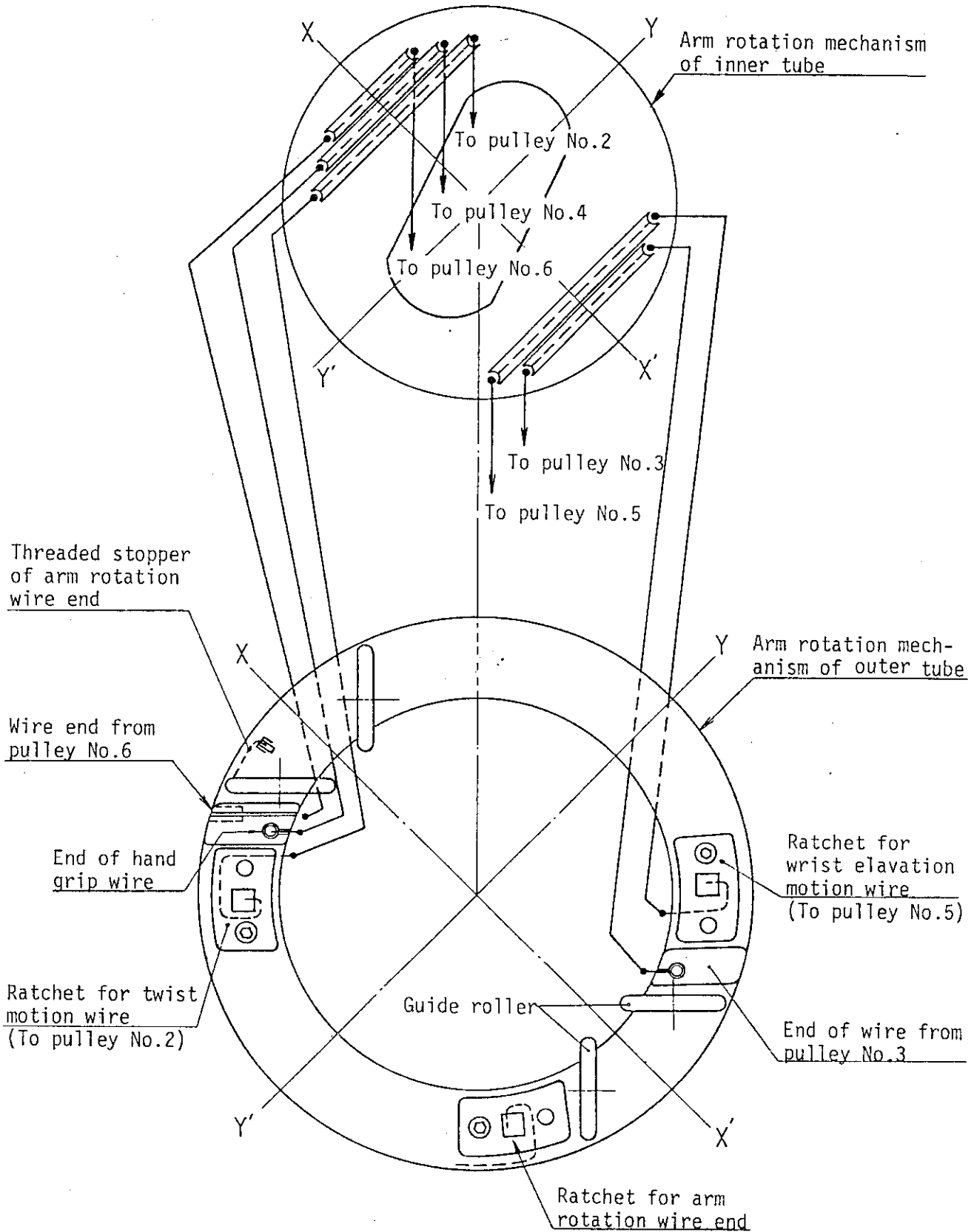


Fig.3.41 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of slave arm telescopic tube of the type A 100 manipulator

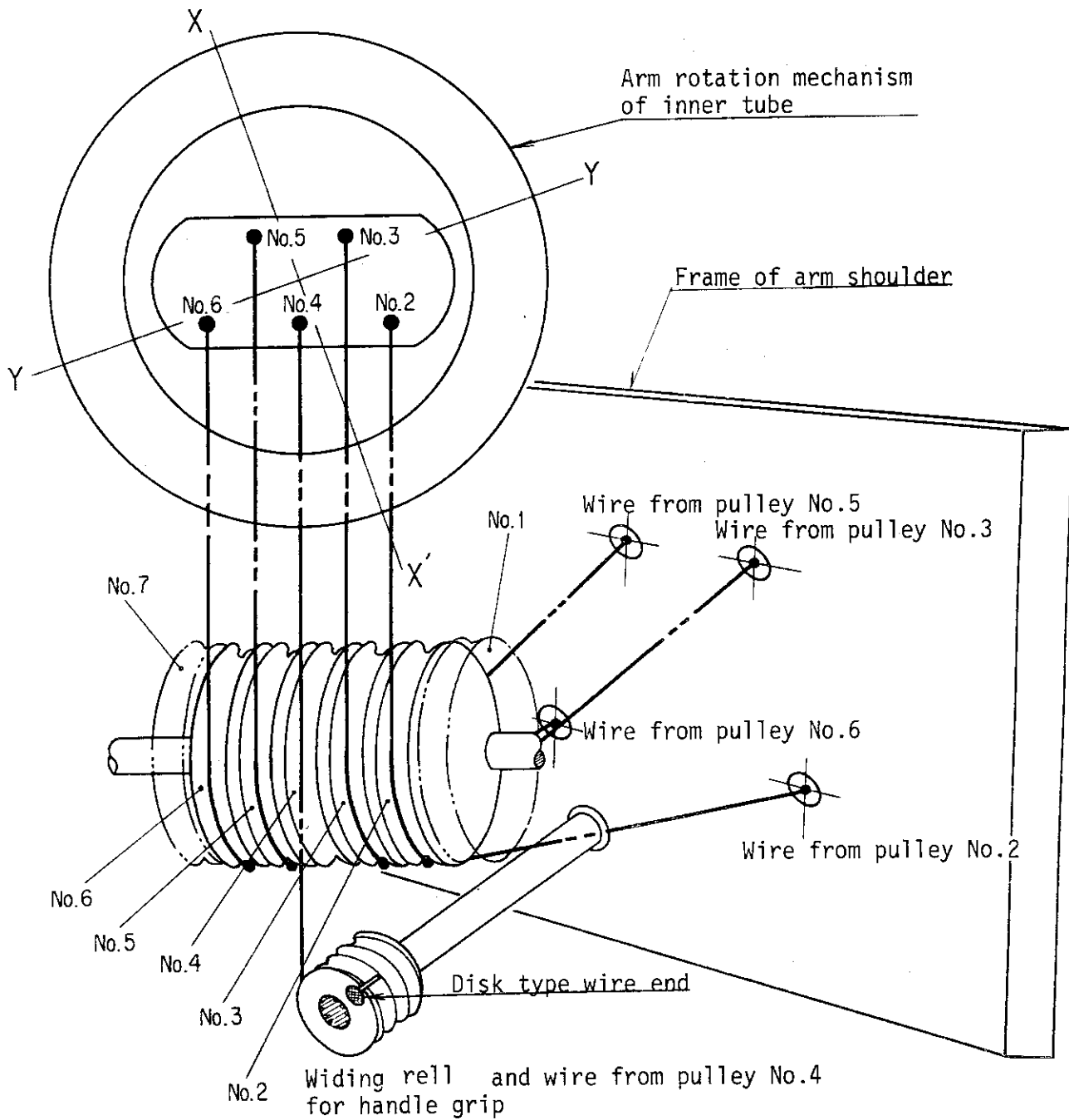


Fig.3.42 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator

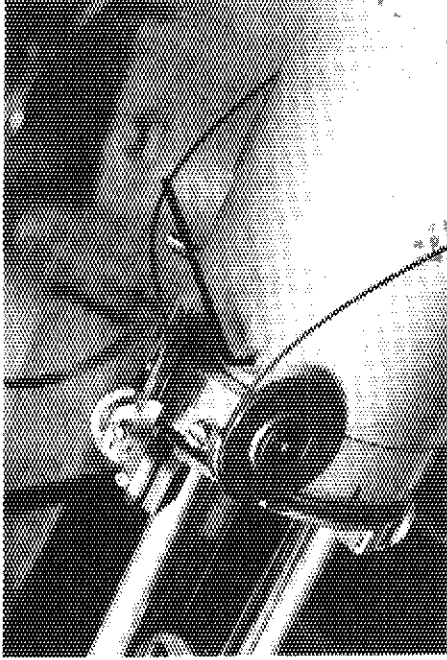


Fig. 3.44 Disassembly of azimuthal arm rotation mechanism of outer tube

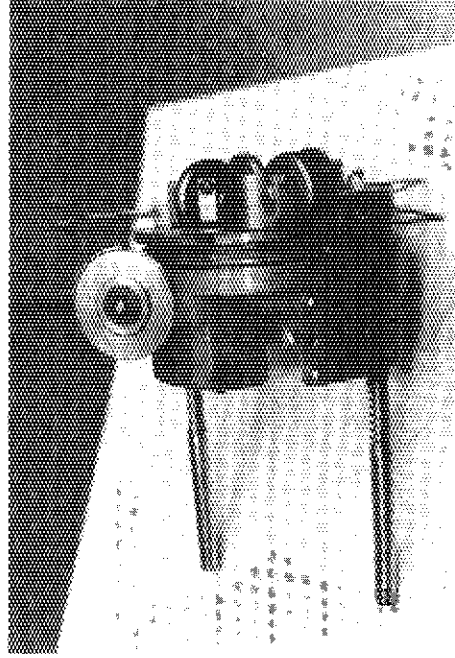


Fig. 3.46 Disassembled arm rotation unit of outer tube bottom end

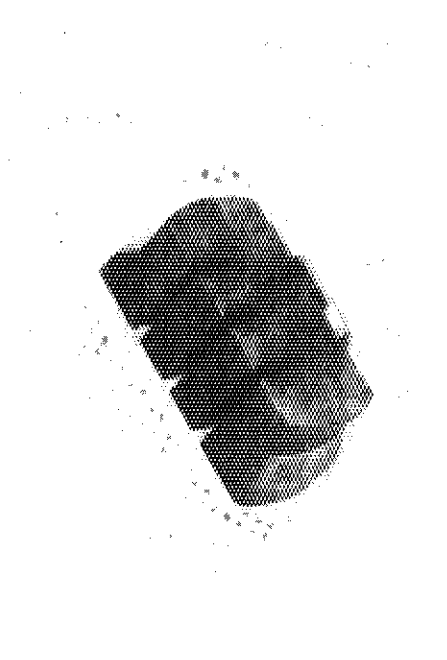


Fig. 3.43 Jig to prevent wire's confusion

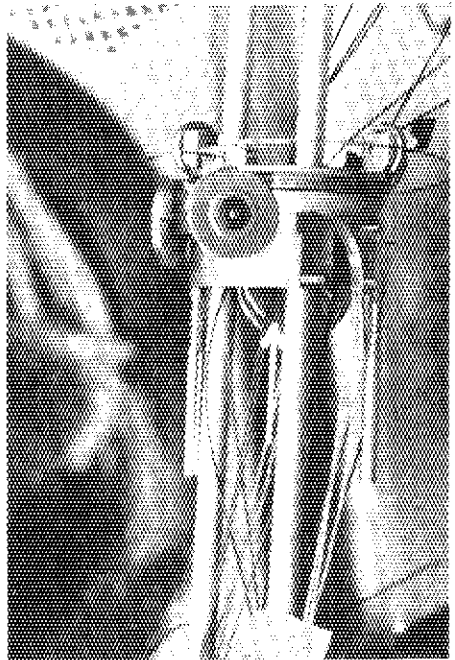


Fig. 3.45 Azimuthal arm rotation unit of outer tube bottom end under disinsertion after untightened each wire and tape

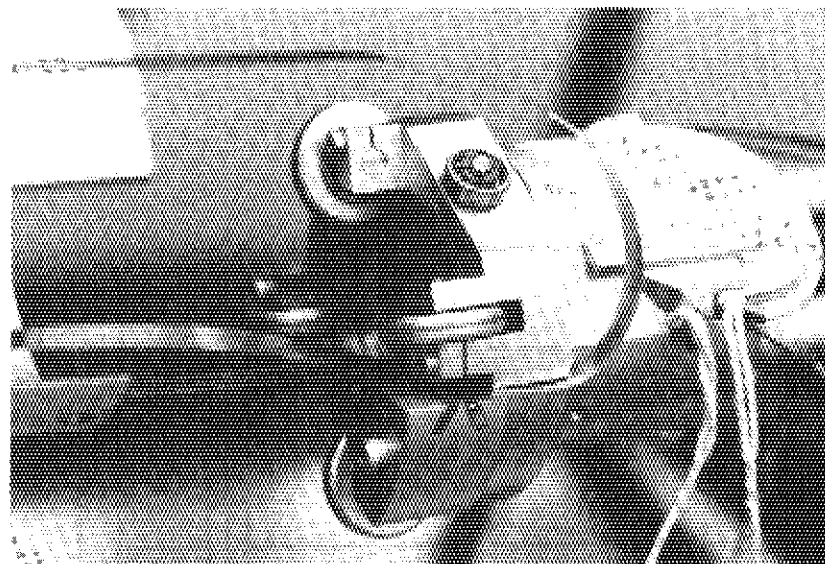


Fig.3.47 Azimuthal arm rotation unit of inner tube under disinsertion

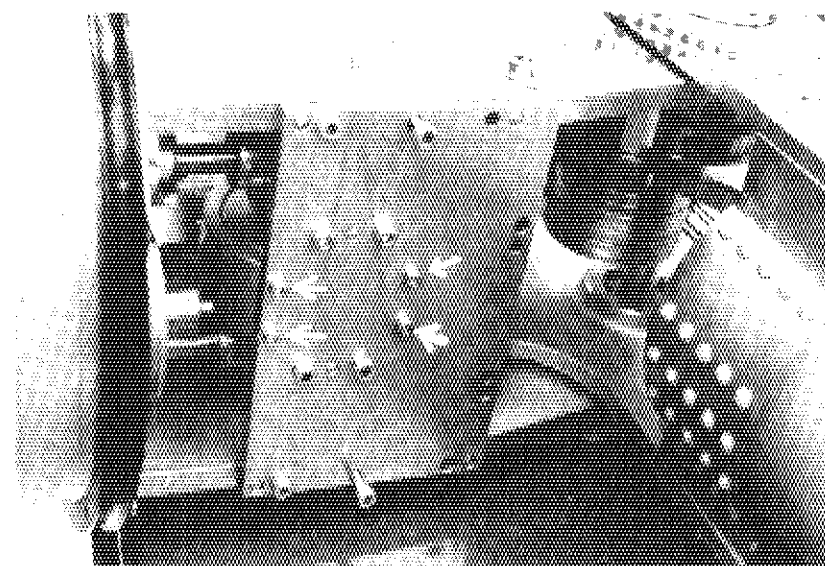


Fig.3.48 Inside view of slave arm shoulder

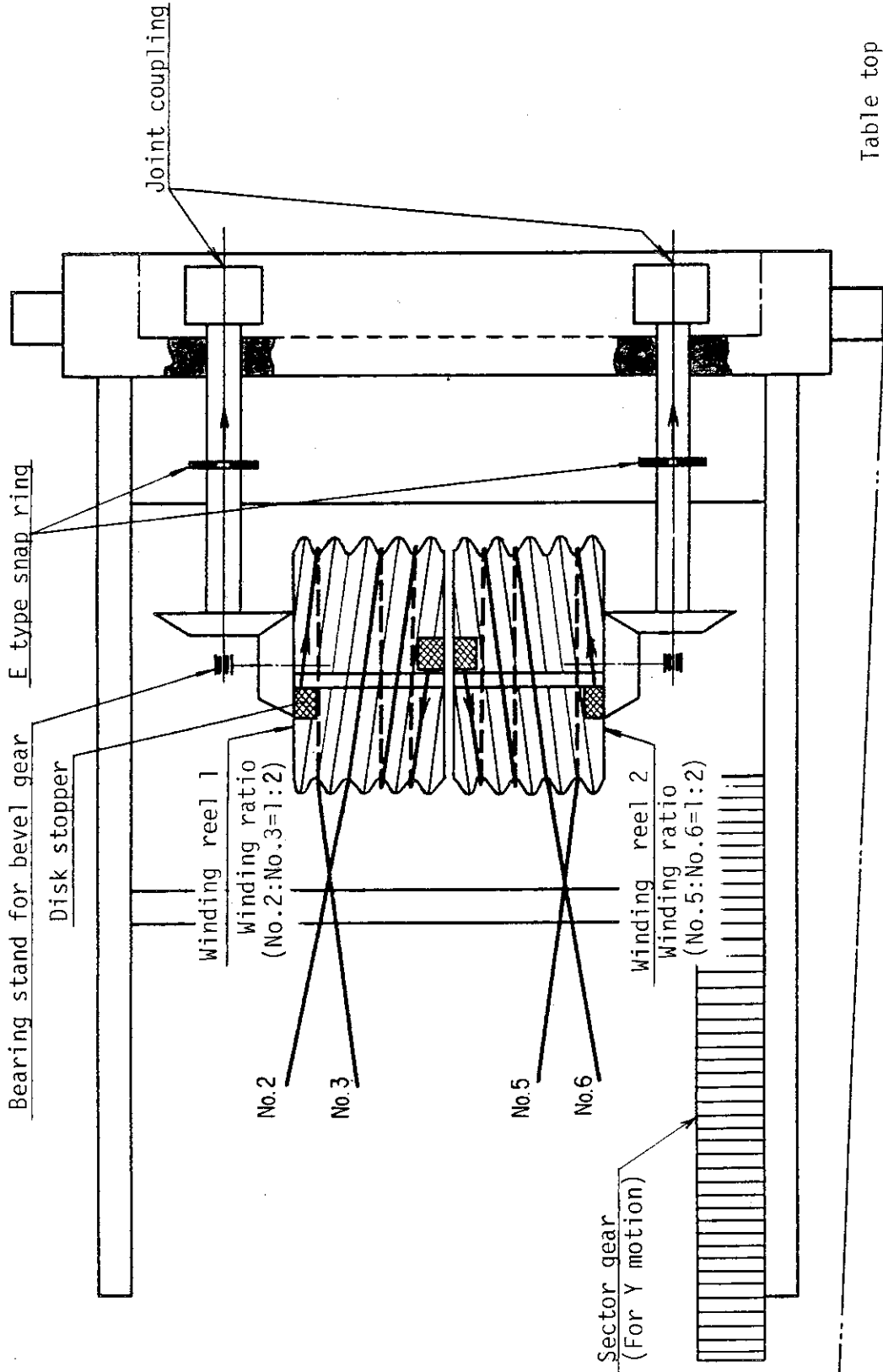


Fig. 3. 49 Wrist elevation/twist motion transmission mechanism at inside of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator

