

出國報告 (出國類別：實習)

鍋爐飼水泵之設計、製造、測試、 運轉及維護訓練

服務機關：台灣電力股份有限公司

核能火力發電工程處

姓名職稱：林盟章 / 輔機課長

邱俊賢 / 汽機審核專員

派赴國家：日本

出國期間：106年10月17日至106年10月30日

報告日期：106年12月11日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：鍋爐飼水泵之設計、製造、測試、運轉及維護訓練

頁數 97 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力股份有限公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林盟章/台灣電力股份有限公司/核火工處/輔機課長/(02)2366-9567

邱俊賢/台灣電力股份有限公司/核火工處/汽機審核專員/(02)2366-9562

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：106/10/17~106/10/30 出國地區：日本

報告日期：106/12/11

分類號/目

關鍵詞：鍋爐飼水泵、軸向推力、可動式葉片、運轉維護

內容摘要：(二百至三百字)

大林電廠更新改建計畫為 2 部 80 萬瓩高效率超超臨界發電機組，超超臨界機組之優劣及其可靠性之高低對電廠安全運轉、營運成本及日後保養費用節省之影響甚鉅，其飼水壓力遠高於以往次臨界機組，為能使參與設計審查、施工、運轉及維護人員熟悉設備之設計、操作運轉、安裝維修及對最新技術之瞭解，職奉派前往設計製造廠家接受專業技術訓練，並吸收實際經驗。

本次實習課程為「鍋爐飼水泵之設計、製造、測試、運轉及維護訓練」，起訖期間為 106 年 10 月 17 日至 106 年 10 月 30 日，由日本 Toshiba 公司安排至鍋爐飼水泵廠家 EBARA 研習，除課堂講授外，並實際於教學工廠內進行泵浦拆解、檢查、組裝之訓練。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、 研習目的與過程.....	1
一、 目的.....	1
二、 過程.....	1
貳、 研習內容.....	3
一、 鍋爐飼水泵.....	3
(一) 大林電廠更新改建計畫飼水系統簡介.....	3
(二) 鍋爐飼水泵規格、構造及運轉.....	6
(三) 軸向推力及平衡.....	13
(四) 拆解/組裝程序.....	16
二、 立式海水泵.....	44
(一) 結構/型式.....	44
(二) 泵浦水坑設計.....	47
(三) 可動式葉片.....	47
(四) 拆解/組裝程序.....	50
參、 研習心得與建議事項.....	86
肆、 參考文獻.....	89
伍、 附件.....	90

壹、 研習目的與過程

一、 目的

大林電廠更新改建計畫之超超臨界壓力機組，每部機組配置二台 65%MCR 容量之汽輪機驅動飼水泵及一台 35%MCR 容量以定速馬達驅動配合可調速流聯軸器之飼水泵，此馬達驅動飼水泵用於起機階段，正常運轉時則使用二台汽輪機驅動飼水泵。鍋爐飼水泵係爐水蒸汽循環系統壓力之重要設備，可謂蒸汽動力循環之心臟，此設備將影響系統運轉的可靠度、運轉效率、興建維修成本等。

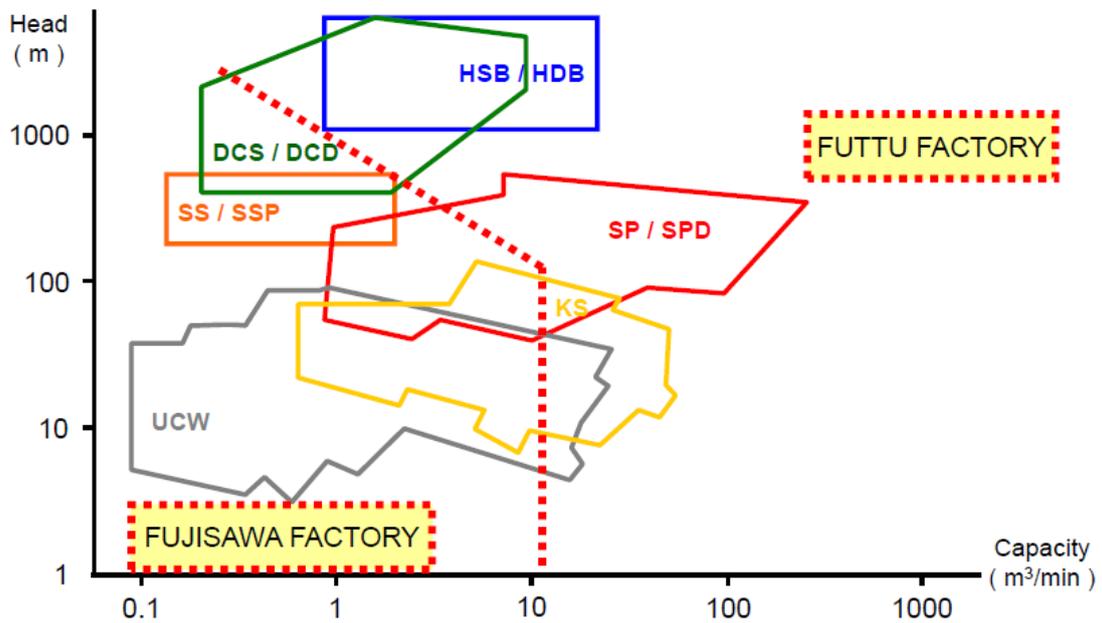
為熟悉廠家對超臨界機組鍋爐飼水泵規劃之設計理念及材料選擇基準，提昇對設計規劃之了解度，並熟悉設備之設計、操作運轉、安裝維修及對最新技術之瞭解，故奉派赴廠家實習進行「鍋爐飼水泵之設計、製造、測試、運轉及維護訓練」，吸收實際經驗，充份瞭解其性能特性及熟悉廠商研發中和已運轉之最新設計組裝維護技術。

二、 過程

由日本 Toshiba 公司安排至鍋爐飼水泵廠家 EBARA 研習，其實習地點為泵浦廠家 EBARA 位於日本千葉縣富津市(Futtsu City)之泵浦製造工廠，於課堂教授外，並實際於教學工廠內進行泵浦拆解、檢查、組裝之訓練，除鍋爐飼水泵外，EBARA 公司亦安排電廠內常用立式海水泵及水平離心泵之訓練，此次實習主要著重於實際操作泵浦拆解、檢查、組裝之訓練。基於遵守 EBARA 公司之相關規定及尊重廠家之智慧財產權益，本次實習過程，我方人員不得拍照，除非徵得該公司相關人員之同意。



EBARA 公司提供了泵浦性能及設備型式代號對照圖，該圖呈現該公司所生產的泵浦於各種水頭及容量下之適用泵浦型式代號，可以讓使用者在各式各樣的泵浦中，快速找到適用的泵浦型式代號，根據所找到的泵浦型式代號，再去細找及比較出適用的泵浦設備。



EBARA 公司泵浦性能及設備型式代號對照圖

本次實習起訖日期及實習內容簡述如下表。

起訖日期	課程內容
106 年 10 月 18 日	Outline lecture for high pressure pump & large size pump Overhaul lecture
106 年 10 月 19 日	Inspection lecture for large size pump Practical training : Vertical pump disassembling
106 年 10 月 20 日	Practical training : Vertical pump Inspection
106 年 10 月 23 日	Practical training : Vertical pump assembling
106 年 10 月 24 日	Inspection lecture for high pressure pump Practical training : Double case multistage pump disassembling
106 年 10 月 25 日	Practical training : Double case multistage pump Inspection
106 年 10 月 26 日	Practical training : Double case multistage pump assembling
106 年 10 月 27 日	Practical training : Double suction horizontal pump disassembling & assembling
106 年 10 月 30 日	Q&A, Summarize, Final check test