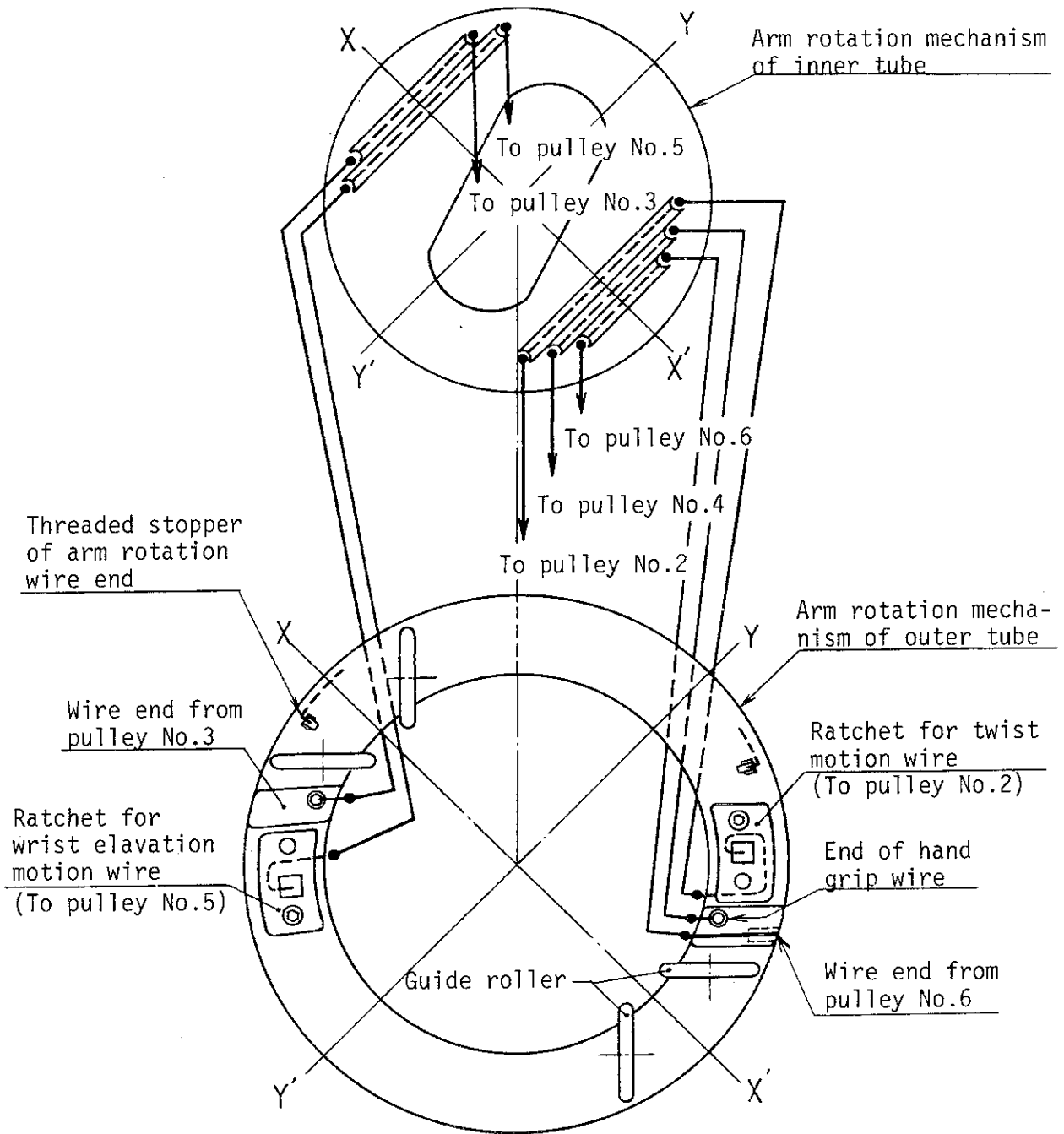


Fig.3.50 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of master arm telescopic tube of the type A 100 manipulator

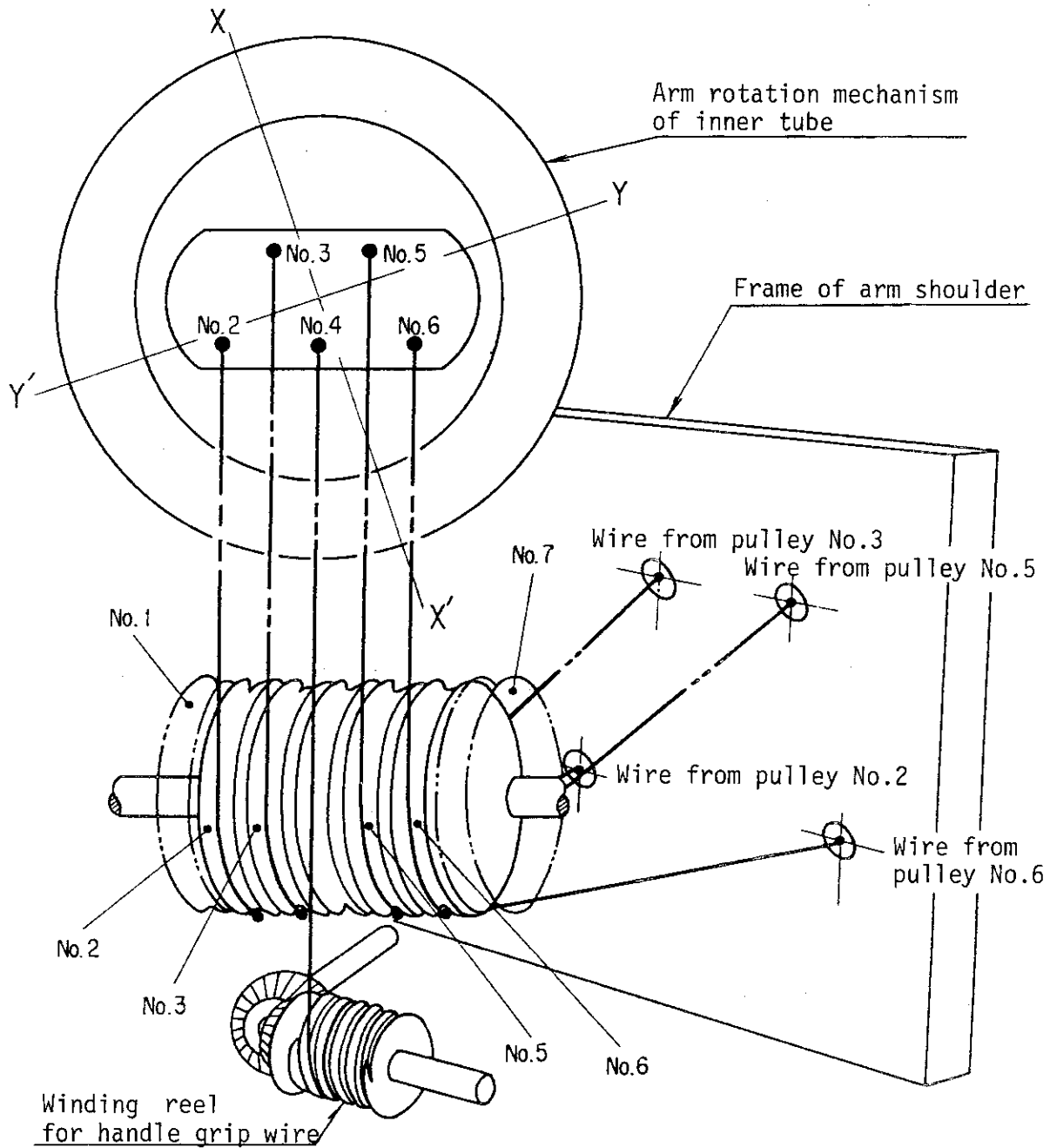


Fig.3.51 Illustration of wiring for handle grip, wrist elevation and twist motion at inside of master arm shoulder of the type A 100 manipulator

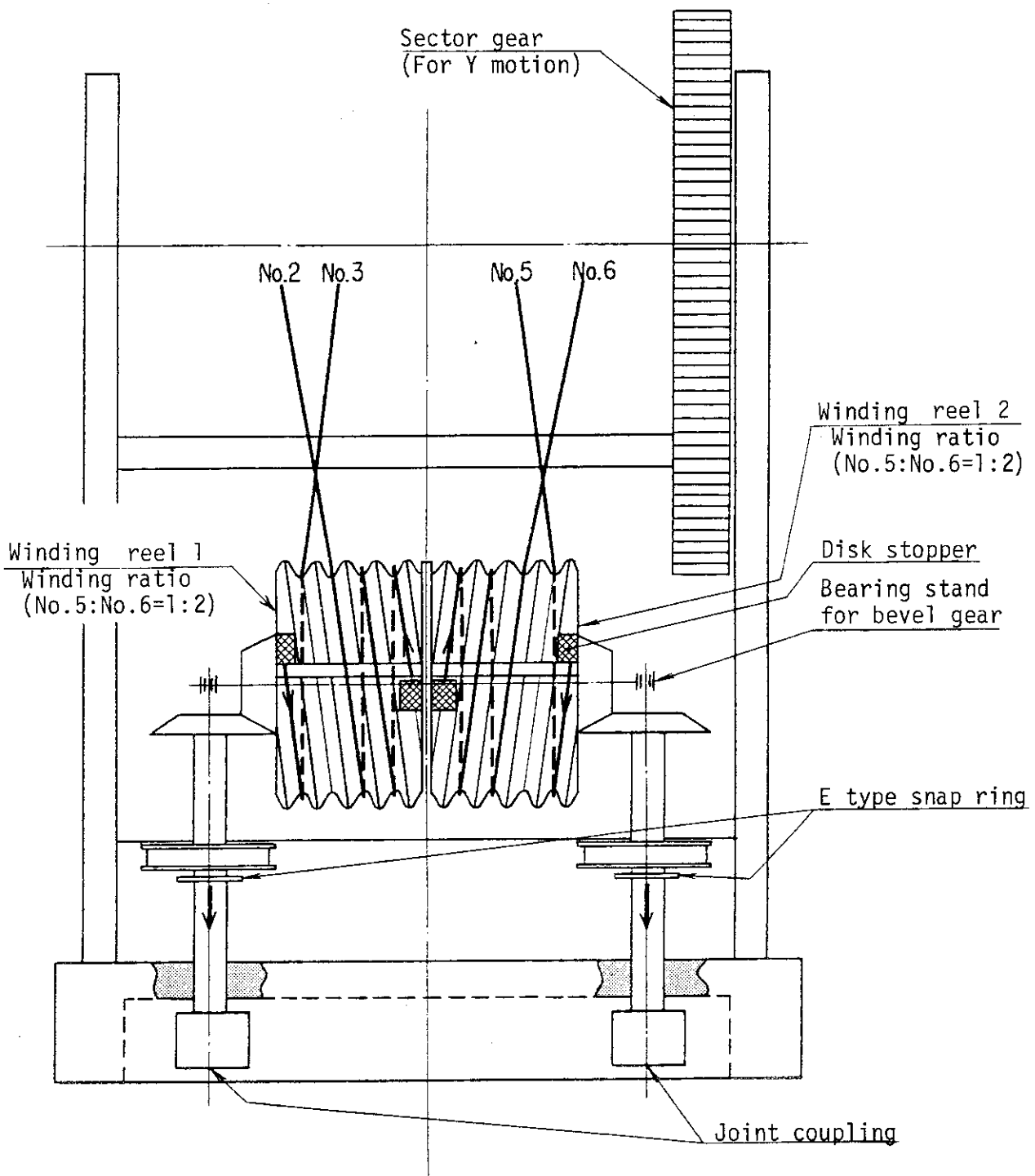


Fig.3.52. Wrist elevation/twist motion transmission mechanism at inside of master arm shoulder of the type A 100 manipulator

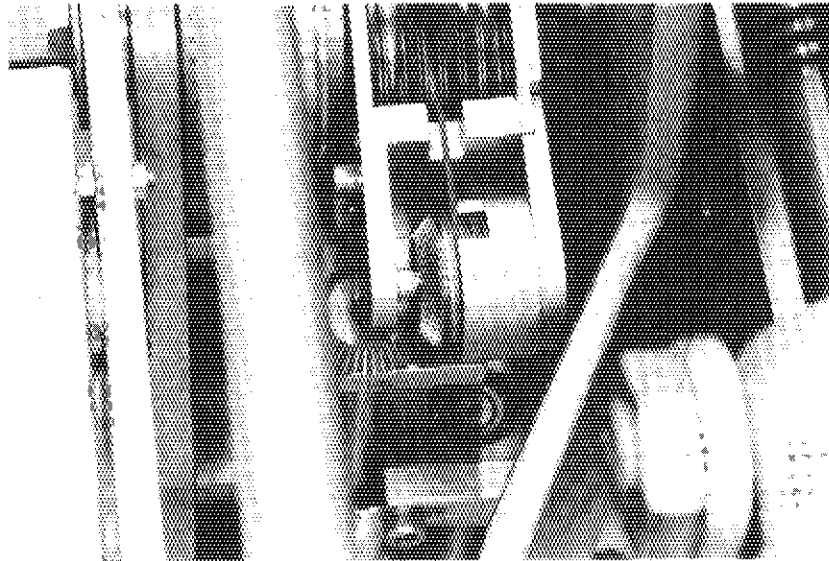


Fig.3.53 Winding reel for handle grip wire at inside of master arm of the type A 100 manipulator

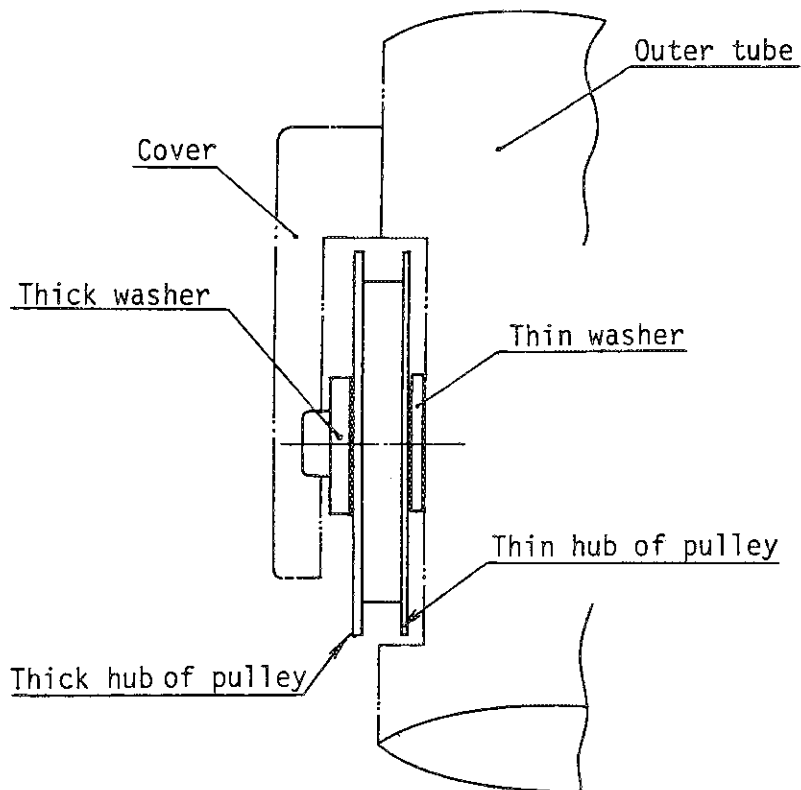


Fig.3.54 Conversion pulley for Z motion tape at outer tube lower part

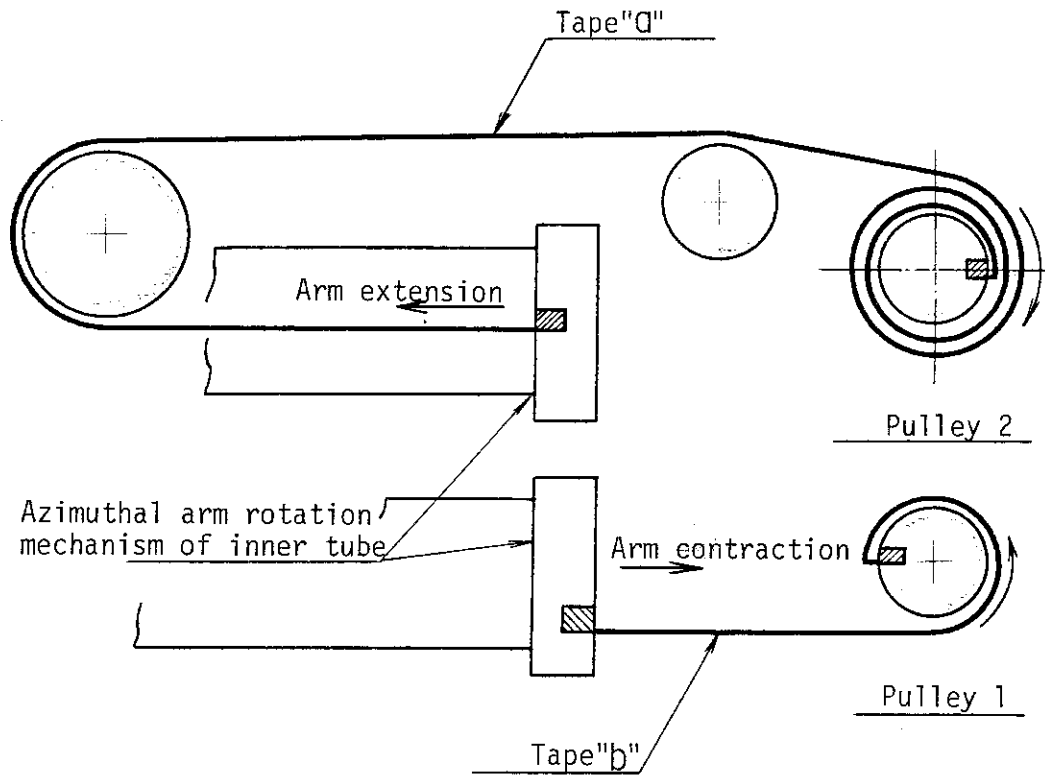


Fig.3.55 Taping for Z motion transmission mechanism of master/slave arm of the type A 100 standard manipulator

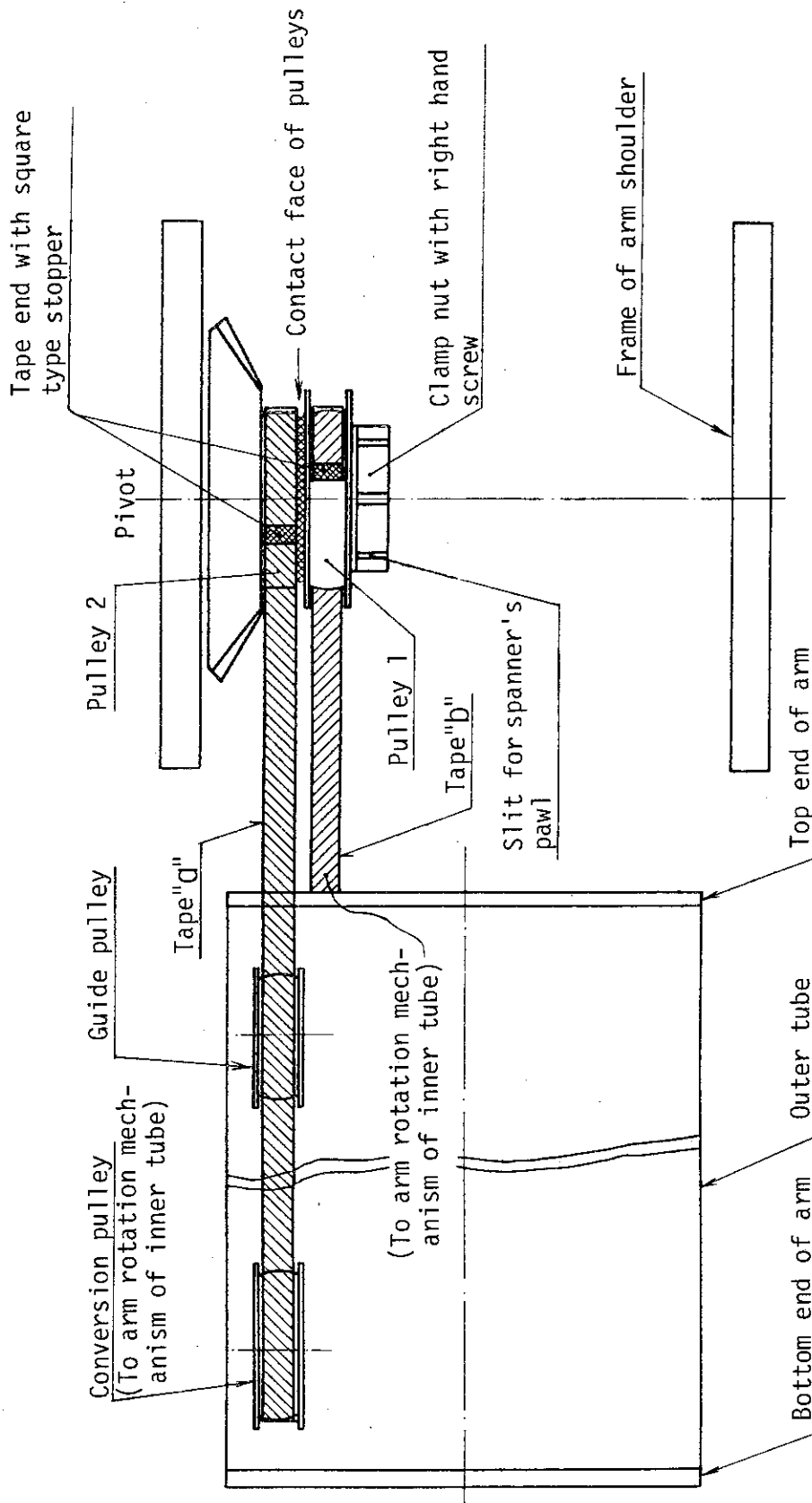


Fig.3.56 Detail of Z motion transmission mechanism of master/slave arm of the type A 100 standard manipulator

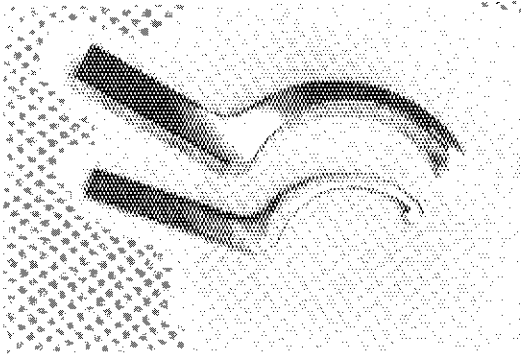


Fig.3.57 Pawl spanners

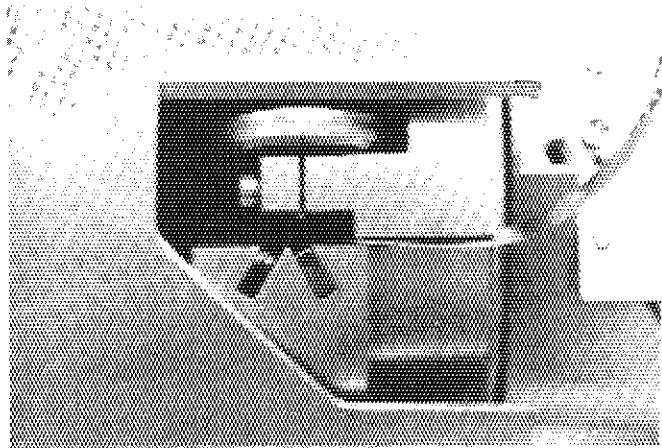


Fig. 3.58 Inserting Z motion tape stopper
at part of arm rotation mechanism
of inner tube top end

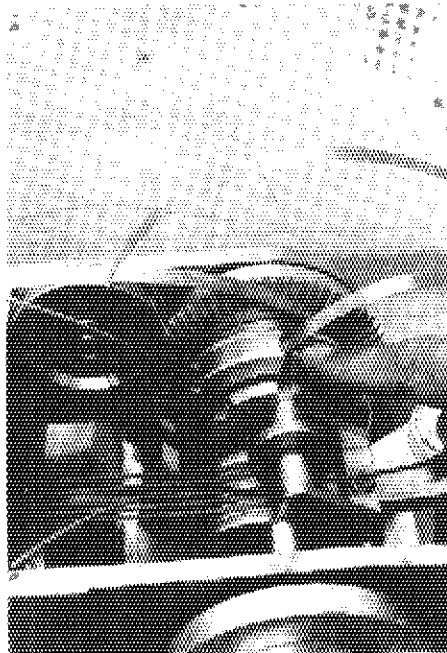


Fig. 3.59 Z motion tape under winding up
onto the pulley of arm shoulder

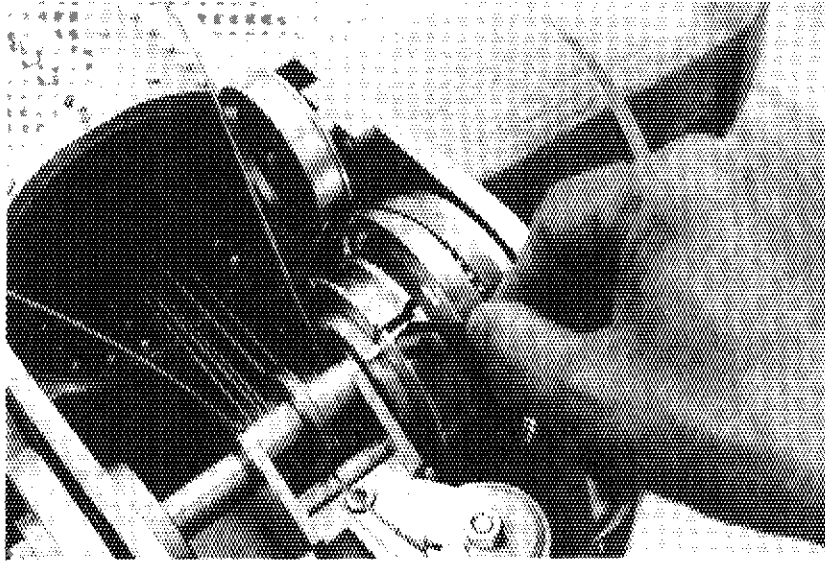
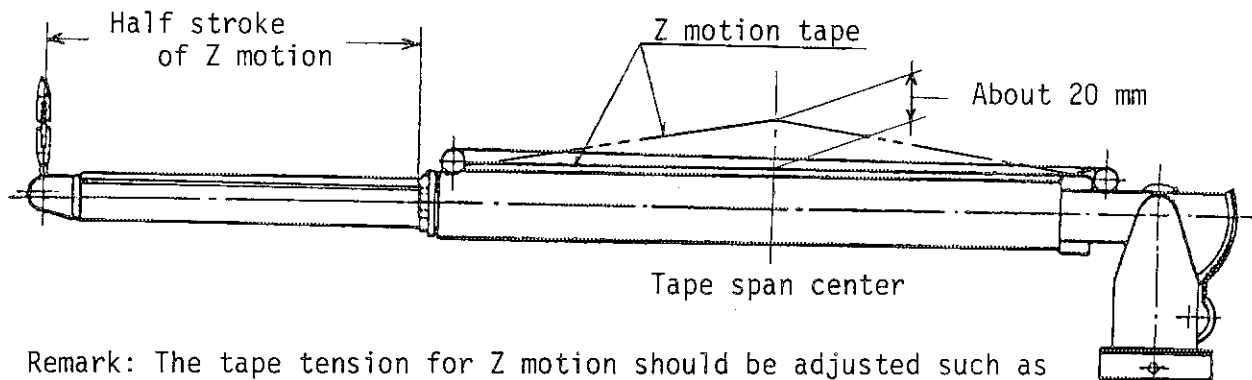


Fig.3.60 Square type tape stopper and slit hole on the winding pulley



Remark: The tape tension for Z motion should be adjusted such as the upward force gives a flexure of about 20 mm at the center of tape span.

Fig.3.61 Adjustment of tape tension for Z motion

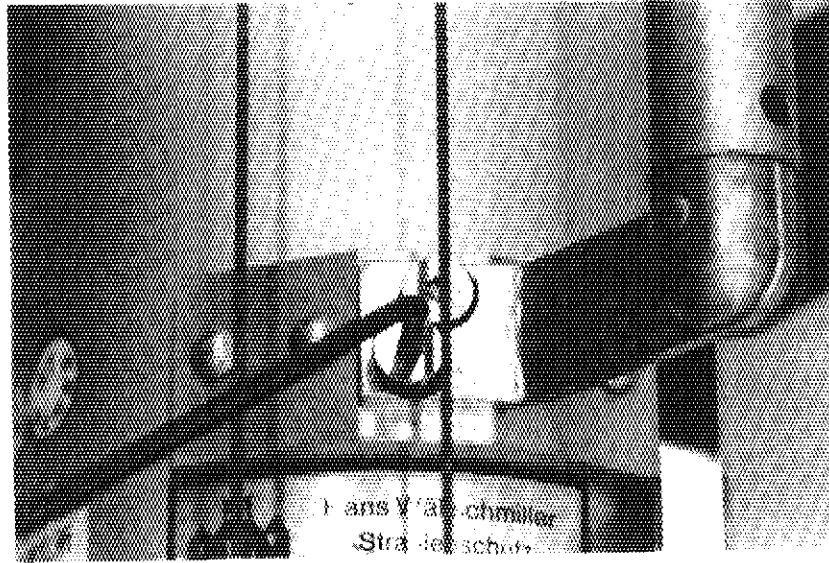


Fig.3.62 Disassembly of a guide bar supporter for Z motion balance weight

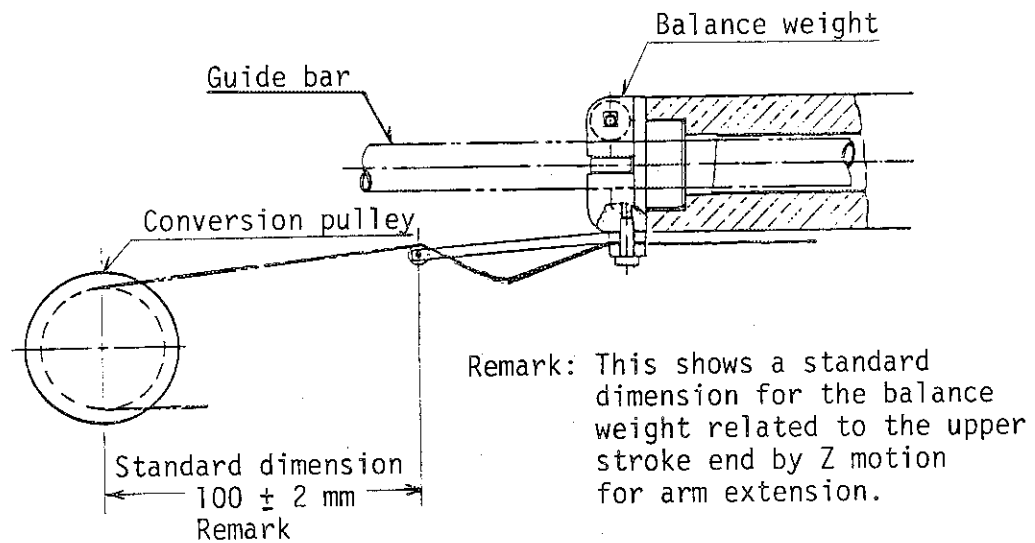


Fig.3.63 Setting dimension for Z motion balance weight on the tape

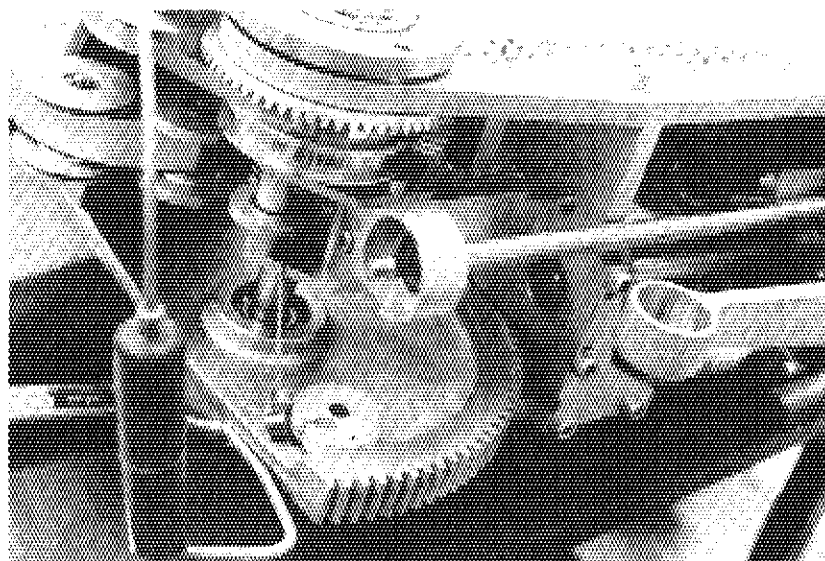


Fig. 3.64 Disassembled winding reel and wire end for handle grip motion at the part of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator

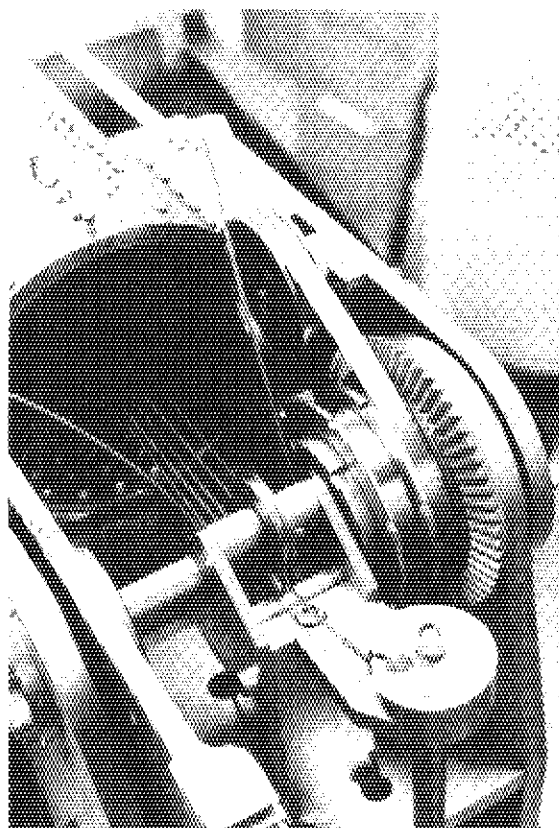


Fig. 3.65 Assembled winding reel for handle grip motion at the part of slave arm shoulder of the type A 100 standard manipulator