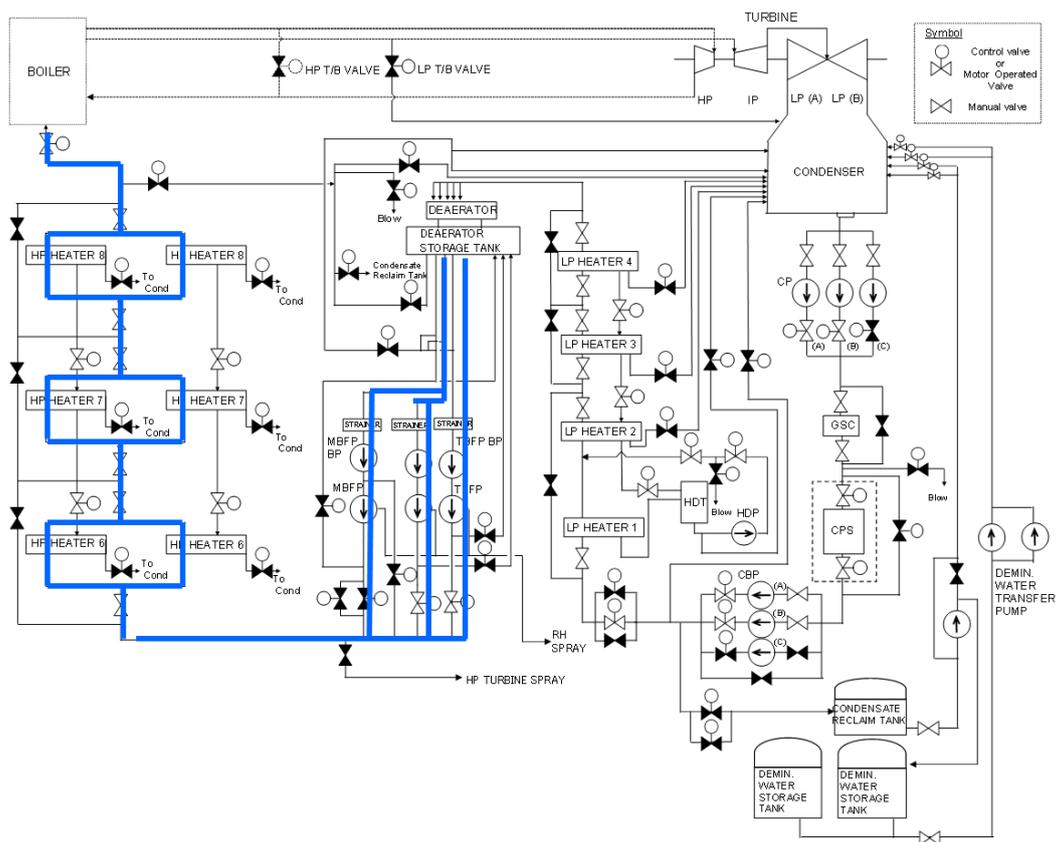
貳、 研習內容

一、鍋爐飼水泵

(一) 大林電廠更新改建計畫飼水系統簡介

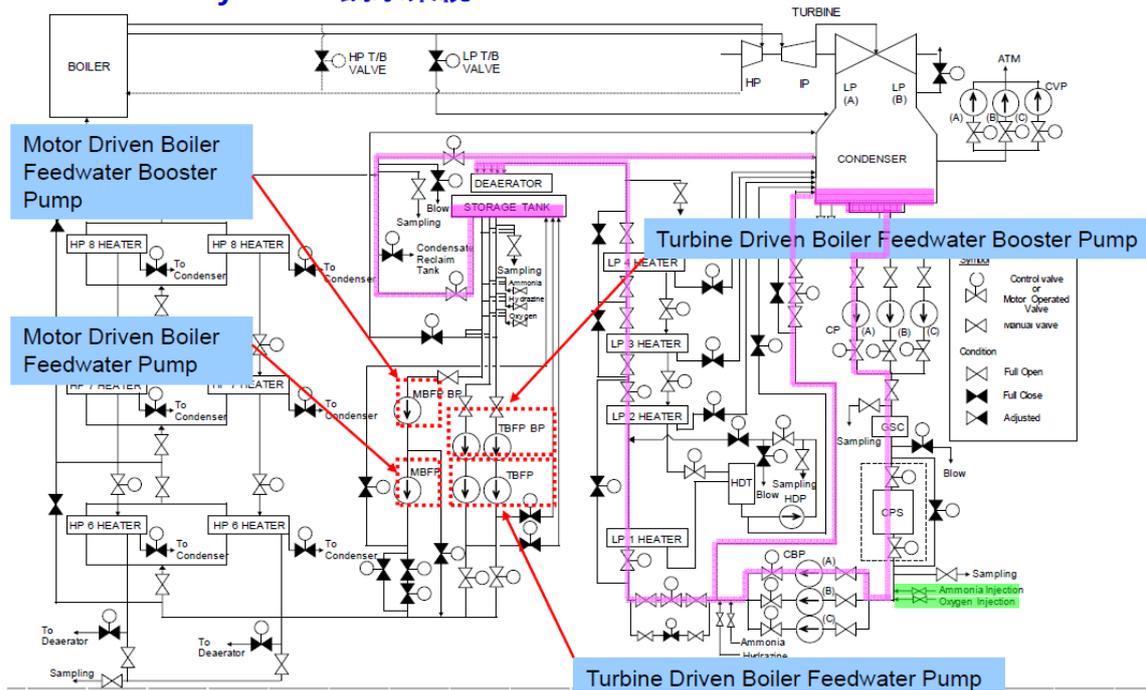
汽力發電機組之飼水系統是指由除氧器飼水儲槽(Deaerator Storage Tank)到鍋爐入口之間，圖一藍色線部分(粗線)所示為大林電廠更新改建計畫之飼水系統

管路圖，鍋爐飼水泵為飼水系統的主要組成設備，當中還包含增壓泵及高壓加熱器(第六、七、八號加熱器)。由圖可知，本計畫之飼水系統是由包含除氧器飼水儲槽及之後的 3 條管路組成；分別為一、1 條以馬達機驅動鍋爐飼水泵(Motor Driven Boiler Feedwater Pump ,M-BFP)及馬達驅動增壓泵(M-BFP-BP)所組成之具 35%輸送能力之飼水系統，通常用於發電機組起動時之高壓飼水輸送。以及二、2 條由汽輪機驅動鍋爐飼水泵(Turbine Driven Boiler Feedwater Pump, T-BFP)及汽輪機驅動增壓泵(T-BFP-BP)所組成之具 65%輸送能力之飼水系統，用於發電機組升載及中、高載運轉。圖二為本計畫飼水系統之鍋爐飼水泵配置圖，表一為本計畫飼水系統設備配置一覽表。



圖一、大林電廠更新改建計畫飼水系統圖(藍色線部分)

Feedwater System 飼水系統



圖二、大林電廠更新改建計畫飼水系統之鍋爐飼水泵配置圖

表一、大林電廠更新改建計畫飼水系統設備配置一覽表

Equipment	Qty x Capacity	Remarks
T-BFP	2 x 65 %	Directly coupled with BFPT
T-BFP-BP	1 for each TBFP	Coupled through reducing gear
M-BFP	1 x 35%	Coupled with Motor through Fluid coupling
M-BFP-BP	1 x 35% MBFP	Directly coupled with M-BFP-BP motor
M-BFP HYDCPLG	1 x 35%	
HP HTR - 6A/B	2 x 50%	With Common Bypass for A & B
HP HTR - 7A/B	2 x 50%	With Common Bypass for A & B
HP HTR - 8A/B	2 x 50%	With Common Bypass for A & B

(二) 鍋爐飼水泵規格、構造及運轉

大林計畫更新改建計畫之鍋爐飼水泵依驅動源不同，共有汽機驅動鍋爐飼水泵及馬達驅動鍋爐飼水泵等 2 種。

1. 鍋爐飼水泵規格

以下分別介紹汽輪機驅動鍋爐飼水泵及馬達驅動鍋爐飼水泵。表二為汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)規格一覽表，表三為大林更新計畫與林口更新計畫之汽輪機驅動鍋爐飼水泵規格比較表；表四為馬達驅動鍋爐飼水泵(M-BFP)規格一覽表，表五為大林更新計畫與林口更新計畫之馬達驅動鍋爐飼水泵規格比較表，。林口更新計畫與大林更新計畫一樣，每部發電機組皆採用 1 部 35%之 M-BFP 及 2 部 65%之 T-BFP。

表二、汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)規格一覽表

泵浦型號	16 x 16 x 18-5stg HDB
流體	鍋爐飼水
吸入口流量 m ³ /h	1,985
最適流量 m ³ /h	1,920
揚程 m	3,390
轉速 rpm	5,900
葉輪級數	5
吐出口壓力 MpaG	32.06
最適操作溫度 °C	202

表三、大林更新計畫與林口更新計畫之汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)比較表

	大林更新計畫	林口更新計畫
數量	2 set/unit	2 set/unit
型式	水平、渦捲式筒狀、雙缸	水平、渦捲式筒狀、雙缸
廠牌/型號	EBARA/16x16x18-5stgHDB	MHI / MDG 435
級數	5 級	5 級
規格	1985 m ³ /h x 32.76 Mpa	1,550 t/h x 32.532 Mpa
轉速	5,900 rpm	5,790 rpm
驅動源	汽輪機驅動(25,657kW)	汽輪機驅動(20,300kW)

流體	鍋爐飼水、溫度 176.6°C，	鍋爐飼水、溫度 181.8°C， 比重 0.885
軸封	密封套筒	密封套筒
軸承型式	徑向:襯套軸承 軸向:可傾斜推力軸承	徑向:襯套軸承 軸向:可傾斜推力軸承
吸入/吐出口徑	16 in/16 in	400A/350A

表四、馬達驅動鍋爐飼水泵(M-BFP)規格一覽表

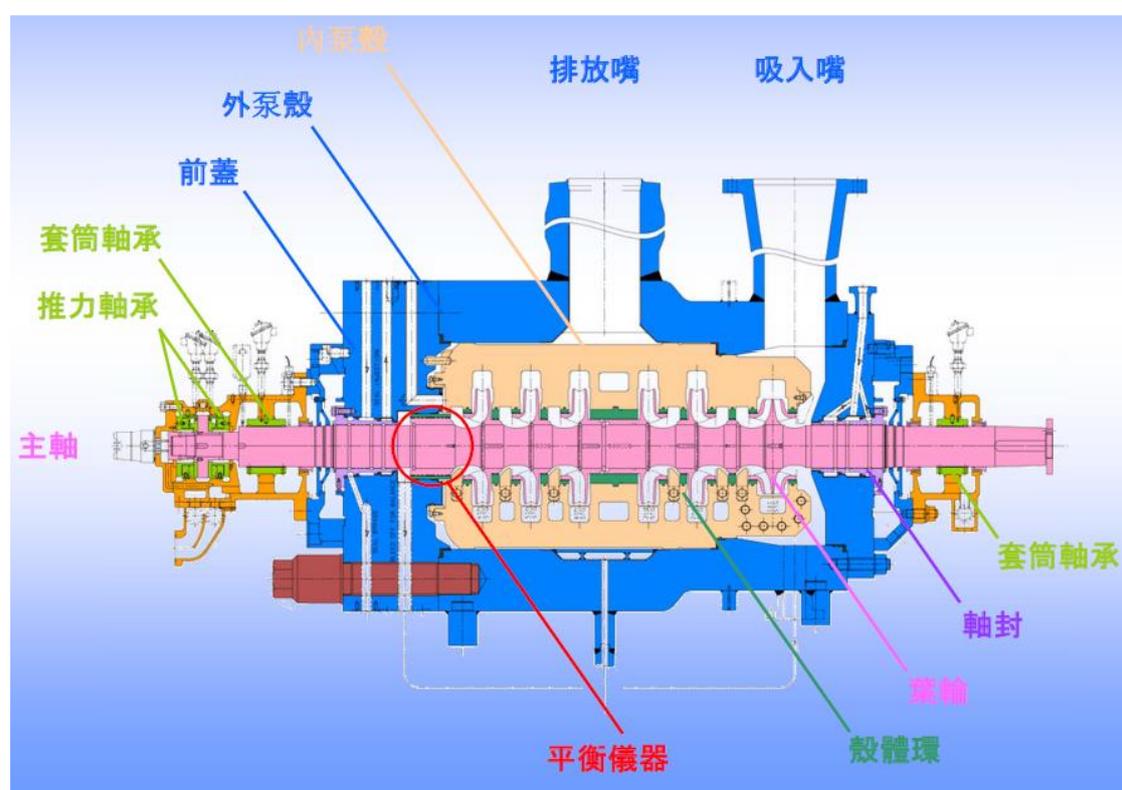
泵浦型號	12 x 12 x 14-7stg HSB
流體	鍋爐飼水
吸入口流量 m ³ /h	1,061
最適流量 m ³ /h	1,026
揚程 m	3,450
轉速 rpm	5,550
葉輪級數	7
吐出口壓力 MpaG	32.51
最適操作溫度 °C	202

表五、大林更新計畫與林口更新計畫之馬達驅動鍋爐飼水泵(M-BFP)比較表

	大林更新計畫	林口更新計畫
數量	1 set/unit	1 set/unit
型式	水平、渦捲式筒狀、雙缸	水平、渦捲式筒狀、雙缸
廠牌/型號	EBARA/12x12x14-7stgHSB	MHI / MDG 357
級數	7 級	7 級
規格	1061 m ³ /h x 33.28 Mpa	840 t/h x 33.984 Mpa
轉速	5,550 rpm	5,500 rpm
驅動源	6,250 kW x 2 馬達驅動 及 可變速流體聯軸器	6,800 kW x 2 馬達驅動 及 可變速流體聯軸器
流體	鍋爐飼水、溫度 176.6°C	鍋爐飼水、溫度 181.8°C， 比重 0.885
軸封	密封套筒	密封套筒
軸承型式	徑向:襯套軸承 軸向:可傾斜推力軸承	徑向:襯套軸承 軸向:可傾斜 推力軸承
吸入/吐出口徑	12 in/12 in	350A/300A