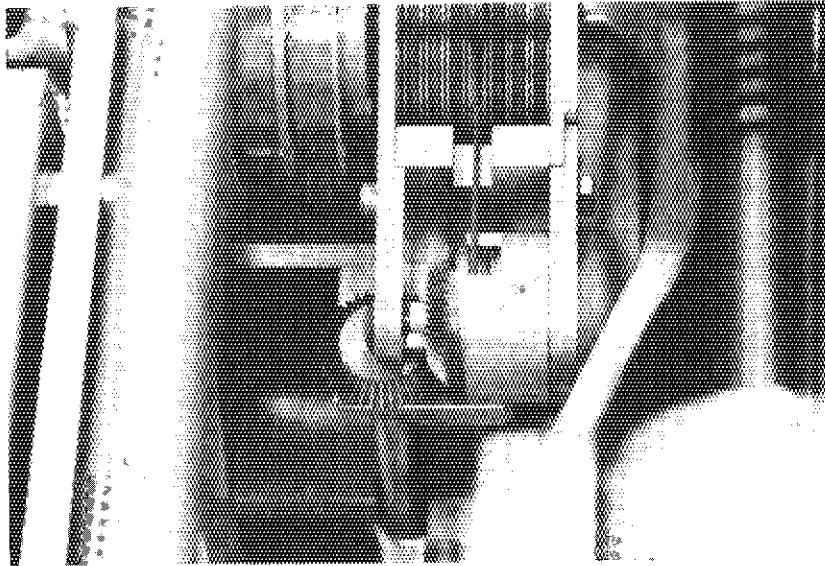


Fig. 3.66 Winding reel for handle grip motion at the part of master arm shoulder of the type A 100 manipulator

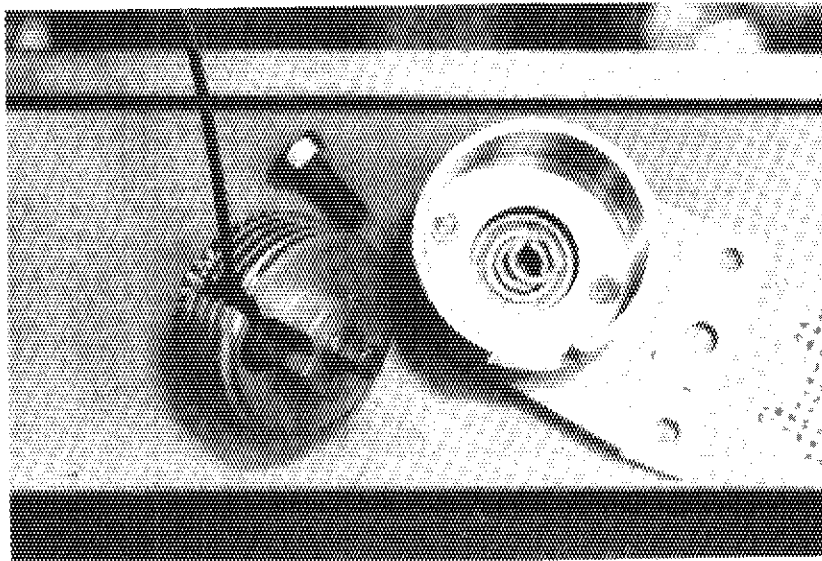


Fig. 3.67 Winding reel for handle grip motion after disassembled from the master arm of the type A 100 manipulator

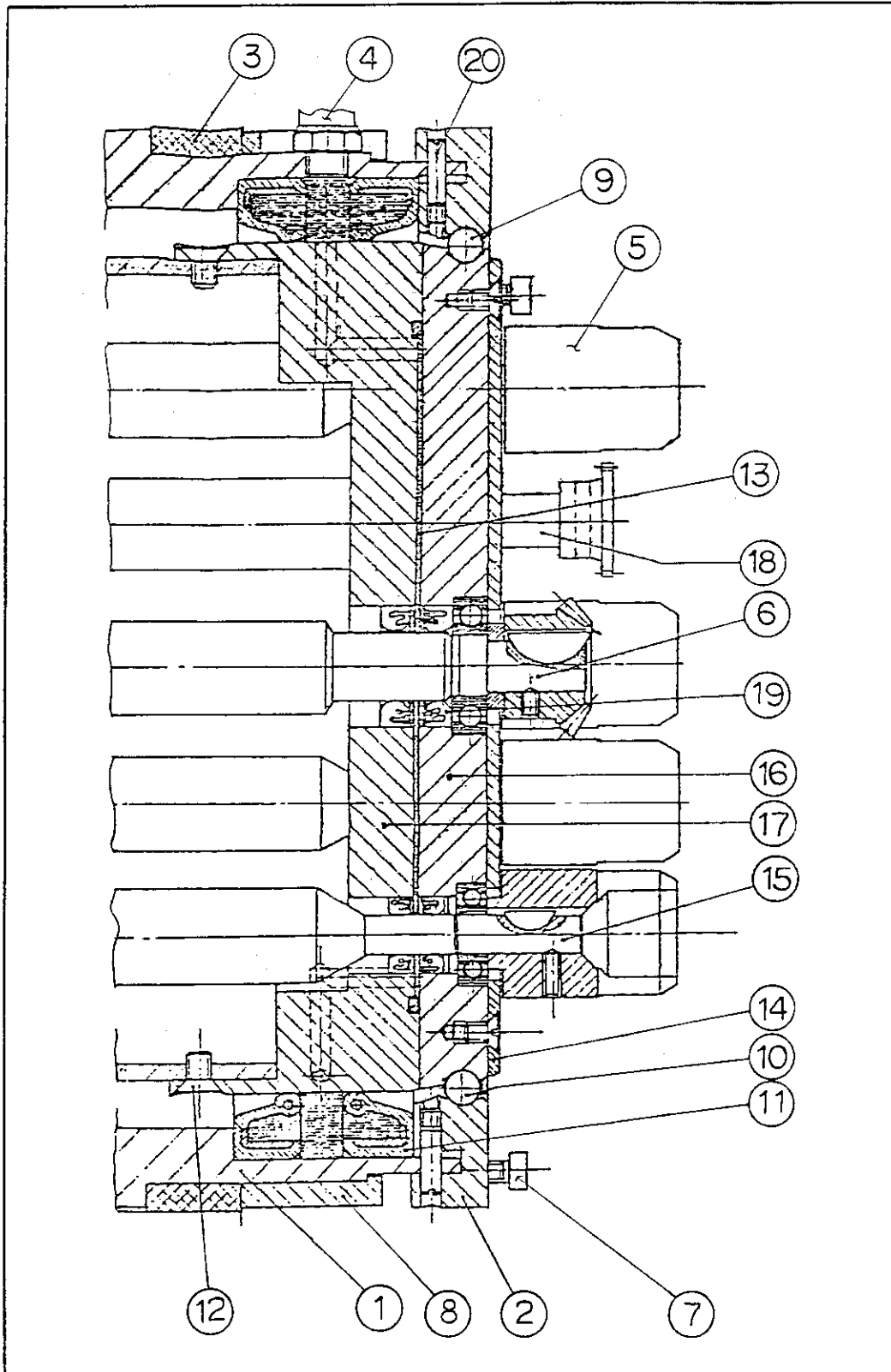


Fig.3.68 Detail of the gas-proof mechanism of through-wall assembly

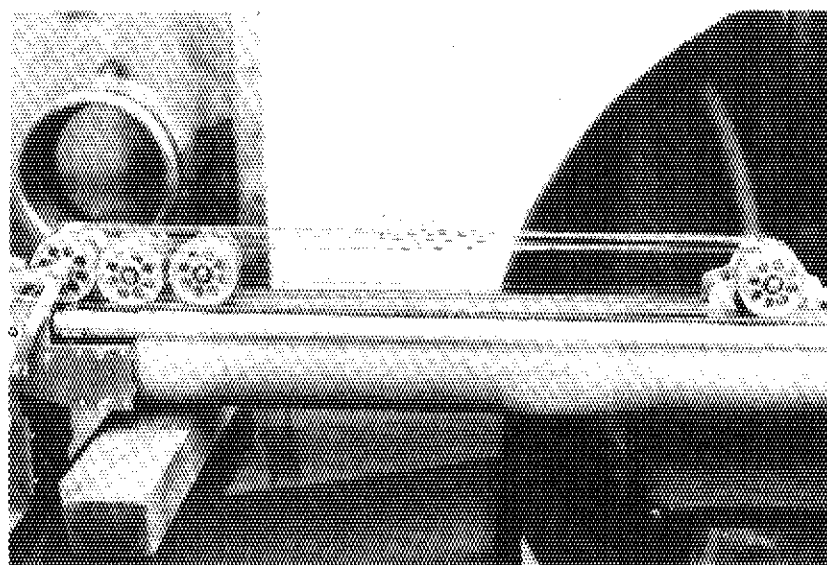


Fig.3.69 Slave arm extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator

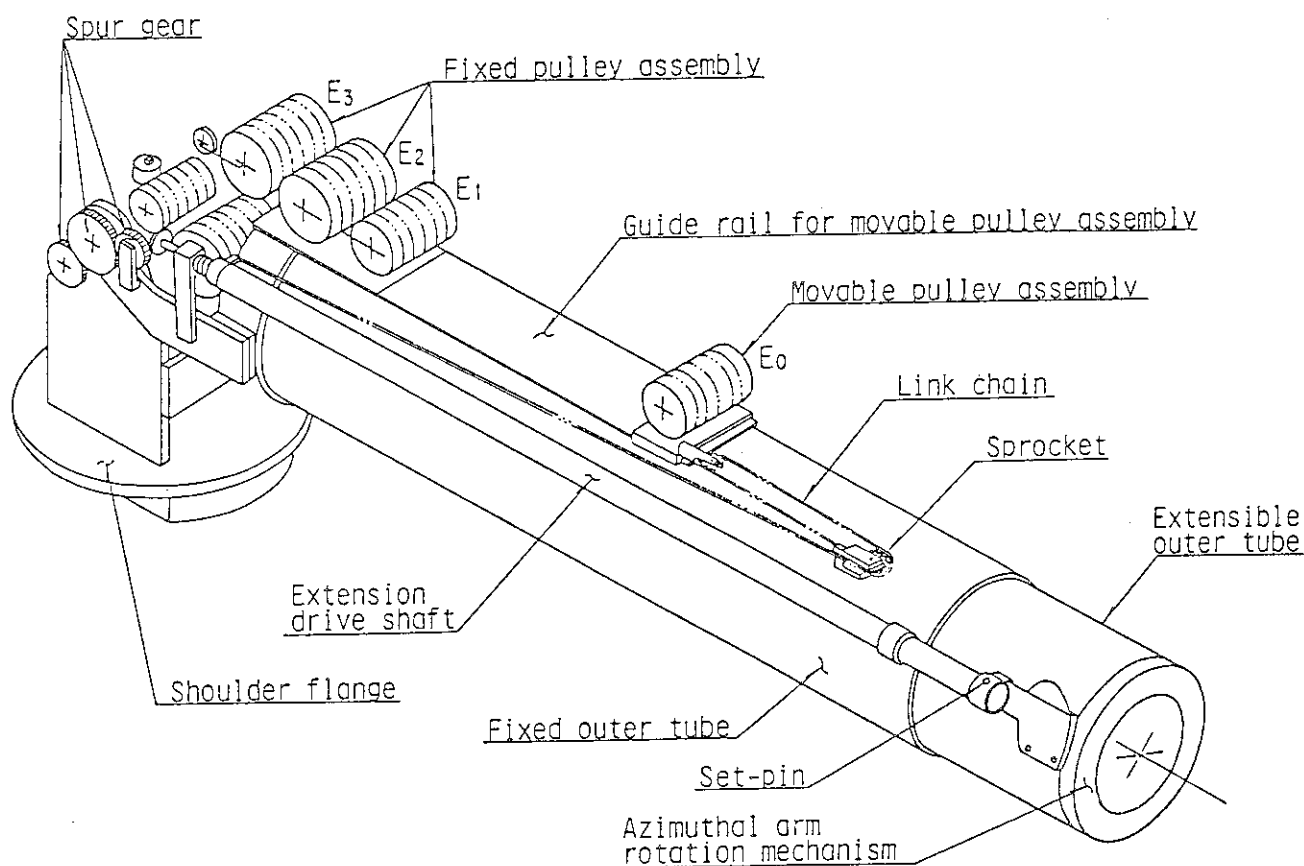


Fig.3.70 Perspective view of slave arm extension mechanism of the type A 100 extended reach manipulator

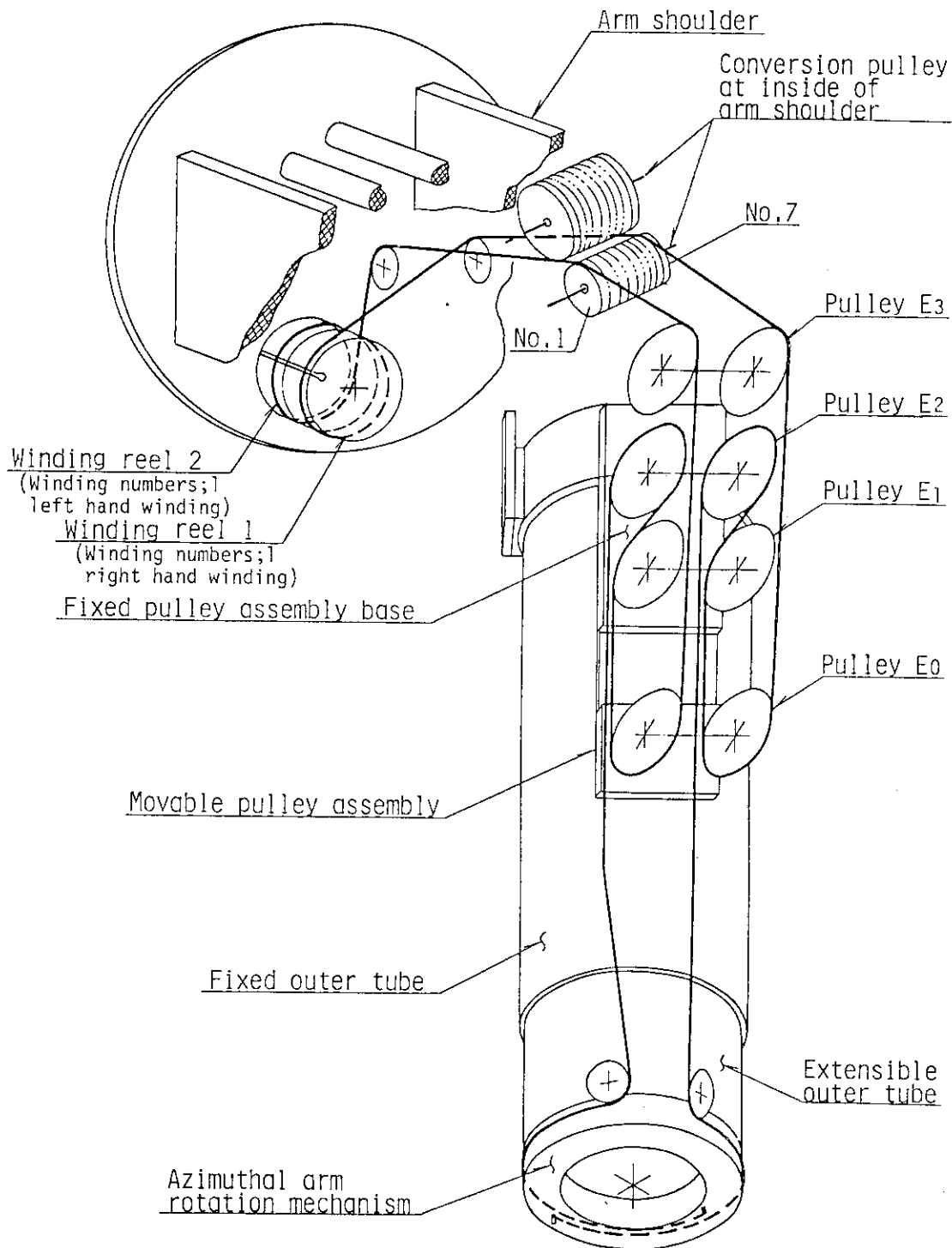


Fig.3.71 Perspective view of slave arm rotation mechanism of the type A 100 extended reach manipulator