2. 鍋爐飼水泵構造

圖三為大林計畫更新改建計畫之鍋爐飼水泵剖面圖，由圖可知，鍋爐飼水泵有轉軸、葉輪、外泵殼、內泵殼、軸承及前蓋等主要部件，再加上吸入口及排放口組成具泵浦功能之鍋爐飼水泵。為了使泵浦運轉順利及提升效率，使用了推力軸承及套筒軸承及推力平衡機構等設計；為了防止流體洩漏及提升效率，所以加入了軸封設計等機構。



圖三、鍋爐飼水泵剖面圖(適用汽機驅動與馬達驅動之飼水泵)

鍋爐飼水泵之主要部件材質說明如下：

轉軸材質為 A276 Type 410H 不鏽鋼。

葉輪材質為 A487M CA6NM 不銹鋼，表面鍍鉻以增加硬度。

外泵殼材質為 A150M 碳鋼，採圓型缸殼設計，再以外蓋做封閉密封。

內泵殼材質為 A487M CA6NM 不銹鋼，採上、下兩半圓之渦型缸體設計。

吸入口及排放口之材質分別為 A182M 及 A150M 碳鋼。

表六與表七分別為汽輪機驅動及馬達驅動之鍋爐飼水泵材質一覽表。

表六、汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)材質一覽表

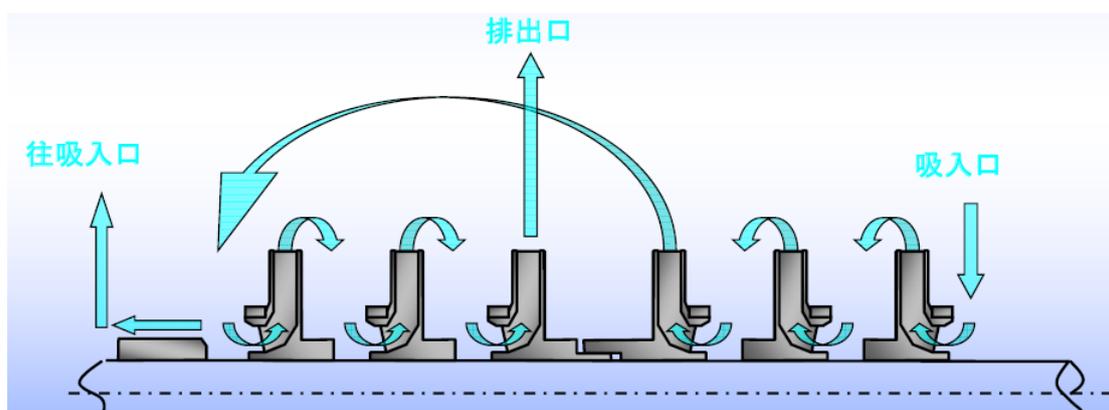
PART NAME	T-BFP
OUTER BARREL	ASTM A105M
BARREL COVER-DISCH	ASTM A105M
BARREL COVER-SUCT	ASTM A182M F5
IMPELLER	ASTM A487M CA6NM CL. A
SHAFT	ASTM A276 TY. 410H. MD
THROTTLE BUSH	JIS SUS420J2 (AISI420EQ)
VOLUTE-IN HALVES	ASTM A487M CA6NM CL. A
CASE WEAR RING	JIS SUS420J2 (AISI420EQ)
BALANCE SLEEVE	JIS SUS420J1 (AISI420EQ)
GASKET	JIS SUS304 (AISI304EQ) &GRAPHITE
O RING	EPDM

表七、馬達驅動鍋爐飼水泵(M-BFP)材質一覽表

PART NAME	M-BFP
OUTER BARREL	ASTM A105M
BARREL COVER-DISCH	ASTM A105M
BARREL COVER-SUCT	ASTM A182M F5
IMPELLER	ASTM A487M CA6NM CL. A
SHAFT	ASTM A276 TY. 410H. MD
THROTTLE BUSH	JIS SUS420J2 (AISI420EQ)
VOLUTE-IN HALVES	ASTM A487M CA6NM CL. A
CASE WEAR RING	JIS SUS420J2 (AISI420EQ)
BALANCE SLEEVE	JIS SUS420J1 (AISI420EQ)
GASKET	JIS SUS304 (AISI304EQ) &GRAPHITE
O RING	EPDM

以 6 級葉輪飼水泵為例，介紹流體在飼水泵內之流動情形，如圖四所示，右方為吸入口，中央為排出口，當流體由第 1 級逐級往第 3 級流動並進行逐步加壓，飼水之流動為渦旋地由右往左流，此時所產生之總軸向推力為向右，當流體

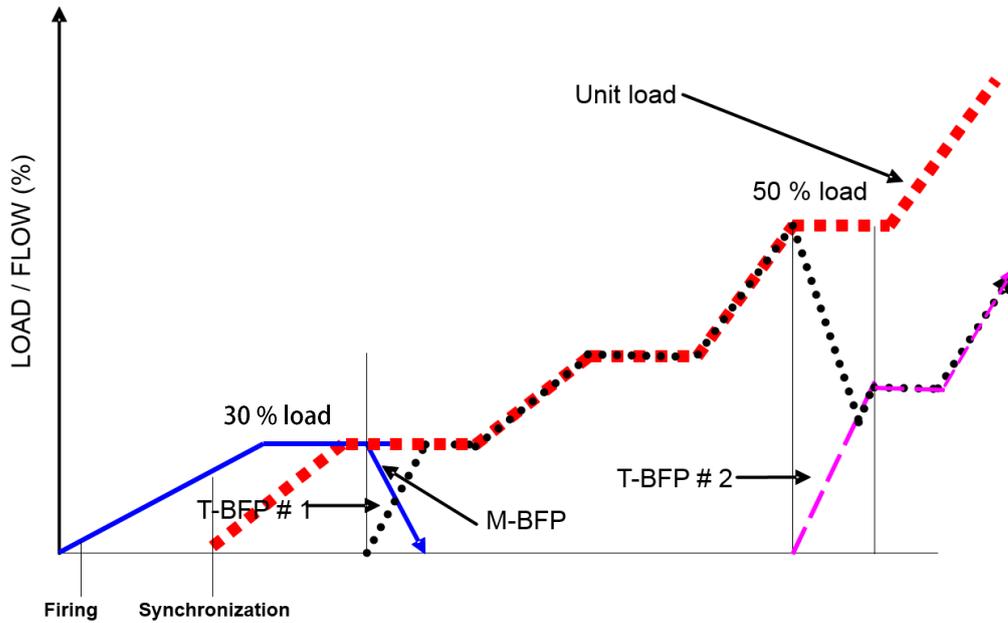
流出由第 3 級葉輪時，則將流體引導至最左端之第 4 級葉輪，當流體由第 4 級逐級往第 6 級流動及加壓時，飼水渦旋地由左往右流動，此設計稱為背靠背式之對立方式流體設計(Back to Back)，當流體由第 4 級逐級往第 6 級流動時所產生之總軸向推力為向左，因採取此設計方式，所以抵消了各級葉輪所產生之軸向推力；最後流體由設置於中央部位之排出口排出。



圖四、鍋爐飼水泵之流體流路設計示意圖(背靠背對立方式)

3. 鍋爐飼水泵的運轉

馬達驅動鍋爐飼水泵(M-BFP)用於機組起動及維持一定的負載(0~30%)時。汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)有 2 台，用於機組升載及正常狀況下之運轉；第一台汽輪機驅動鍋爐飼水泵於機組負載達 30%時起動運轉，當機組負載逐步升至 50%時，第二台汽輪機驅動鍋爐飼水泵開始啟動。圖五為汽機驅動鍋爐飼水泵及馬達驅動鍋爐飼水泵隨機組起動及升載時之運轉情形。正常運轉情況下則由兩台容量為 65%之 T-BFP 作為飼水之泵送設備，當一台 BFPT 檢修或故障時，則由一台 T-BFP 與 M-BFP 協同運轉，維持飼水系統之飼水循環



圖五、機組起動及升載時，馬達驅動及汽輪機驅動鍋爐飼水泵之起動、運轉情形

茲將鍋爐飼水泵之起動及運轉情況整理如表八。

表八、鍋爐飼水泵起動及運轉說明

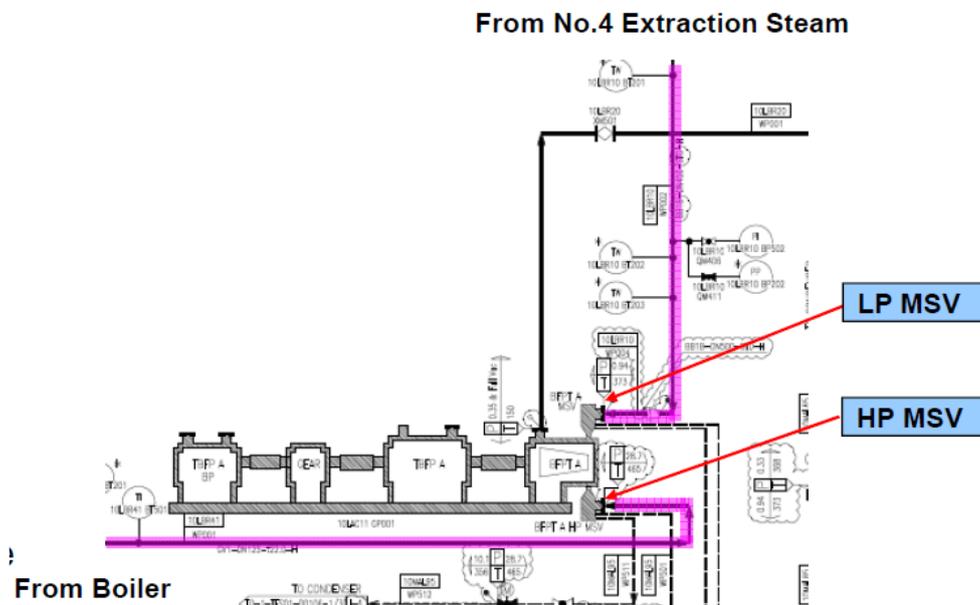
1-馬達驅動鍋爐飼水泵

設備	機組起動	機組關閉
馬達驅動鍋爐飼水泵 (M-BFP)	在鍋爐設備啟動前開始運轉 當機組正常運轉時皆維持準備啟動狀態，當汽輪機驅動鍋爐飼水泵跳機時，由馬達驅動鍋爐飼水泵備援	當鍋爐設備停止運轉後停止運轉

2-汽輪機驅動鍋爐飼水泵

設備	機組起動	機組關閉
第一台汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)	當機組起動至負載為30%時，第一台輪機驅動鍋爐飼水泵即起動	當機組負載為50%及50%以下時，停止運轉
第二台汽輪機驅動鍋爐飼水泵	當機組起動負載為50%時，第二台輪機驅動鍋爐飼水泵開始起動運轉	當機組負載為30%及30%以下時或馬達驅動鍋爐飼水泵運轉時，停止運轉

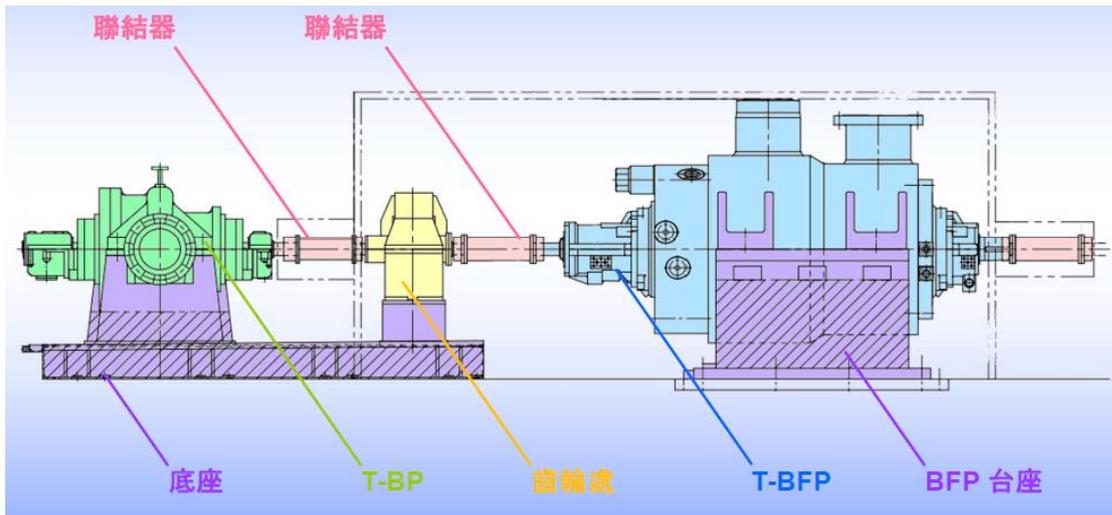
汽輪機驅動鍋爐飼水泵由鍋爐飼水泵用汽輪機(BFPT)帶動，而 BFPT 之蒸汽來源有二，當機組起動時，由鍋爐之加熱器(SuperHeater)提供蒸汽來源，經由鍋爐飼水泵用汽輪機(BFPT)之高壓主關斷閥進入，驅動汽輪機轉動，以帶動汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)轉動。隨著機組負載爬升，4 號抽出蒸汽(中壓汽機出口)之蒸汽壓力達到可以驅動鍋爐飼水泵用汽輪機(BFPT)時(約 0.75 Mpa abs)，則 BFPT 之高壓主關斷閥關閉，低壓主關斷閥維持打開引入 4 號抽出蒸汽，蒸汽來源如圖六所示。此後，當機組正常運轉時，汽輪機驅動飼水泵之蒸汽來源皆由 4 號抽出蒸汽提供。



圖六、鍋爐飼水泵用汽輪機(BFPT)之蒸汽來源示意圖

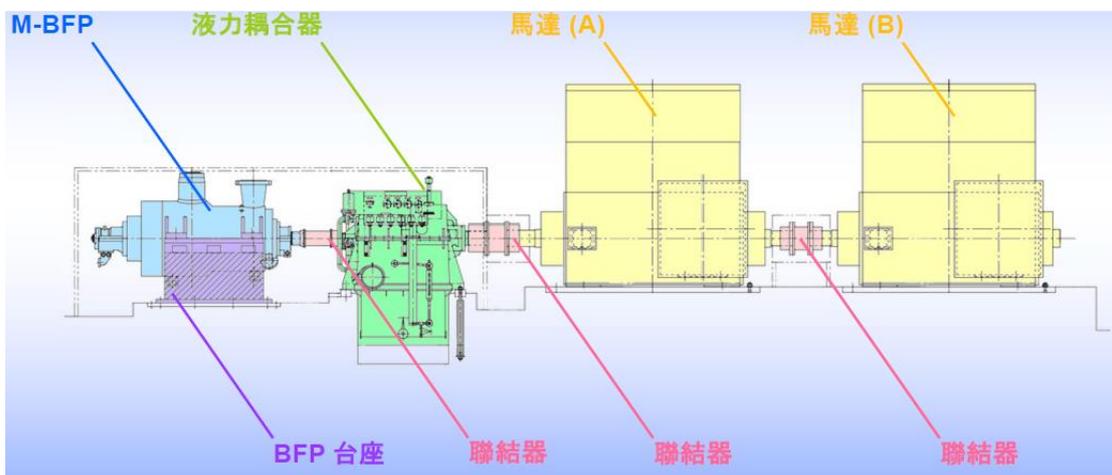
鍋爐飼水泵於飼水系統之配置

圖七為汽輪機驅動鍋爐飼水泵(T-BFP)及增壓泵(T-BP)配置，汽輪機(BFPT)採併聯同軸方式透過聯結器直接帶動 T-BFP，T-BFP 額定轉速為 5,900 rpm；再透過減速齒輪箱帶動 T-BP，T-BP 之額定轉速為 1,777 rpm。



圖七、汽機驅動鍋爐飼水泵及增壓泵配置圖

圖八為馬達驅動鍋爐飼水泵(M-BFP)配置圖，M-BFP 以馬達帶動，由可變速之流體聯軸器(Fluid Coupling，亦稱液力耦合器)連接馬達及 M-BFP；在負載變動時流體聯軸器提供可變速之動力傳輸，由馬達之轉速(約 1700 rpm)增速至 M-BFP 之額定轉速為 5550 rpm。再使用聯結器將各馬達、流體聯結器及 M-BFP 連結。



圖八、馬達驅動鍋爐飼水泵配置圖

(三) 軸向推力及平衡

離心式泵浦在運轉過程中會產生軸向力，是由於各級葉輪產生之軸向力累積並傳遞到轉軸，因此轉軸的總軸向力將會很大，例如多級離心式泵浦及高壓泵浦，

作用力甚至會達到幾噸重，影響泵浦運轉穩定性及壽命。當葉輪轉動時，葉輪承受流體作用於該級葉輪前後壁板之壓力分佈不同，因此存在一壓力差，形成了一個指向前壁板的作用力，即軸向推力。圖九為單級單吸式葉輪之泵浦軸向推力示意圖，此圖說明葉輪承受流體作用於葉輪前後壁板之壓力分佈情形，由圖可知，當大於磨耗直徑之葉輪前後壁板的壓力相等，互相抵銷作用力，故不會產生軸向推力；而小於磨耗直徑之葉輪前後壁板的壓力不同，因葉輪前壁板處為流體入口，其壓力大小為吸入口之流體壓力，所以在葉輪前後壁板間產生了壓力差，此為造成軸向推力之成因。因此，當葉輪之壁面有缺損時，會影響原本設計之軸向力平衡關係，所以拆解泵浦後之葉輪檢查工作相當重要。

圖九為單葉輪泵浦軸向推力，其通用之理論軸向推力表示如方程式(1)：

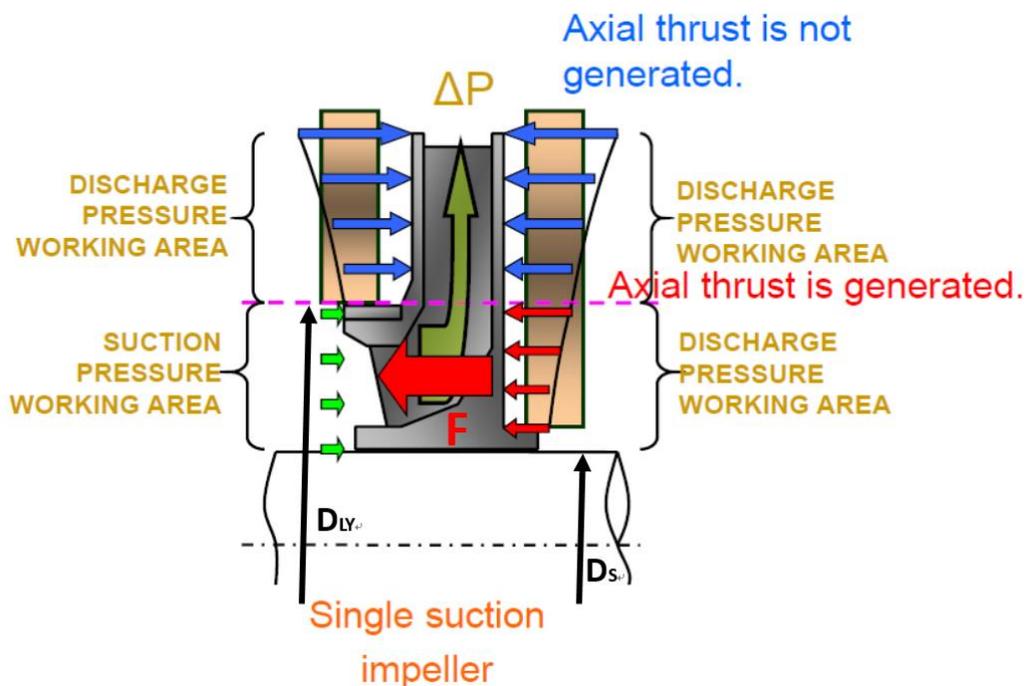
$$F = \pi/4 \times (D_{LY}^2 - D_S^2) \times \Delta P \quad (1)$$

其中，F：單葉輪之軸向推力

D_{LY} ：磨耗環直徑(Wearing Ring Diameter)