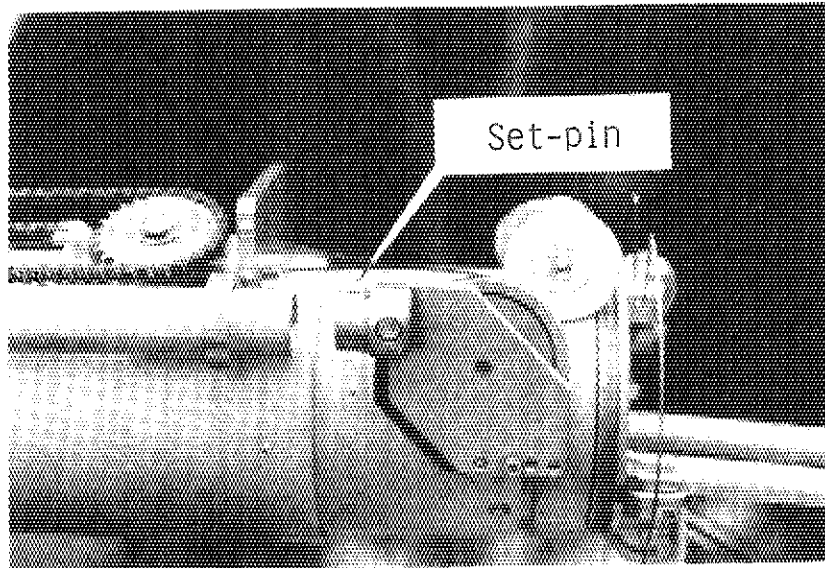


Fig.3.72 Separation of extension drive shaft and joint boss

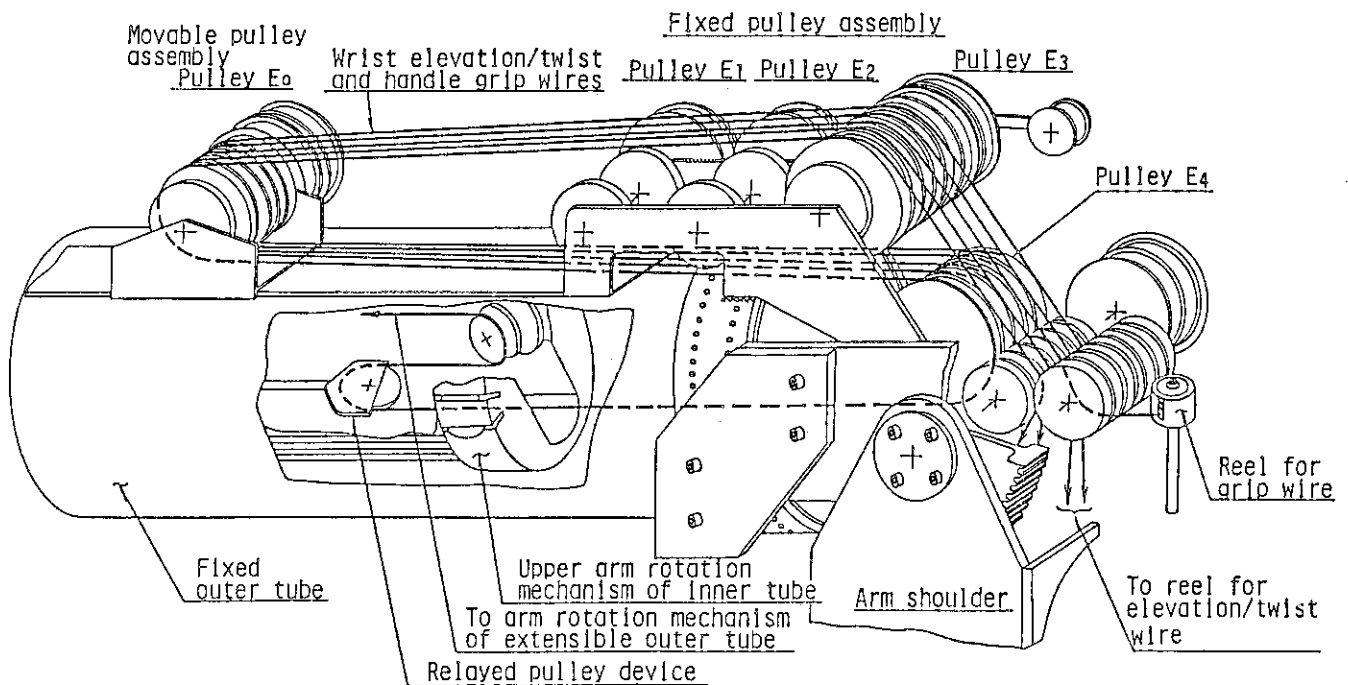


Fig.3.73 Perspective view of handle grip and wrist elevation/twist motion mechanism at slave arm of the type A 100 extended manipulator

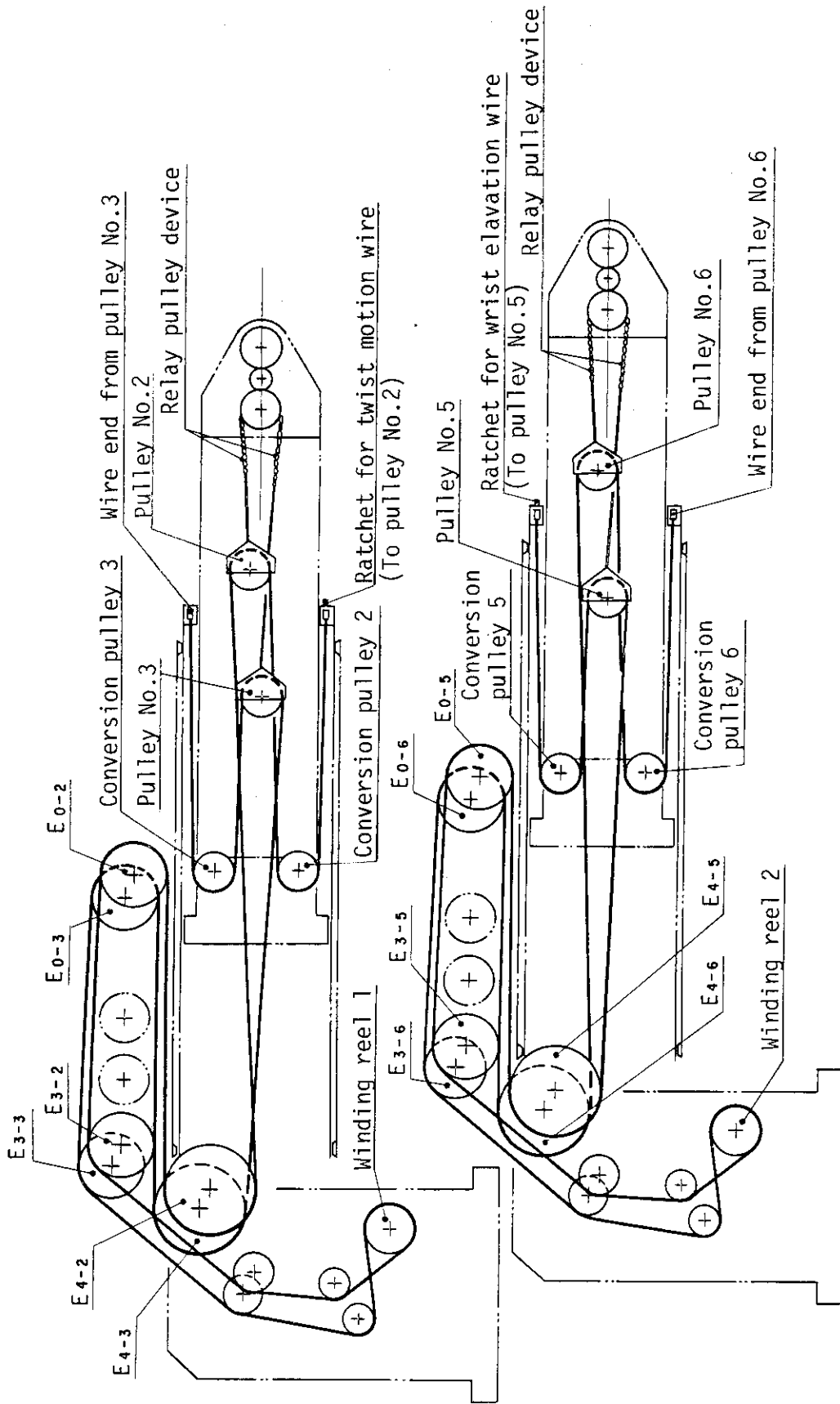


Fig.3.74 Wiring for wrist elevation/twist motion mechanism of slave arm of the type A 100 extended reach manipulator

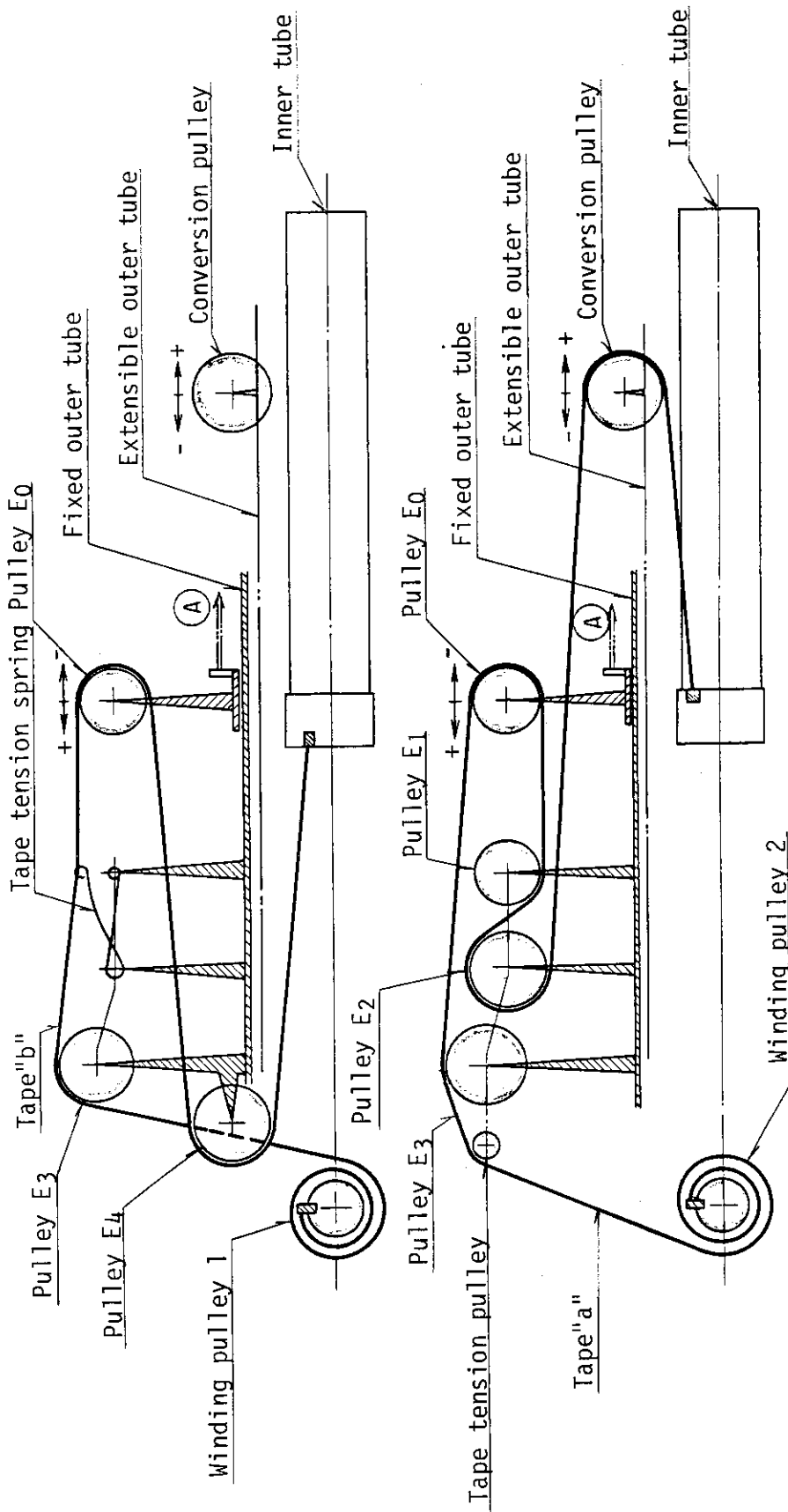


Fig. 3.75 Taping for Z motion transmission mechanism of slave arm of the type A 100 extended reach manipulator