D_S ：軸直徑

ΔP ：壓力差



圖九、單吸式葉輪泵浦之軸向推力示意圖

轉軸總軸向力計算公式及軸向力平衡，綜合前面章節介紹之流體在飼水泵內流動過程及單級軸向推力之產生與計算，多級飼水泵知各級軸向推力可表示如圖十，由圖可知：

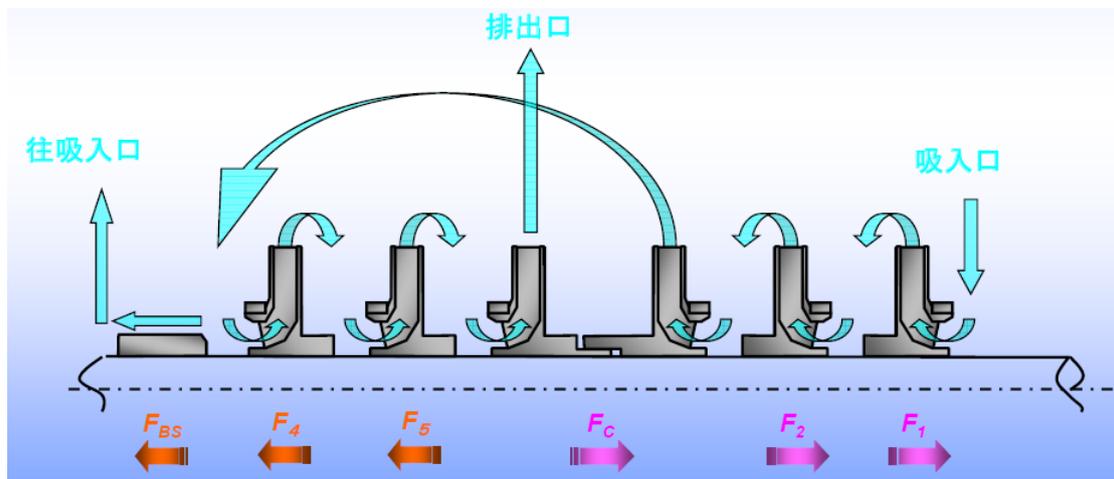
$$\text{殘留之軸向推力} = (F_1 + F_2 + F_C) - (F_4 + F_5 + F_{BS})$$

經由設計，可使 $F_1 = F_4$ ， $F_2 = F_5$

因此，殘留軸向力 = $F_C - F_{BS}$

經由適當設計受力面積，使得 F_C 與 F_{BS} 的大小相等，則泵浦內之軸向推力抵消，達到消除軸向推力之目的，(以上 F_C 與 F_{BS} 為中心環塊與平衡套筒設置位置)。

為了減小軸向推力，通常在葉輪後壁板上設置具平衡孔之密封環，藉由平衡孔連通高壓側與低壓側之流體，因此減小兩側的壓力差。高壓式泵浦通常採用背靠之對立式設計或於適當位置設置平衡套筒，以平衡軸向推力。



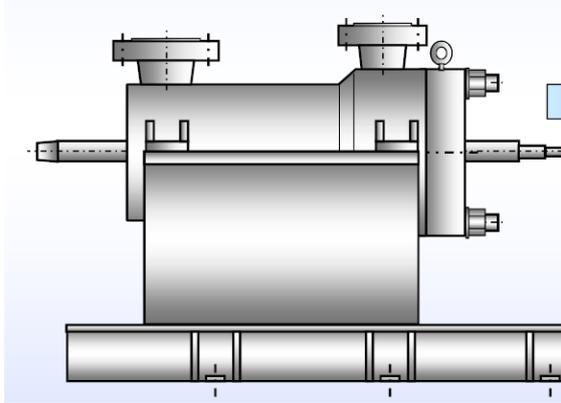
圖十、鍋爐飼水泵各級之軸向推力示意圖

(四) 拆解/組裝程序

一、拆解 HSB Type 泵流程

0.

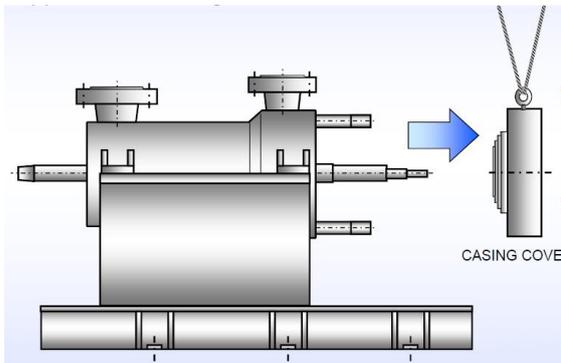
0.鍋爐飼水泵(BFP)如左圖。



1.

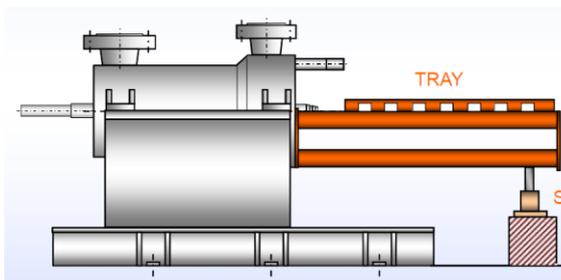
1.移出外缸蓋(Casing Cover)

- 1)使用工具拆下螺絲及螺絲墊片
- 2)使用天車將外缸蓋移出



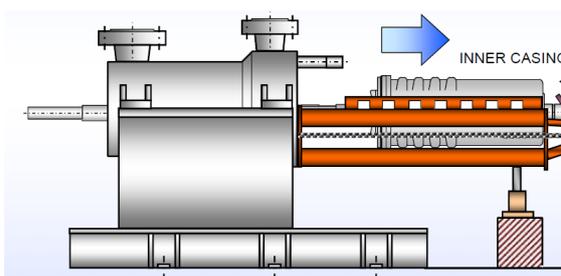
2.安裝托盤(Tray)及角架

2.

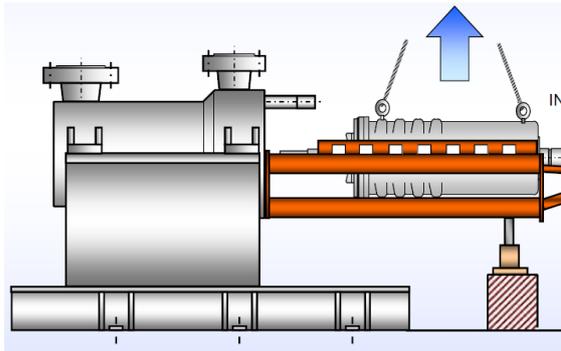


3.將內泵拉出

3.



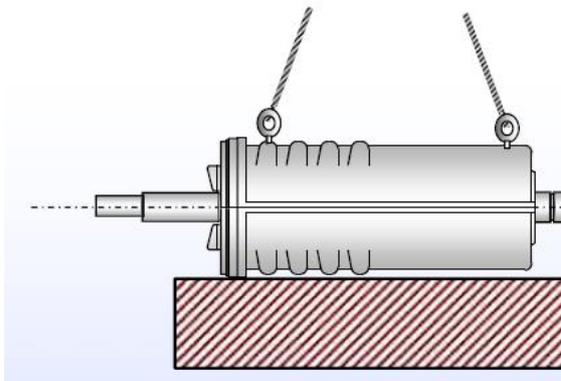
4.



4.搬運內泵

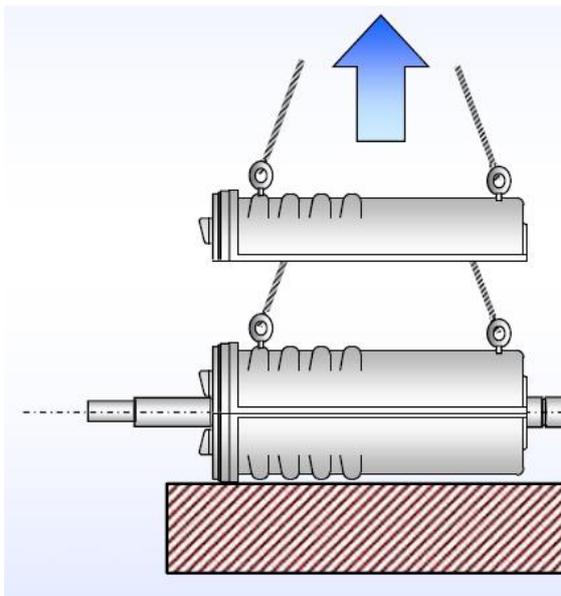
1)使用天車水平、緩慢將內泵吊起

5.



5.將內泵水平置放

6.

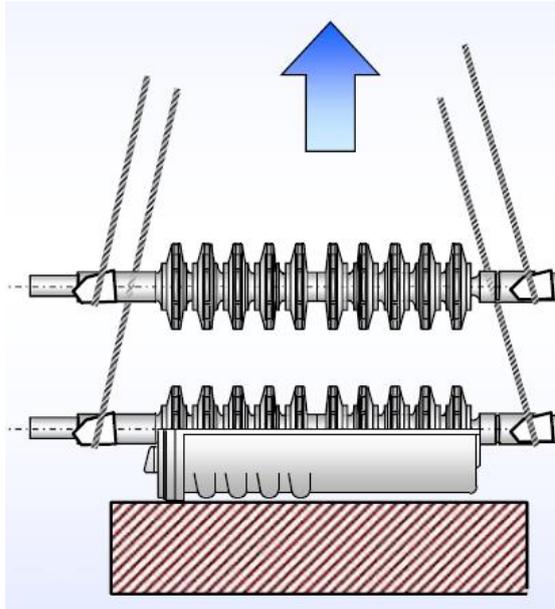


6.移除內泵之上外缸

1)使用工具拆卸外缸之螺絲

2)使用天車移除內泵之上外缸

7.

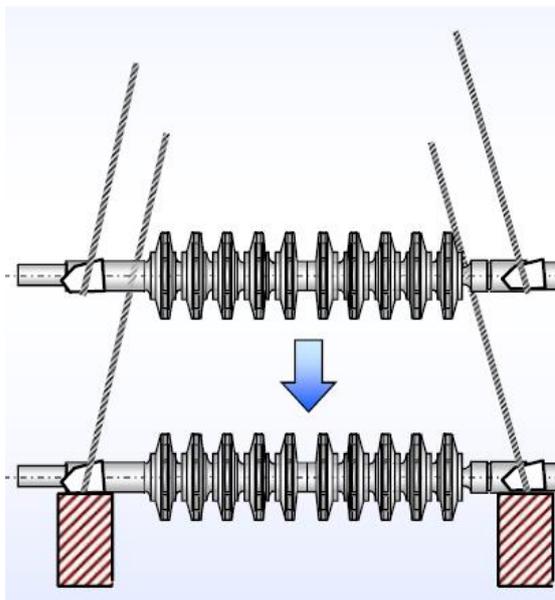


7.取出轉子

1)取出轉子要適當保護轉軸，如左圖所示。

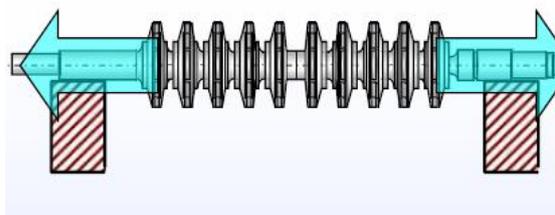
2)使用天車將轉子吊起，過程要緩慢，保持轉子水平。

8.



8.將轉子水平置放

9.



9.從兩端將葉輪及套筒取出

二、HSB Type 泵拆解後各零件如下：

1.外缸(Outer Casing)



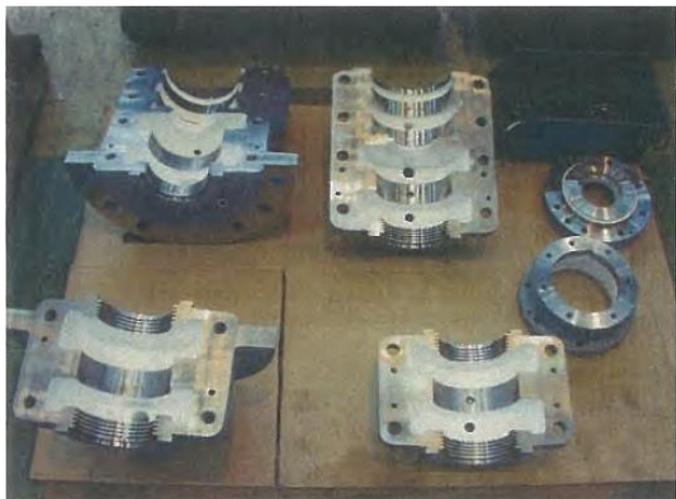
4 旋轉部件(Rotating Element，包含轉軸、葉輪及套筒)，亦稱作轉子



2.外缸蓋(Outer Casing Cover)



5.軸承外殼(Bearing Casing)



3.內缸(Inner Casing, 上、下缸)



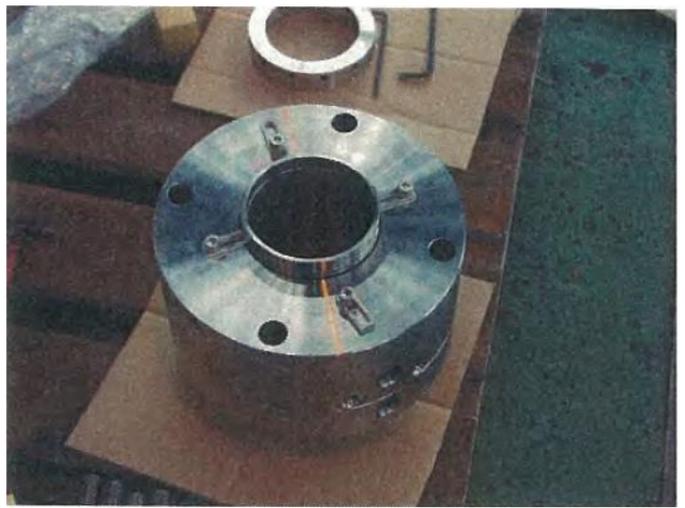
6.軸承蓋(Bearing Metal)



7. 推力軸承內部零件



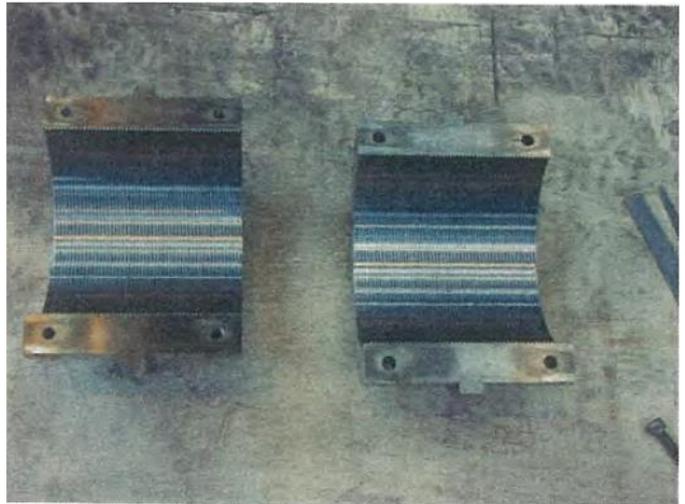
10. 機械軸封總成(Mechanical Seal)



8. Deflector



11. 中心環塊(Center Stage Piece)



9. 油封環(Oil Seal)



12. 喉部套筒(Throat Bushing)



13.平衡套筒(Balance Bushing)



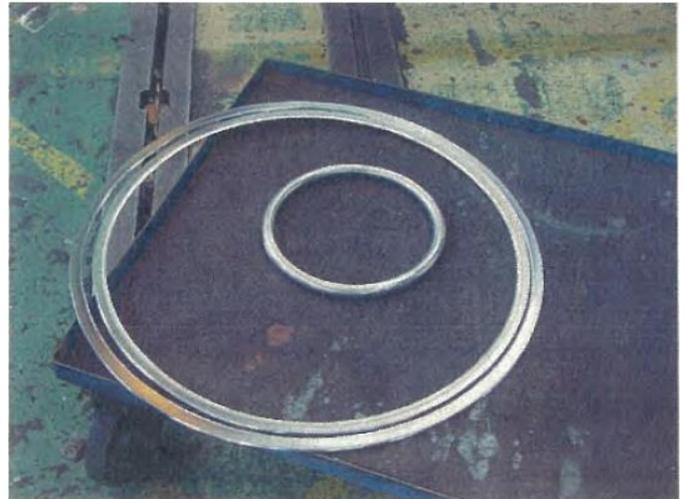
16.分隔爪(Diaphragm Claw)



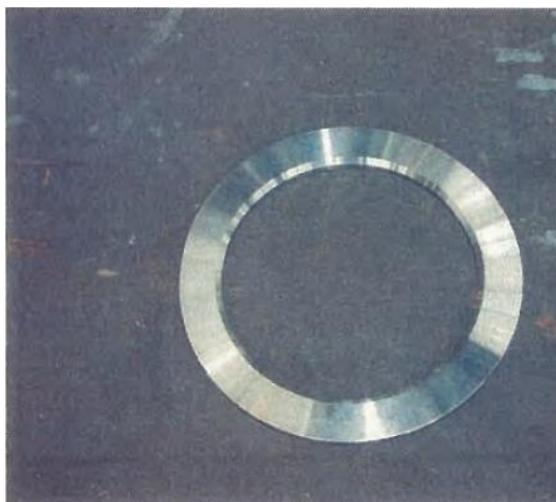
14.內缸套筒(Inner Casing Bushing)



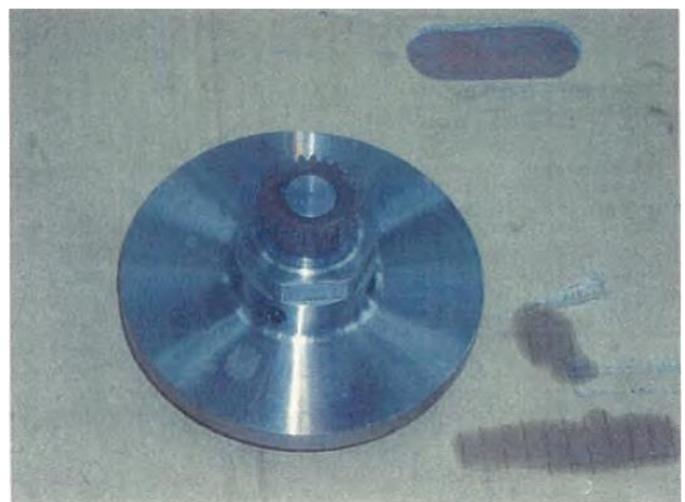
17.墊片(Gasket)



15.內缸套筒(Inner Casing Bushing)

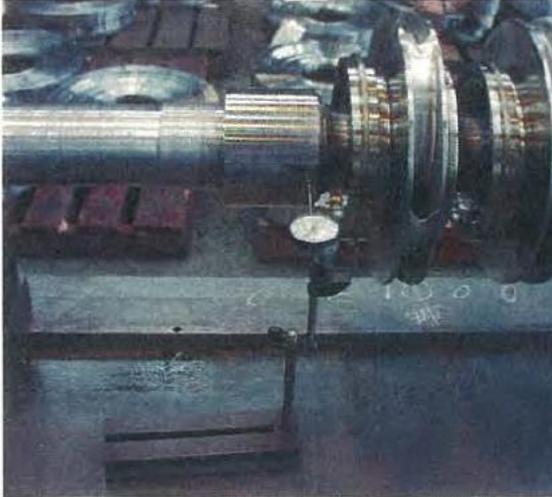


18.Shaft Play Measurement Plate



三、HSB Type 泵檢查及組裝

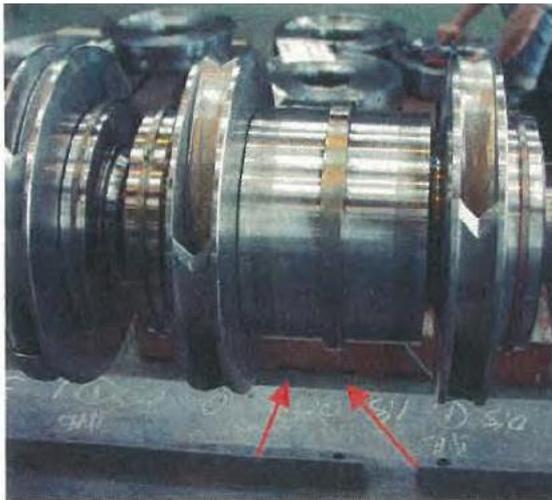
(1)



1. 進行轉子(包含轉軸及葉輪)之同心度量測(runout test)

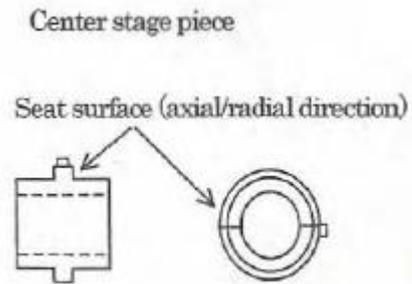
- 1) 將轉子架設於 V 型安置架上。
- 2) 使用千分計(Dial gauge)量測，並將儀器架設於水平面上。
- 3) 分別進行轉軸及葉輪之同心度量測，分別找軸向上的光滑平面進行轉動一圈量測 4 點，以 key 的位置為上(0 度)，轉 90 度量一次，共 4 次。

(2)



2. 安裝中心環塊(center stage piece)

- 1) 確認轉軸旋轉方向(由驅動端看順時針)。
- 2) 中心環塊為上下兩半圓形金屬塊，安裝時對準垂直位置，使上下兩半圓之接觸面無凹凸。(用指甲測試)