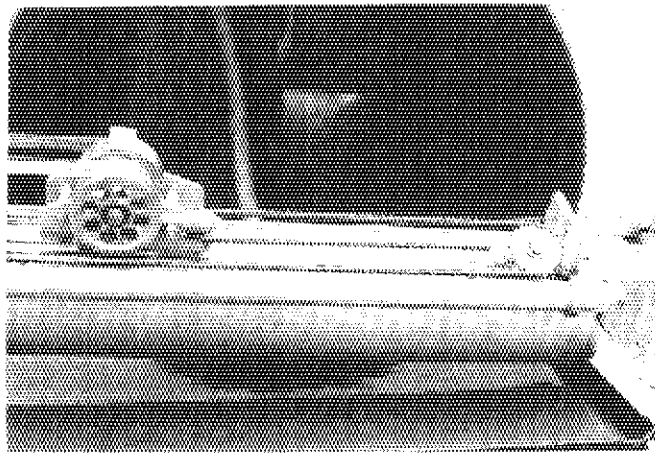


Fig.3.76 Tightened link chain for arm extension

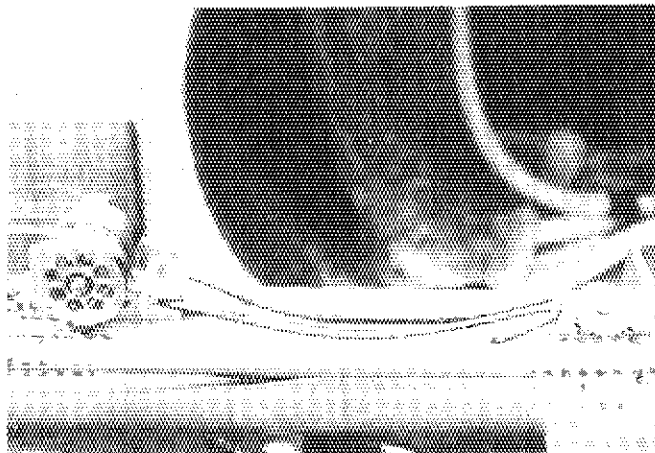


Fig.3.77 Loosened link chain for arm extension

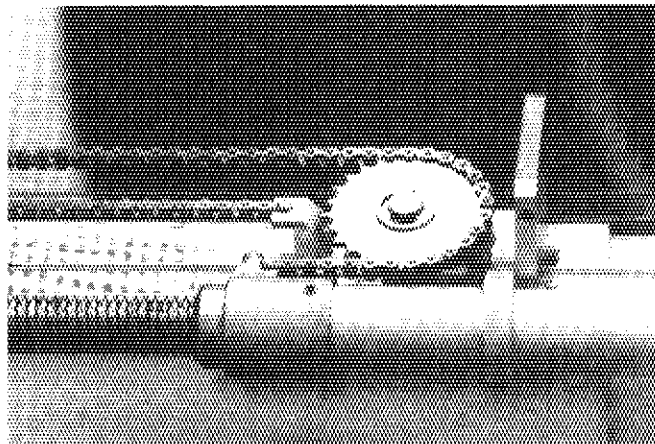


Fig.3.78 Fixed end of link chain for arm extension

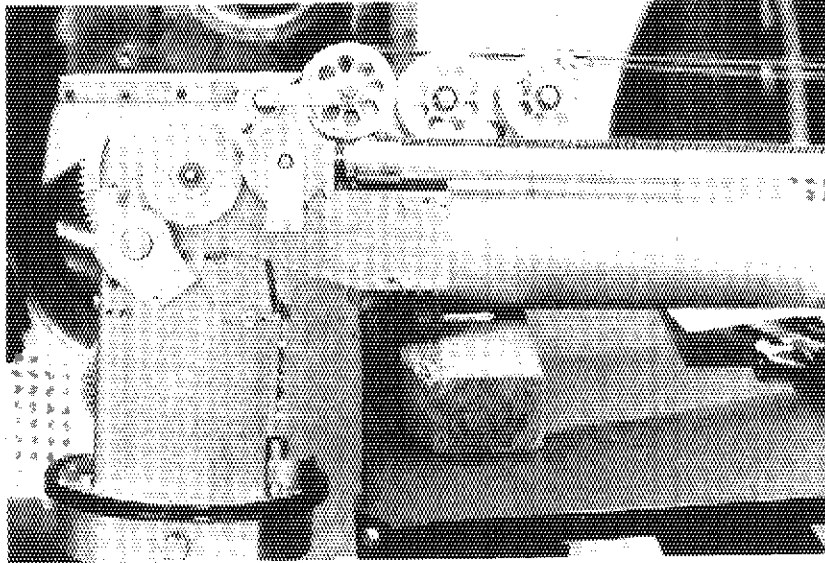


Fig.3.79 Spur gears and shaft for arm extension

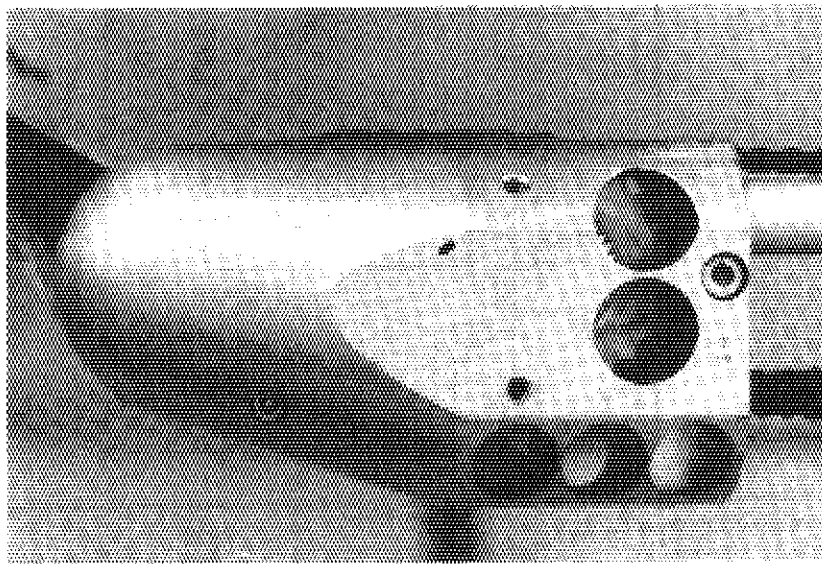


Fig.3.80 Differential gear box disassembled from inner tube bottom end

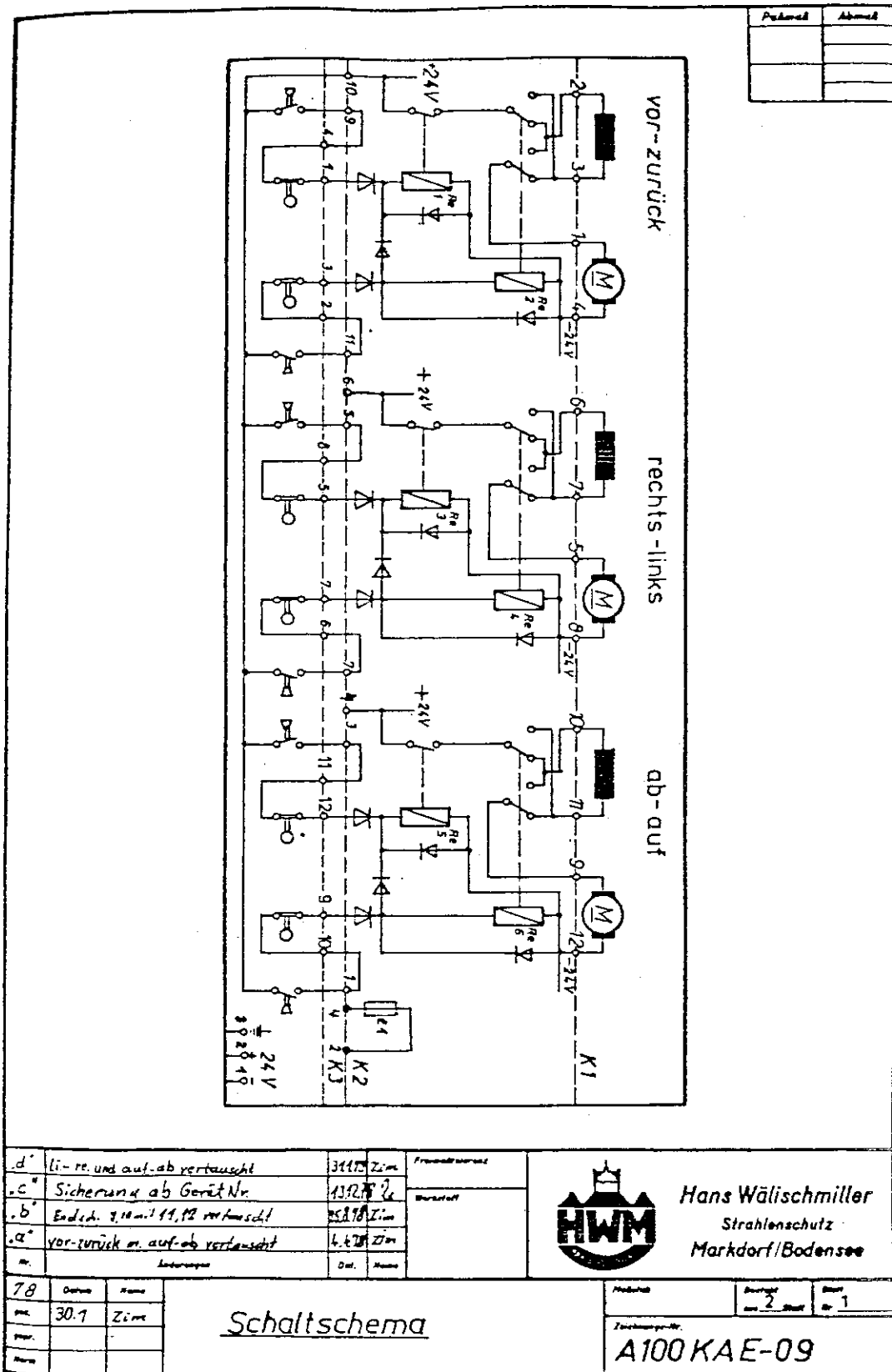


Fig. 3. 81 Electrical control circuit of the type A 100 manipulator

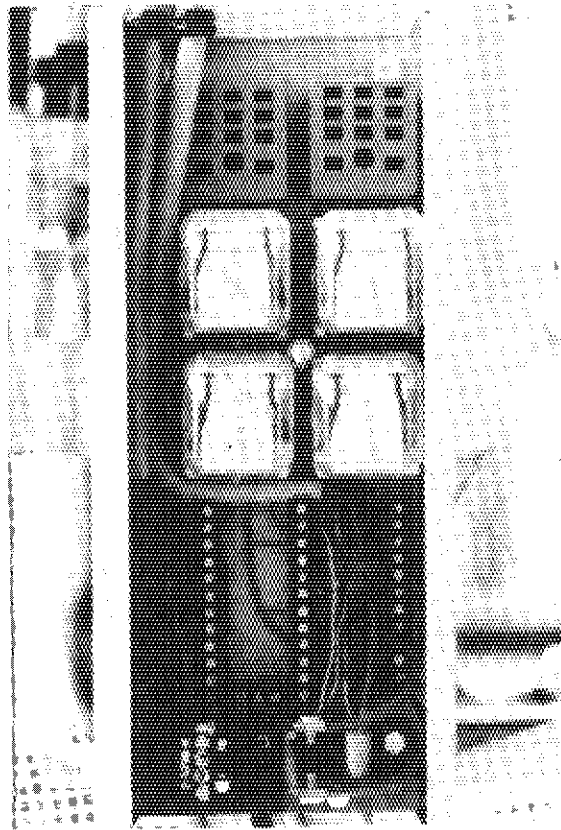


Fig.3.82 Control unit of the type A 100 manipulator

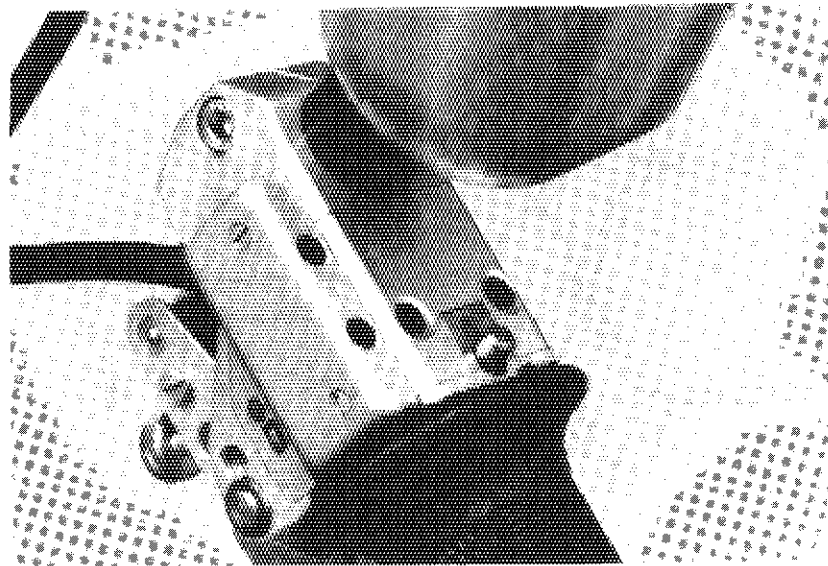


Fig.3.83 Control switches at part of a grip handle of the type A 100 manipulator

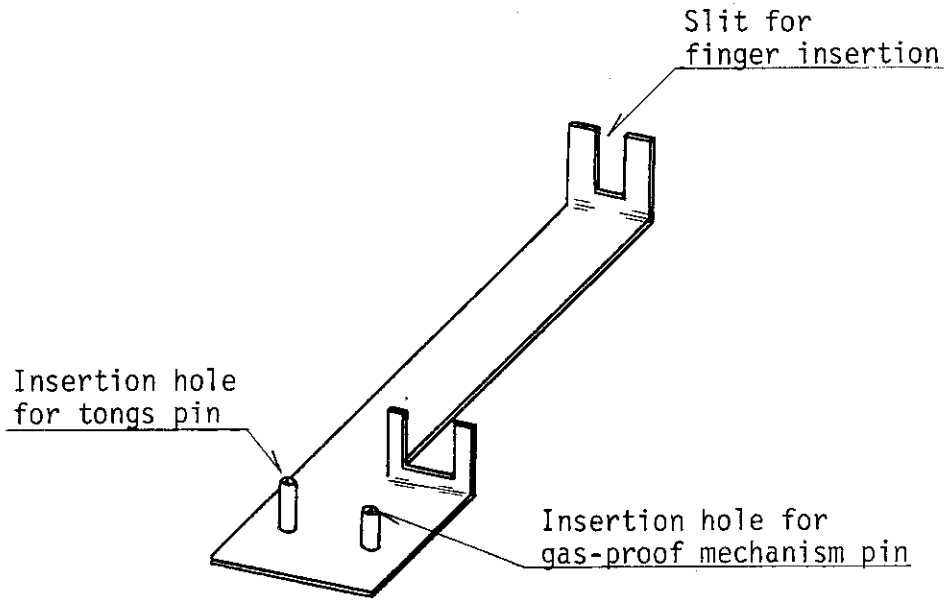


Fig.3.84 Tong exchange device for the type A 15 ball-socket tong manipulator

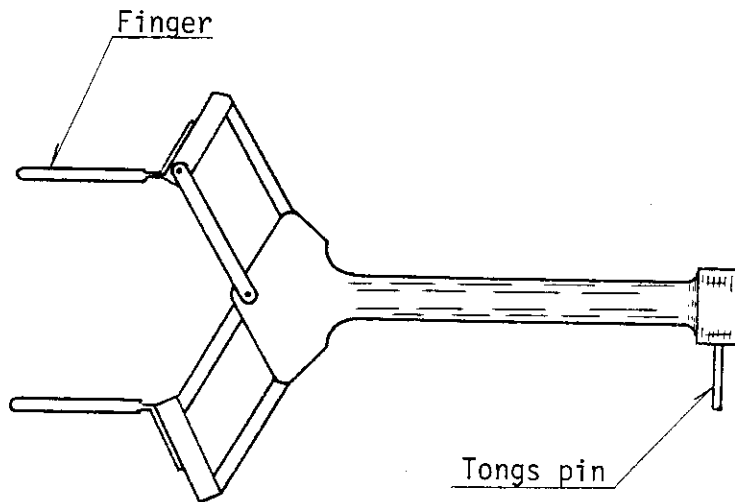


Fig.3.85 Tongs of the type A 15 ball-socket tong manipulator

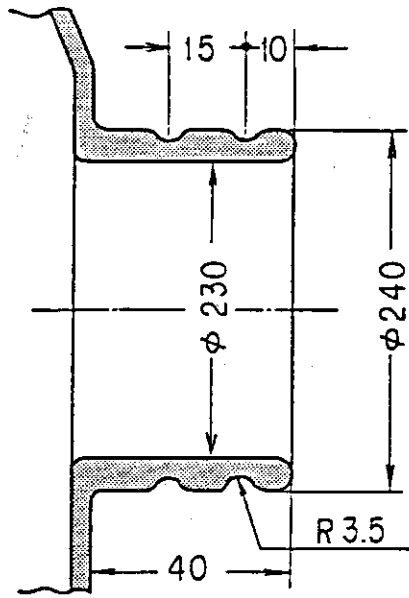
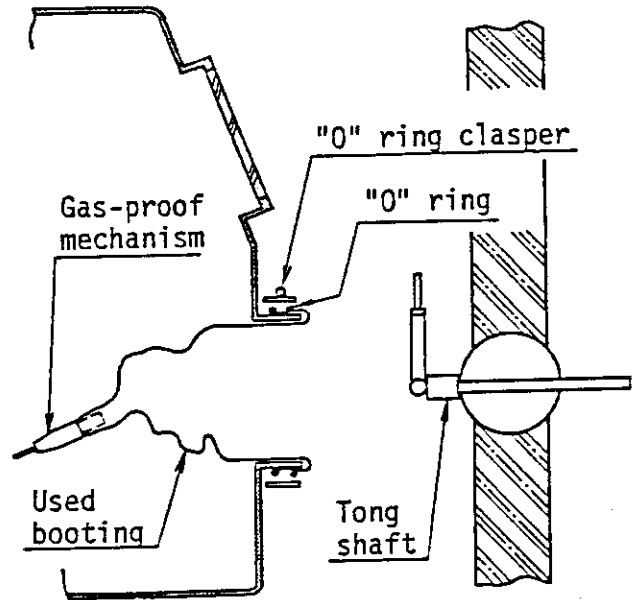
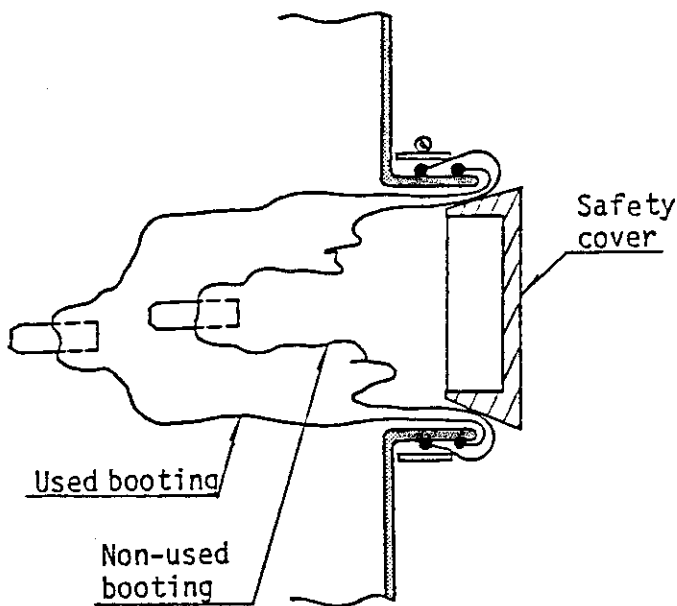


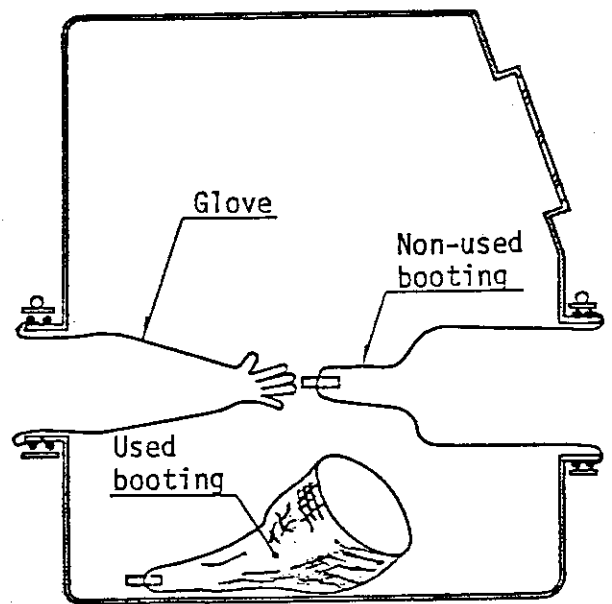
Fig.3.86 Booting port



a) Pre-exchange state of used booting and tong shaft



b) Replacing non-used booting



c) Removing used booting from booting port

Fig.3.87 Exchange procedure of booting(a,b and c)

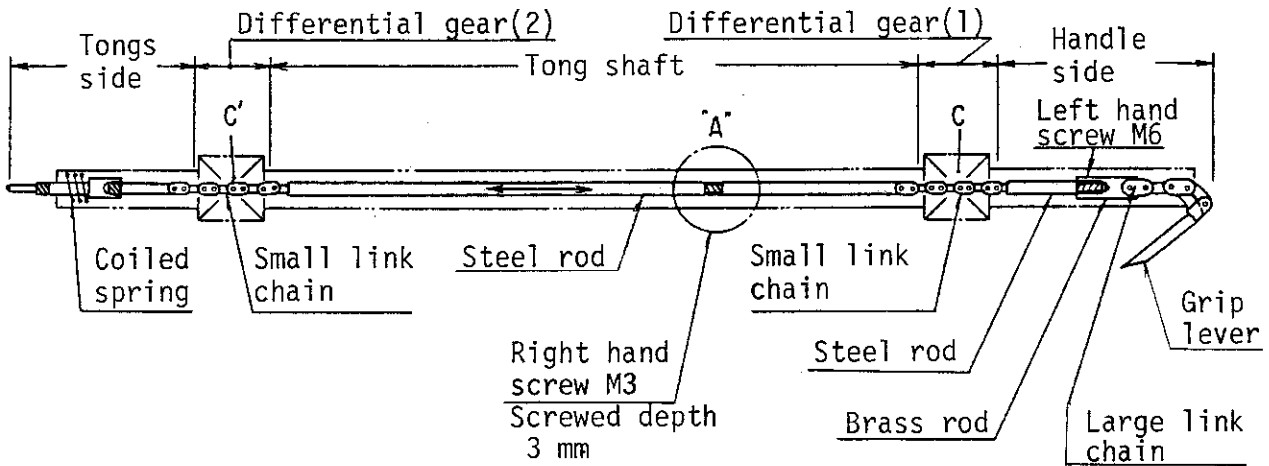


Fig.3.88 Handle grip mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator

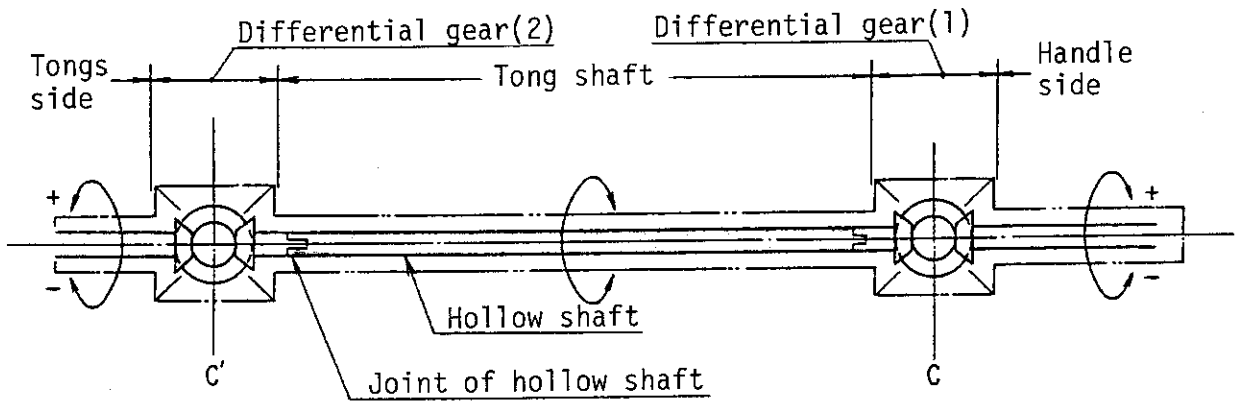


Fig.3.89 Handle rotation mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator

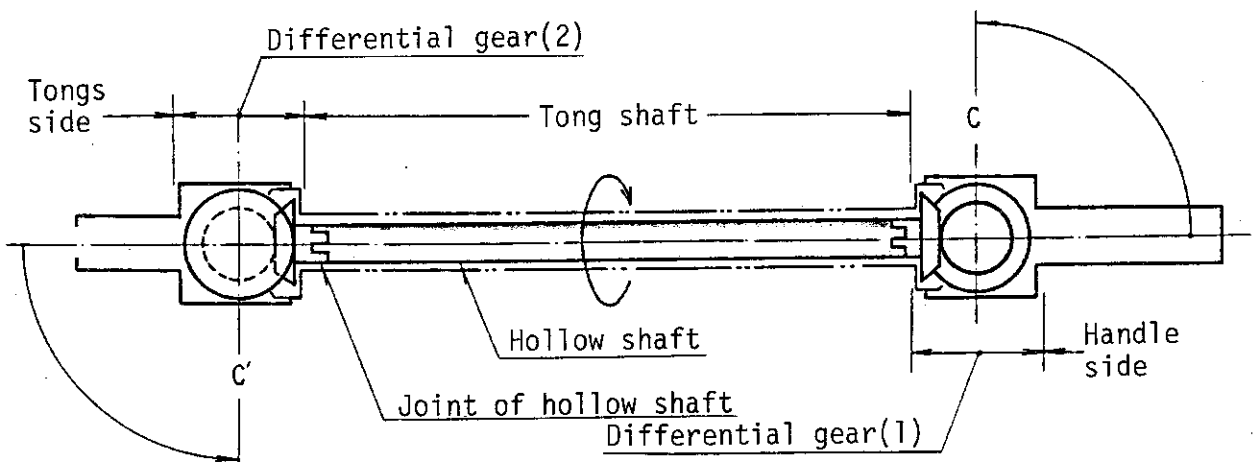


Fig.3.90 Handle inflection mechanism of the type A 15 ball-socket tong manipulator

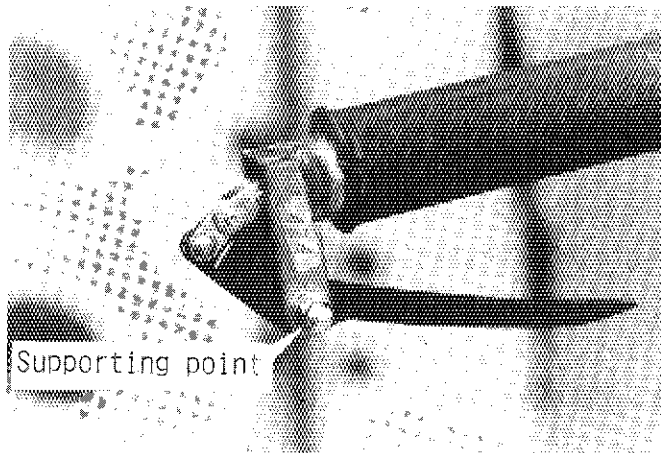


Fig.3.91 Grip lever at the handle side

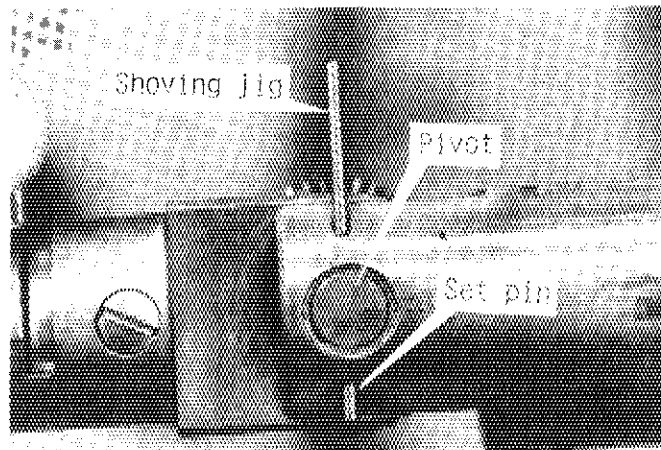


Fig.3.92 Disassembly of pivot and set pin

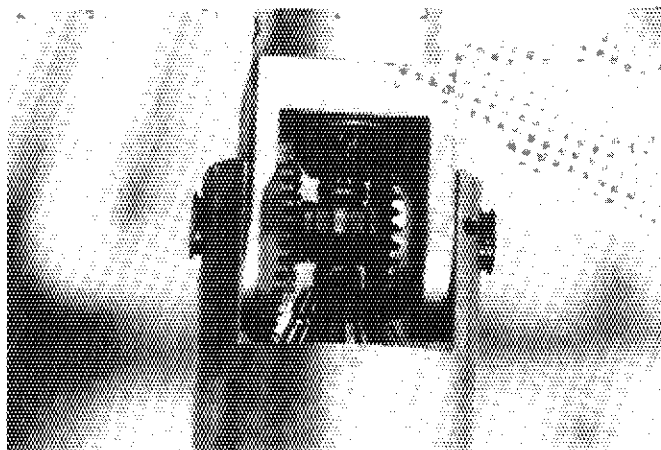


Fig.3.93 Disassembly of differential gear
of tong side

4. 考 察

気密型 HWM マニプレータの原研における使用実績は全くなく、保守技術も未知な状態にあった。燃料試験施設・ $\alpha\gamma$ セルラインでの HWM マニプレータに関する保守技術について調査検討した結果、従来使用されて来た非気密型マニプレータ同様に保守管理が可能であることがわかった。以下に HWM マニプレータの保守技術開発についての考察を行う。

4.1 保守関係の図書、図面などの整備

本マニプレータのメーカー・HWM社から取得している図書は、参考文献6)、付録-1および付録-2とパーツリストがある。これらは通常時の使用、取扱いに関するもので、保守修理に関するものでない。

図面は、筆者が同社において保守技術を修得した際に帰参した25葉と他数葉を保有しているだけであった。これら図面の内容は、保守技術に有用なものが少なく、構造の概略を理解するために最低限必要とするものである。機構および構造の説明に使用した図面がこれらに相当する。

HWM マニプレータの保守技術開発を実施した際に、マニプレータの機構、構造および保守技術などの理解を深めるために前記図面に加筆修正した図は、使用した図面約30葉の半数を数え、燃料試験施設において新たに作成した図は、約50葉、解説用に使用した写真約50コマに達した。本文により詳細な説明を行うとともに、視覚的理解の一助とするため可能な限り平易な図、理解しやすい立体的イラストあるいは、その状況に合致した実物写真などによる説明を多く試みた。

保守技術を確実かつ効率的に、そして熟練した技術を必要としないで実施するためには、マニプレータ各部の具体的な実体把握が最も重要なことであると考え。机上での理解を積み上げ、気密ボックス内の実機に対する保守対策を着実にやっておくことは、 α 放射能に対する安全作業の確保にも結び付くであろう。

4.2 保守関連設備および治工具類の技術開発および整備

$\alpha\gamma$ セルラインは図3.1に示した構成にあって、セルへのA100型マニプレータおよびA15型トングマニプレータを装備するに当って、特にA100型スレーブアームに対するセルラインの保守設備の技術開発が必要であった。これらの技術開発は、以下に示す原則によって進めることとなった。

- ① 保守を要するマニプレータの迅速かつ安全な交換が行えること。
- ② 保守を要するマニプレータのセル内における長時間の放置は回避する。
- ③ $\alpha\gamma$ No.1セルと $\alpha\gamma$ No.2セルの雰囲気異なる場合でも保守が可能であること。
- ④ その他

原則のすべては、A100型マニプレータの特徴である主要部構成が三分割構造になっているこ

とによる。正常状態で設置されているスレーブアームの着脱は、セル操作側の内壁高所（セル床面から上方 3050 mm の位置）における重量物としての昇降作業であり、壁貫通中継要素に対する正確なかつ完全に行える着脱方法で、他のセル構成要因をも満足する必然性があった。着脱操作位置は、通常の作業状態では視野的に完全な死角の範囲にある。

$\alpha \gamma$ No.1 セルではインセルクレーンによる方法、 $\alpha \gamma$ No.2 セルはパワーマニプレータによる方法などの検討の結果、インセルクレーン、パワーマニプレータを補助的手段として使用する固定方式の昇降装置を開発することとした。規定位置に対する正確な遠隔操作の手段は、スレーブアームと対をなす微移動機能を有する特殊吊り込み装置（図 3.2）でこれに対処した。整備段階での確性試験の結果は、初期の目的を充分達成するものであり、前記原則①、②を満足するものであることを示した。原則③は、セル間に異種雰囲気下でも移送出来る移送穴を設置し、セル間移動装置によって解決した。これらの結果も良好なものであった。

セル背面のメンテナンスボックス(1)除染エリアは、スレーブアームの保守エリアとして準用されるが、多数のグローブポート、調整試験用のマスターアームなどの配置は、すべて当初の目的に合致している設備であることを本保守技術開発の過程において証明された。しかし、マニプレータの内部構造、微妙な調整などを正確に把握し、実施するためには、今後ハンドミラーなどの補助具を必要とすることも明らかになった。

当初から予測されたことであるが、保守技術の開発において得られた貴重な成果の一つは、各操作機能の保守に必需な専用の特種治工具にある。これらは、多額の経費を必要とするものでなく、保守作業の状況、状態に適合させた手造り品的なものが多い。本成果においては、10 数種の治工具を開発、整備を行った。但し、使用する状態がグローブである点に留意し、グローブの損傷を防止すること、小部品の取り扱い良好なことなどを考慮するのが最も望ましい。

4.3 保守技術の確立

燃料試験施設ではこれらマニプレータの保守技術を確かなものとするため現地 HWM 社における技術研修を行い、技術者の養成に努めて来た。これらの成果のうち最近の成果⁷⁾について現在取りまとめの段階にあり、時機を得て発表の予定である。こうした事は、マニプレータ本来の各種操作機能に対する機構および構造の関係を深く理解し、掌握する上で非常に有意義であった。更に関連図面、パーツリストなどの情報資料の入手に努めた。これら整備に関する具体的内容は、第 2 章に示した通りである。

第二は、各操作機能の機構および構造の相関性において、保守過程で燃料試験施設のセルおよびメンテナンスボックス等では技術的にどの様に処理しなければならないかである。すなわち、設備と関連した何を、どの位置で、どの様にと云う保守手順は、分解・組立て・調整試験などの一連の行程を効率的に、確実にを行うに際して重要な事柄である。

保守技術の開発における技術的成果についての考察を要約し下記に示す。

a. A 100 型マニプレータについて

- ① A 100 型マニプレータの特徴的構造からスレーブアーム、マスターアームおよび壁貫通中継要素に三分割されるのでそれぞれについての保守は、各々単独に行えることがわかった。

しかし、各々についての保守場所は、それらに適合する場所を選択すべきである。スレーブアームとマスターアームは、壁貫通中継要素を間に介して対をなしているため、主要機構および構造部分の一部共通している所があった。これら部分の保守技術も同様であった。又、標準型とエクステンドリーチ型との間においても一部を除いて共通していた。従って、これらの部分を分析した結果、A 100 標準型スレーブアームについての保守技術が基本となっていてそれぞれのアームに応用又は準用出来た。すなわち、基本的保守技術がこれに相当している。

- ② 各操作機能に対する保守技術において、スレーブアームは気密ボックスのグローブを介した作業となるため保守に要する時間的要素、たとえば補充品のバググインなどがタイミング良く行われねばならない。技術的内容を分析した結果、スレーブアームの技術を主流とした場合マスターアームに、標準型のはエクステンドリーチ型に準用出来る所もあった。しかし、アームの型式、種別によってそれぞれの機能の保守手順が全く同じに成っている訳でない。

各操作機能の保守作業の効率を高めるためには、各々の機能の構造が機構的にどの様に関連しているか熟知することであって、いたずらに保守手順を追っていても良い結果は生まれて来ない。本報告に示した保守手順は、保守の道標とするものである。腕旋回機能は比較的単独に保守出来るが、ハンドねじり／あおり機能、Z軸動作機能、握り機能は、互に密接な関係にあるためすべて分解、組込みを必要とした。

その他、モーションロック機構の使い分け、各操作機能の確実なゼロ位置調整と腕関節機構部のカップリング溝方向の一致は、最終的な相手方アームとの整合性を得るために最も重視される項目の一つであった。

- ③ メーカー・HWM社から入手した資料には、各操作機能ワイヤおよびテープに対する張力の基準値は明記されていない。通常の使用状態にあって設定される張力の差が故障を誘発する大きな要因の一つであると考えられる。そこで、これらについての技術基準の確立を試みた。

正常に機能していた標準型スレーブアーム、エクステンドリーチ型スレーブアームおよびマスターアームを各一台選定し、ワイヤおよびテープ張力を張力計にて計測した結果、下記の様であった。

アームの型式・種別		操作機能	基準張力
標準型	スレーブアーム	腕旋回機能	800 ± 50 g / 20 mm
	マスターアーム		800 ± 50 g / 30 mm
	スレーブアーム	Z軸動作機能	1000 ± 100 g / 20 mm
	マスターアーム		
エクステンドリーチ型 スレーブアーム		腕旋回機能	800 ± 50 g / 30 mm
		ねじり／あおり機能	1000 ± 50 g / 30 mm
		Z軸動作機能	1200 ± 100 g / 20 mm

標準型のスレーブアーム、マスターアームおよびエクステンドリーチ型マスターアームのハンドねじり／あおり機能の張力設定では、これらアームの構造的要因のため張力計による明確な基準化が不可能であった。今後、これらワイヤ張力設定方法における基準確立のための技術的検討を要する。エクステンドリーチ型スレーブアームのワイヤおよびテープ張力設定においては、エクステンド機構との関係を熟慮し、慎重な張力設定の手順を踏む必要があることがわかった。

- ④ 壁貫通中継要素の保守は、技術的には可能であったが、今後放射線作業上多くの問題を含むものであった。これらの点に関する保守設備との技術開発が強く望まれる所である。

b. A 15型トングマニプレータについて

A 15型トングマニプレータも機能的、構造的に大きな特徴を有し、従来機種と比較した場合複雑な構造であった。 α γ 鉛セルはインナーボックスによって気密を保持し、 α 放射能の封じ込め系を形成するセル構造であるため、トングマニプレータも同じ事が要求される。HWM A 15型トングマニプレータは、トングブーツによって、インナーボックスに対する気密維持を行い、トング爪先、トング軸がブーツ先端の気密機構に接続され、これらの複雑な相対的接続操作は、トング爪先の開き寸法に影響をおよぼし、試料の取扱いにおいても不安全的状態を生じさせることが予想され、正確かつ確実な接続を行う必要がある。

取扱い上の日常点検についても示したがこれらのことは、意外に忘れがちな事が多い。特にブーツに対して傷を与える様な乱暴な使い方は絶対に避けるべきである。

5. ま と め

燃料試験施設の α γ セルおよび α γ 鉛セルに装備された西ドイツ、HWM社製A 100型マスター／スレーブマニプレータおよびA 15型ボールソケットトングマニプレータの α 放射能封じ込め系内での保守技術について調査検討し、保守技術の一連の開発を行った。

この結果、次の事が明らかになった。

- (1) α γ セルラインのマニプレータ保守関連設備；メンテナンスボックス(1)、スレーブアーム吊込み装置およびセル間移動装置などは、HWM社製A 100型スレーブアームの保守修理を実施するに当って所期機能を満足し、 α 放射能に対する封じ込め系での作業の安全を確保できることが確認された。
- (2) HWMマニプレータの保守に当っては、これらマニプレータの各機能の機構および構造などを熟知した上で保守作業前の諸準備をきめ細かに実施しておかねばならない。特にA 100型マスター／スレーブマニプレータにおいては、メンテナンスボックス(1)除染エリアのグローブを介した作業性、限定された視野での作業性などに留意し、今後とも保守技術の検討を進めて行く必要がある。
- (3) HWM社製A 100型マスター／スレーブマニプレータの基本的保守技術の明解な把握が出来、各操作機能に対する保守技術についても詳細に確立することが出来た。このマニプレータの

標準型のスレーブアーム、マスターアームおよびエクステンドリーチ型マスターアームのハンドねじり／あおり機能の張力設定では、これらアームの構造的要因のため張力計による明確な基準化が不可能であった。今後、これらワイヤ張力設定方法における基準確立のための技術的検討を要する。エクステンドリーチ型スレーブアームのワイヤおよびテープ張力設定においては、エクステンド機構との関係を熟慮し、慎重な張力設定の手順を踏む必要があることがわかった。

- ④ 壁貫通中継要素の保守は、技術的には可能であったが、今後放射線作業上多くの問題を含むものであった。これらの点に関する保守設備との技術開発が強く望まれる所である。

b. A 15型トングマニプレータについて

A 15型トングマニプレータも機能的、構造的に大きな特徴を有し、従来機種と比較した場合複雑な構造であった。 α γ 鉛セルはインナーボックスによって気密を保持し、 α 放射能の封じ込め系を形成するセル構造であるため、トングマニプレータも同じ事が要求される。HWM A 15型トングマニプレータは、トングブーツによって、インナーボックスに対する気密維持を行い、トング爪先、トング軸がブーツ先端の気密機構に接続され、これらの複雑な相対的接続操作は、トング爪先の開き寸法に影響をおよぼし、試料の取扱いにおいても不安全的状態を生じさせることが予想され、正確かつ確実な接続を行う必要がある。