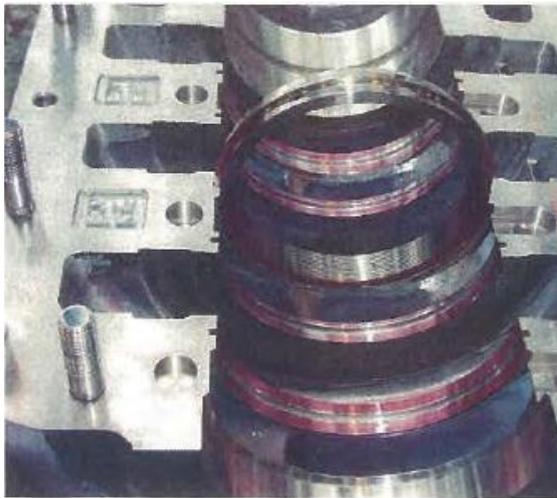
(3)



3. 清潔內缸

- 1) 使用治具將內缸傾斜，如圖所示，將污垢集中並清除。
- 2) 檢查內缸各部，尤其凹槽處，確認沒有外來物並且將污垢清除乾淨。

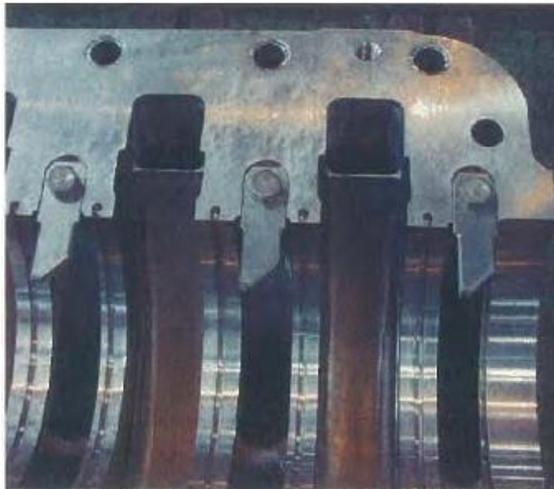
(4)



4. 進行內缸環(casing ring)貼合檢查

- 1) 先於內缸之內缸環槽塗上紅丹，將內缸環置入環槽進行接觸面間隙檢查。檢查接觸面痕跡，以確認接觸面貼合情況。

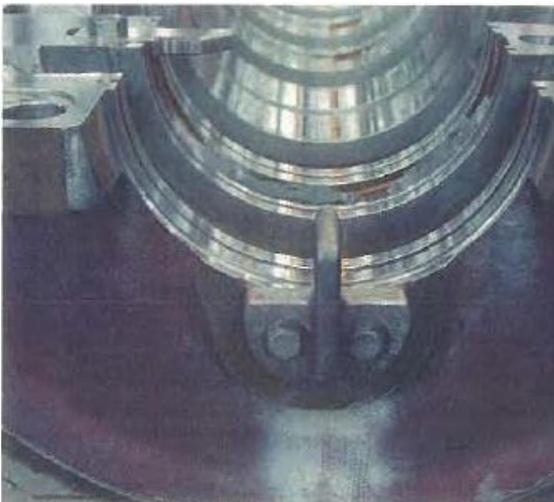
(5)



5. 安裝分隔爪(Diaphragm Claw)於下內缸

- 1) 確認安裝孔方向
- 2) 放置分隔爪到安裝孔位
- 3) 鎖上螺栓
- 4) 焊接螺栓及分隔爪
- 5) 進行焊接處之 PT 測試(penetrant test) (上、下內缸都需安裝)

(6)



6. 安裝吸氣檔板(Suction Baffle Plate)於下內缸

- 1) 確認安裝孔方向
- 2) 放置吸氣檔板到安裝孔位
- 3) 鎖上螺栓
- 4) 焊接螺栓及吸氣檔板
- 5) 進行焊接處之 PT 測試 (上、下內缸都需安裝)

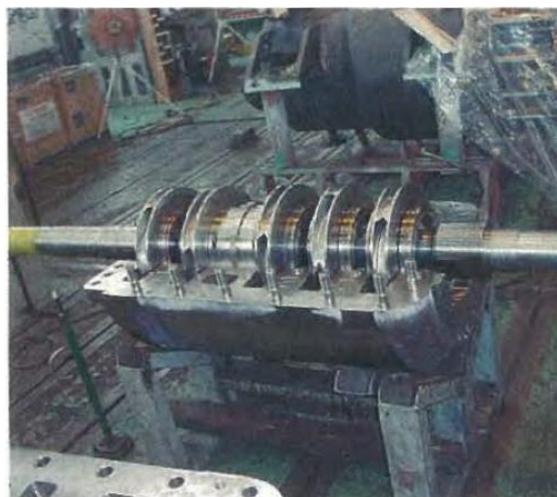
(7)



7.安裝轉子前工作

- 1)注意安裝時外物掉入內缸
- 2)水平緩慢吊起轉子
- 3)確認 baffle position of the casing ring

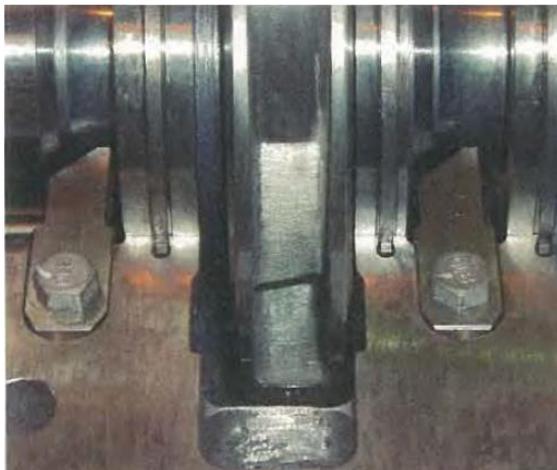
(8)



8.安裝轉子

- 1)使用天車慢慢將轉子置入內缸，保持水平緩慢下降，並隨時對準槽位。

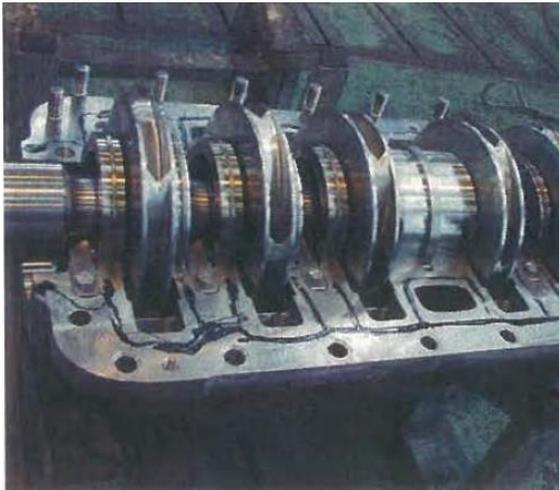
(9)



9.安裝轉子後檢查

- 1)確認葉輪上之 baffle 放入正確之內缸槽中
- 2)確認各個位置的分隔爪不會碰觸到轉軸及葉輪

(10)



10. 實施內缸防水塗層

- 1) 將防水塗膠(止洩膏)塗於下內缸之上、下缸體密合處，如圖示處。

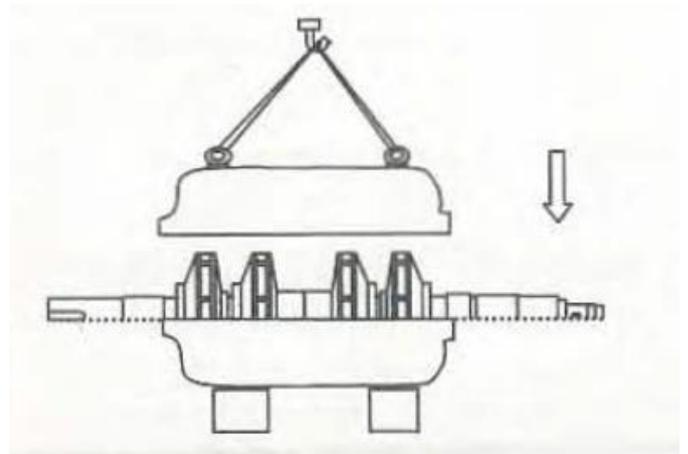
(11)



11. 安裝上內缸

- 1) 使用天車慢慢吊起上內缸，緩慢並平穩地將上內缸吊至下內缸上方。
- 2) 上內缸保持水平緩慢下降，並隨時對準槽位。

(站在正前方及側邊對準後再緩慢下降，使用 chin block 調整軸向水平及徑向水平)



(12)



12. 安裝上內缸之後續工作

- 1) 將吸水口及排水口以乾淨之檔板遮蓋，避免外人掉入。

(13)



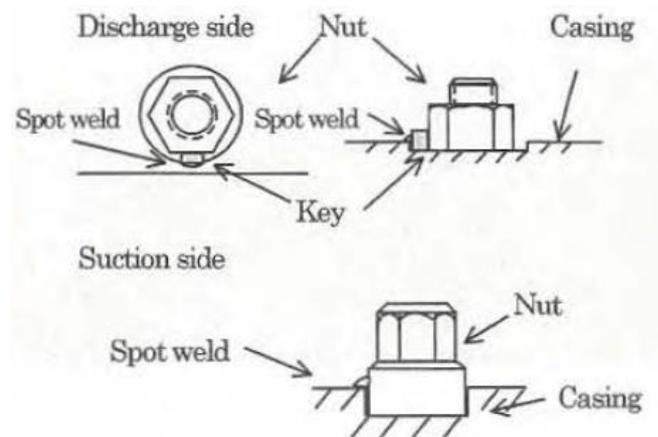
13. 上、下內缸鎖前對準

- 1) 在吸水口之墊環位置上，確認上、下內缸於軸向及徑向的對準。
- 2) 在內缸之套筒(bushing)位置上，確認上、下內缸於軸向及徑向的對準。

14. 內缸螺栓栓緊

- 1) 鎖緊後以色漆作記號
- 2) 在螺栓與螺帽上點焊
- 3) 執行 PT 檢查

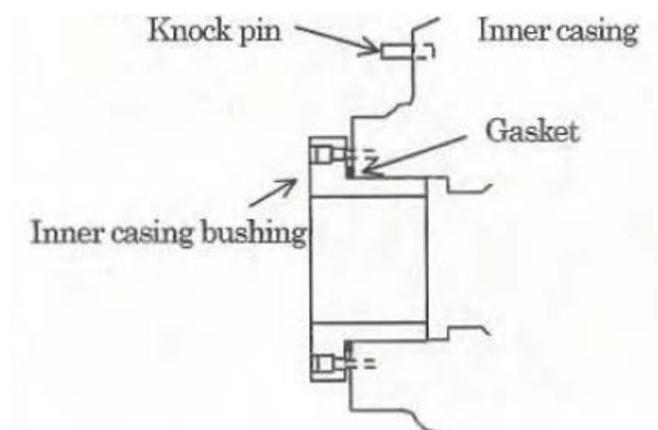
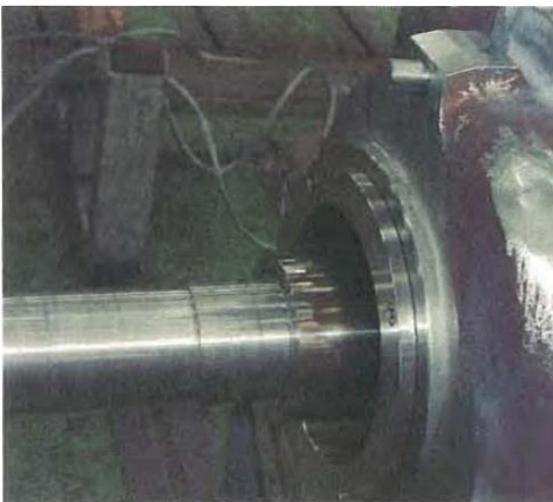
(14)