取扱い上の日常点検についても示したがこれらのことは、意外に忘れがちな事が多い。特にブーツに対して傷を与える様な乱暴な使い方は絶対に避けるべきである。

5. ま と め

燃料試験施設の α γ セルおよび α γ 鉛セルに装備された西ドイツ、HWM社製A 100型マスター／スレーブマニプレータおよびA 15型ボールソケットトングマニプレータの α 放射能封じ込め系内での保守技術について調査検討し、保守技術の一連の開発を行った。

この結果、次の事が明らかになった。

- (1) α γ セルラインのマニプレータ保守関連設備；メンテナンスボックス(1)、スレーブアーム吊込み装置およびセル間移動装置などは、HWM社製A 100型スレーブアームの保守修理を実施するに当って所期機能を満足し、 α 放射能に対する封じ込め系での作業の安全を確保できることが確認された。
- (2) HWMマニプレータの保守に当っては、これらマニプレータの各機能の機構および構造などを熟知した上で保守作業前の諸準備をきめ細かに実施しておかねばならない。特にA 100型マスター／スレーブマニプレータにおいては、メンテナンスボックス(1)除染エリアのグローブを介した作業性、限定された視野での作業性などに留意し、今後とも保守技術の検討を進めて行く必要がある。
- (3) HWM社製A 100型マスター／スレーブマニプレータの基本的保守技術の明解な把握が出来、各操作機能に対する保守技術についても詳細に確立することが出来た。このマニプレータの

保守においては、目的とする操作機能の保守技術だけでなくすべての操作機能についても分解、組込みが要求され、その手順を確実に消化して行かねばならない。一方、各種アームの相互には共通した事が多く、応用又は準用出来る保守技術の把握、ワイヤおよびテープの張力設定における技術基準の確立を図った。

- (4) 同 A 15 型 トング マニプレータ の 取 扱 い 方 法 ， ト ン グ ブ ー ツ の 交 換 お よ び 各 機 能 の 保 守 技 術 を 解 明 す る こ と が 出 来 た 。
- (5) 保守体制の確立および保守治工具などは、今後更に改善を実施して行く必要がある。

以上、 α γ セルラインにおける照射後試験を円滑に遂行するためには、これらマニプレータの保守に係わる障害の問題点を一つでも多く消去し、解決して更に保守技量の向上を図って行く必要がある。

6. あ と が き

近年、我が国においては α γ 放射性物質の各種試験研究施設の増加が目覚ましい。これらの施設では遠隔操作機器として必ずマニプレータが使用されている。HWM社からの最近の情報によれば、日本国内のHWM社製マニプレータの使用実績台数は百数十台におよぶとのことである。しかしながら、このマニプレータの詳細な保守技術に関する資料は、メーカーのHWM社から刊行されていない。ましてや国内においてこれに相当する資料は見当たらない様である。

又、他の型式のマニプレータに関する現況から、マニプレータを使用している各施設内でその保守技術は、口伝的に伝承されているのが実情である。

この様な背景のもとに作成した本報告が、燃料試験施設 α γ セルラインのみならず、国内のHWM社製マニプレータを使用している施設において有益に利用されれば幸いである。

おわりに、HWMマニプレータの保守技術開発を行うにあたって関係図面などの提供およびこれら図面の本報告への掲載を快諾下されたHWM社長、Hans Wälischmiller氏並びに西ドイツ滞在中にご指導いただいた同社の関係各位に心より感謝の意を表します。また、HWM社における保守技術の修得に際してご指導下され、本保守技術開発の過程および本稿をまとめるにあたって多くのご助言を与えて下さった実用燃料試験室の上司の方々および燃料試験課の各位に深く感謝いたします。

保守においては、目的とする操作機能の保守技術だけでなくすべての操作機能についても分解、組込みが要求され、その手順を確実に消化して行かねばならない。一方、各種アームの相互には共通した事が多く、応用又は準用出来る保守技術の把握、ワイヤおよびテープの張力設定における技術基準の確立を図った。

- (4) 同 A 15 型トングマニプレータの取扱い方法、トングブーツの交換および各機能の保守技術を解明することが出来た。
- (5) 保守体制の確立および保守治工具などは、今後更に改善を実施して行く必要がある。

以上、 α γ セルラインにおける照射後試験を円滑に遂行するためには、これらマニプレータの保守に係わる障害の問題点を一つでも多く消去し、解決して更に保守技量の向上を図って行く必要がある。

6. あとがき

近年、我が国においては α γ 放射性物質の各種試験研究施設の増加が目覚ましい。これらの施設では遠隔操作機器として必ずマニプレータが使用されている。HWM社からの最近の情報によれば、日本国内のHWM社製マニプレータの使用実績台数は百数十台におよぶとのことである。しかしながら、このマニプレータの詳細な保守技術に関する資料は、メーカーのHWM社から刊行されていない。ましてや国内においてこれに相当する資料は見当たらない様である。

又、他の型式のマニプレータに関する現況から、マニプレータを使用している各施設内でその保守技術は、口伝的に伝承されているのが実情である。

この様な背景のもとに作成した本報告が、燃料試験施設 α γ セルラインのみならず、国内のHWM社製マニプレータを使用している施設において有益に利用されれば幸いである。

おわりに、HWMマニプレータの保守技術開発を行うにあたって関係図面などの提供およびこれら図面の本報告への掲載を快諾下されたHWM社長、Hans Wälischmiller氏並びに西ドイツ滞在中にご指導いただいた同社の関係各位に心より感謝の意を表します。また、HWM社における保守技術の修得に際してご指導下され、本保守技術開発の過程および本稿をまとめるにあたって多くのご助言を与えて下さった実用燃料試験室の上司の方々および燃料試験課の各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 松本：原子力工業，第25巻，第3号（1979）“燃料試験施設の建設”
- 2) 松本，他：原子力学会誌，Vol. 21，No. 12（1979）
“わが国における照射後試験施設の現状（Ⅱ）”
- 3) T. MATSUMOTO：BNS conf. on Post-Irradiation Examination，in London，
Nov. 9~13，1980，“The Comprehensive Post-Irradiation Examination of
Power Fuels and Core Component Materials”
- 4) K. IWAMOTO，et al.：IAEA Specialists' Meeting on Examination of
Fuel Assembly of Water Cooled Power Reactors，in Tokyo，Nov. 9~13，
1981，“Post-Irradiation of Power Reactor Fuels at the Reactor Fuel
Examination Facility in JAERI Tokai”
- 5) A. SAKAKURA，et al.：ANS 1982 Winter Meeting on Remote Systems
Technology，in Washington D.C. U.S.A.，Nov. 14~18，1982，“Post-
Irradiation Examination Facility of JAERI for Power Reactor Fuels”
- 6) Hans Wälischmiller GmbH 刊，“OPERATING INSTRUCTIONS for Parallel
Manipulators HWM A 100”
- 7) 寺門：“アルファガンマセル用マニプレータの保守技術に関する報告（外国出張報告）”，
未発表

Upon first installation, please take care that middle/edged screws on the master handle is completely opened. The pins and slots of the shaft coupling on the cold and the hot arm have to be in vertical position on the through-wall assembly when the arm is coupled.

With the above arrangement, the tongs were not completely opened then the coupling in the upper part of the joint has to be turned left until the tongs are completely open, and then again turned until the coupling is in vertical position.

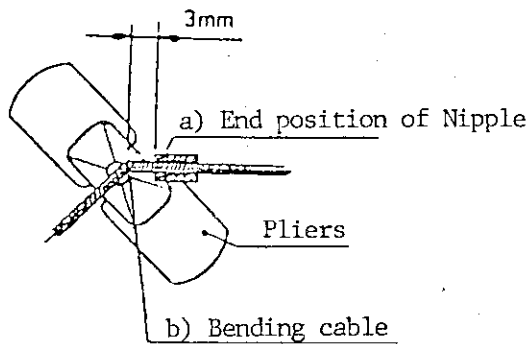
HWM M/S manipulator A100 How to adjust tong opening 90 mm	Retype in Japan	Hans Wältschmiller Strahlschutz Markdorf / Bodensee
--	--------------------	---

When using the booting the lateral socket head cap screws for the load-hook have to be removed at the slave hand gear box. This load-hook and therefore the socket head cap screws may only be used when the slave arm are lifted up to the receiving hook of through-wall assembly.

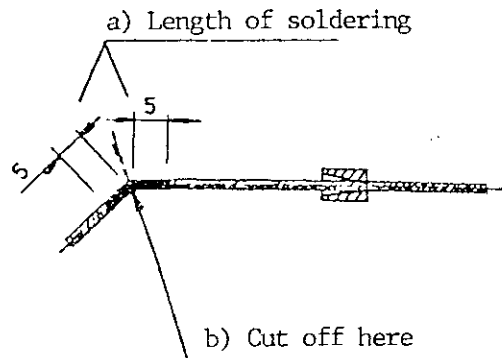
When using the bootings we recommend our load-hooks.

HWM M/S manipulator A100 How to exchange Bootings	Retype in Japan	Hans Wälischmiller Strahlenschutz Markdorf / Bodensee
--	--------------------	---

1. Marking length

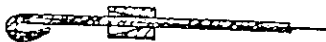


2. Soldering and cutting off

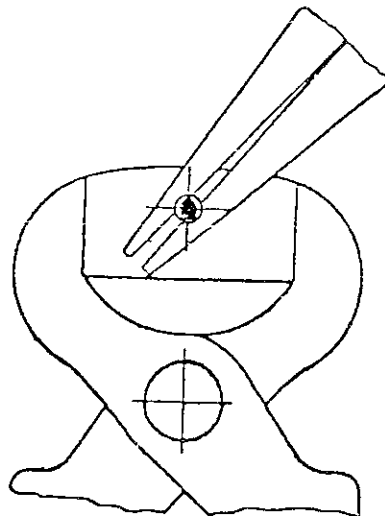
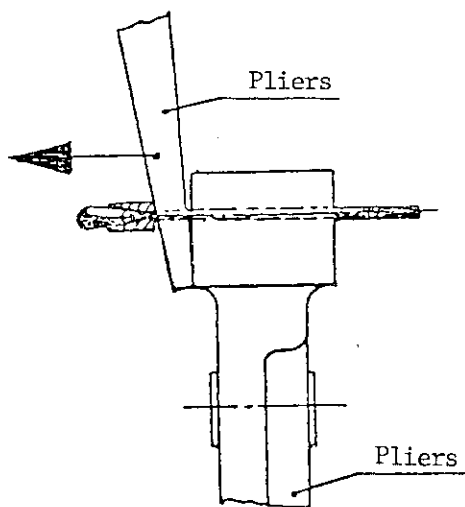


3. Bending cable

- a) Flatten soldered joint at tip
- b) Bending soldered joint and insert looped end of cable into the opening of the nipple as far as possible.



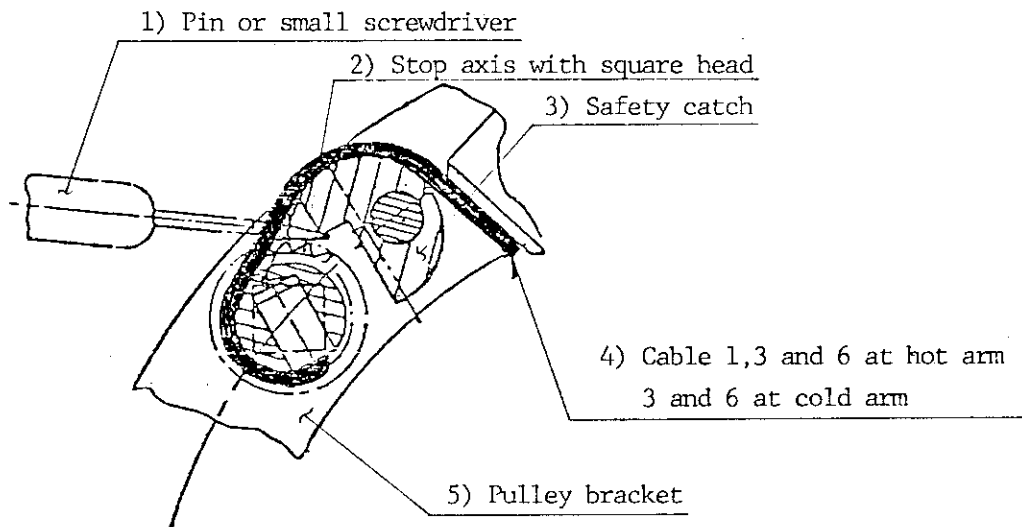
4. Insert cable in nipple



Instructions for inserting the cable into the nipple

A100 M-07

Hans Wälischmiller
Strahlenschutz
Markdorf / Bodensee



Tension cable; Turn stop axis left with openend wrench.
Loosen cable ; Lift safety catch Item 3 with Item 4.

Note;

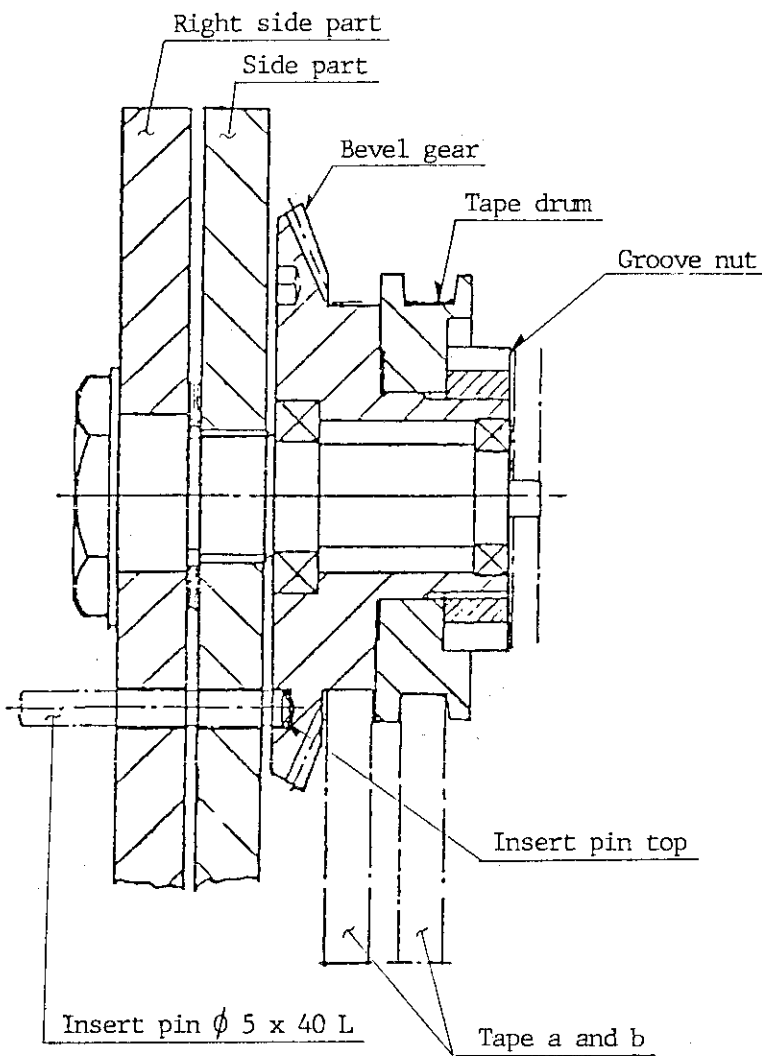
Slave arm; Cables 2,5 and 7 are tensioned by tensioning the cables 1,3 and 6.

Master arm; Cable 2 and 5 are tensioned in the same way as those at the Slave arm. Cable 1 and 7 are tensioned by readinsting the turn-buckle swirel.

Tensioning of cables

A100 H-08

Hans Wälischmiller
Strahlenschutz
Markdorf / Bodensee



Tensioning tape;

- 1) Insert pin $\phi 5 \times 40 L$
- 2) Loosen groove nut
- 3) Disengage tape drum in the direction of groove nut
- 4) Tension tape
- 5) Engage tape drum
- 6) Tighten groove nut

Tensioning of Tapes a + b

A100 M-09

Hans Wälischmiller
Strahlenschutz
Markdorf / Bodensee

1. Please push one pin each (Diameter 2mm and about 35 L) through the Chain Links so that the chain can neither twist nor change in length. (On the drawing, A15-H01 you will find the respective points approximately coinciding with the spots where item 6 and 23 lines are crossing the chain.)
2. Loosen the counter-nut item 3 on the hand and tong side respectively and unscrew the rod item 14 from item 2. With that operation, the thread will unscrew from shaft item 12 at the same time thus handle and tong joint respectively are separated from the shaft and said shaft can be introduced into the shield sphere.
3. Assembly to be arranged vice versa.

HWM Tong manipulator A15 Instruction How to disassemble and assemble Tong	Retype in Japan	Hans Walischmiller Strahlenschutz Markdorf / Bodensee
--	--------------------	---

- 1a. Introduce closed tong into changing device and unscrew by turning handle to the left.
- b. Introduce seal into changing device and unscrew by turning relaxed handle to the left.
2. Pull out manipulator from spherical joint.
3. Put new booting into booting port and insert a seal cap on the booting port.
4. Loosen clamping ring and remove clamping ring and old O ring.
5. Put new O ring and clamping ring, then lock clamping ring.
6. Remove the seal cap on the booting port.
7. Push through new booting towards the inside after push out old booting.

HWM Tong manipulator A15 Instruction
How to change Booting

Retype in
Japan

Hans Wälischmiller
Strahlenschutz
Markdorf / Bodensee

Maker advice that Dia. of hole was 19.15 mm
and not 19 mm so using Tong manipulator of 19.10 mm
should be no problem.

But any how material inside is Bass so not problem
for enlarging if necessary.

Insert hole size of the ball-socket for Tong manipulator	Retype in Japan	Gravena Atom / GBM
---	--------------------	--------------------------