15. 裝上內缸套筒(bushing)

- 1) 裝上墊片(gasket)。
- 2) 將防水材料塗於墊片表面。
- 3) 裝上內缸套筒
- 4) 將定位銷(Knock pin)裝於內缸，如下圖示。

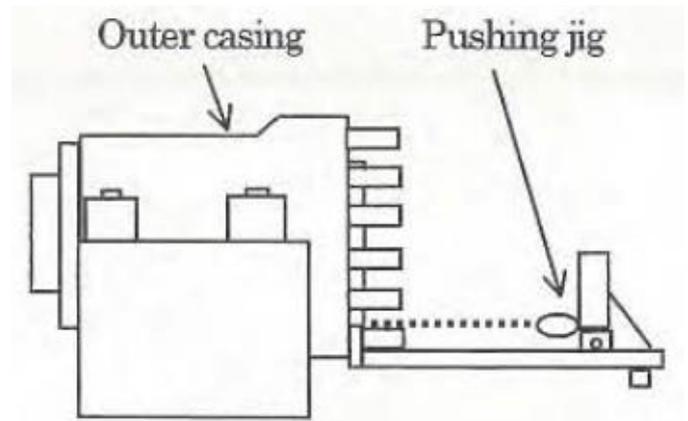
(15)



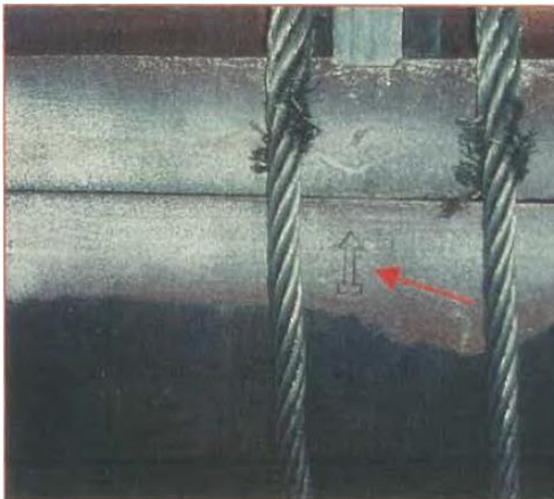
(16)



16. 安裝拖拉治具(Pushing jig)於外缸
(將內缸置入外缸之特殊工具)

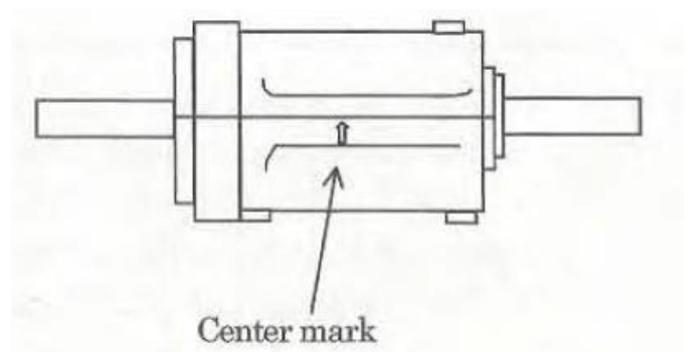


(17)

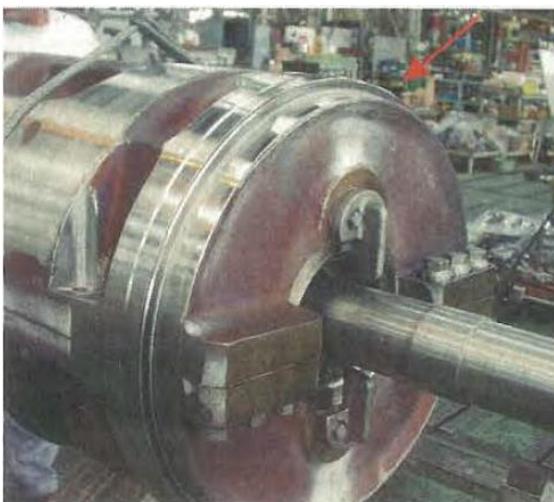


17. 中心位置標記

- 1) 找到內缸之中心位置標記，吊掛繩索之架設須以此參考點安裝，以確保內缸吊起之平衡。
- 2) 用天車將組裝好之內缸緩慢吊起。



(18)



18. 安裝墊片

- 1) 將墊片安裝於內缸

(19)



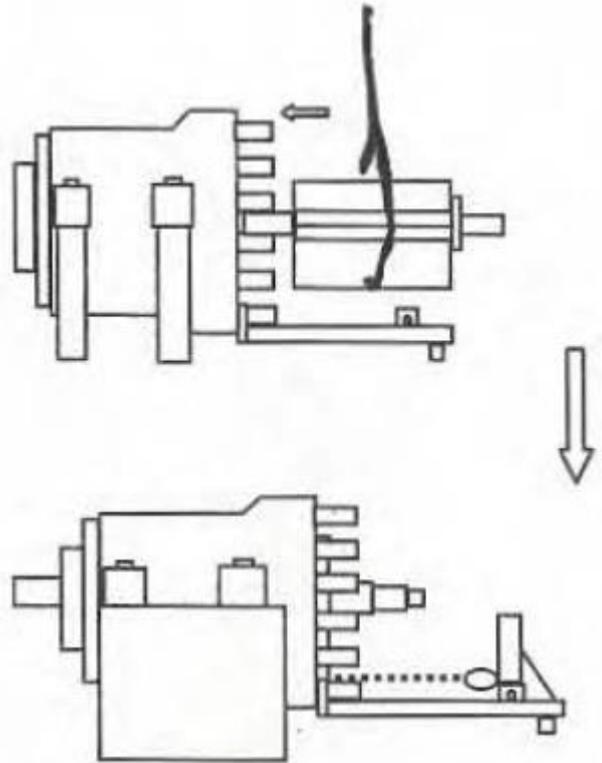
19.吊起內缸

- 1)使用天車緩慢吊起，注意保持水平及平衡

20.將內缸置入外缸中

- 1)在拖拉治具上之軌道放墊片，將內缸放置其上，吊繩仍負擔大部分之內缸重量。

(20)



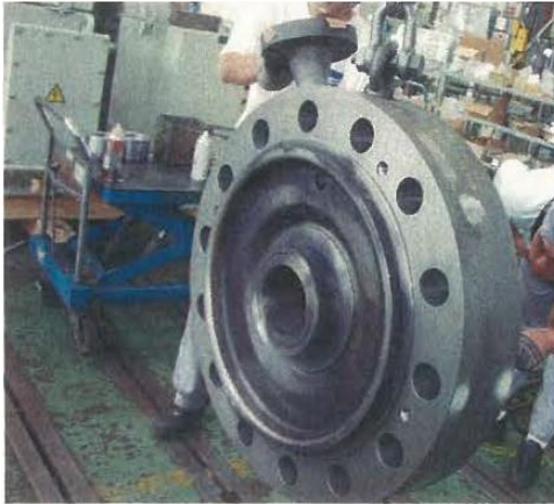
(21)



21.將內缸推入外缸

- 1)不要用蠻力將內缸強制推入外缸。
- 2)以定位銷(Knock pin)為吊掛點，將內缸微微吊起
- 3)確認內缸置於外缸之中心位置。
- 4)使用特殊工具將內缸緩慢順著軌道推入外缸，直至內缸壁接觸到外缸壁。

(22)

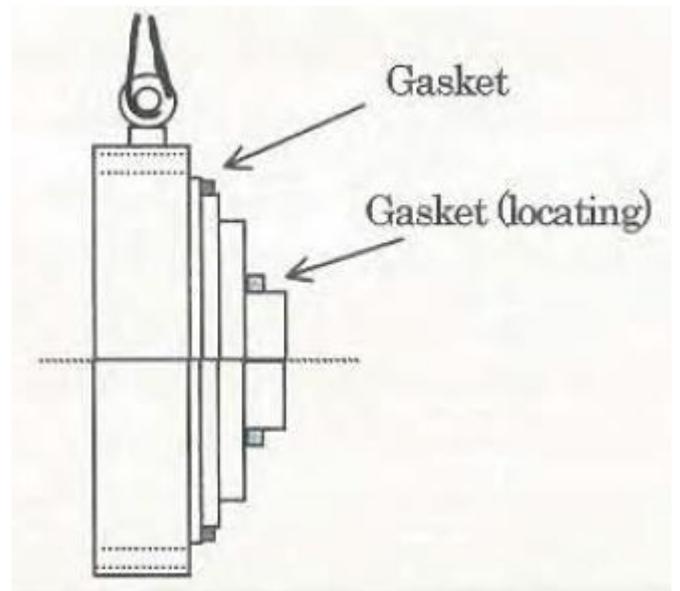


22.清理及檢查外缸蓋

23.內、外缸密封墊片

1)裝上內缸密封墊片

2)裝外內缸密封墊片



(23)



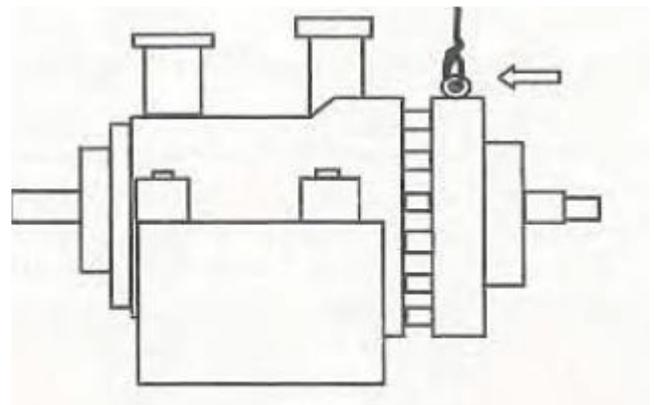
24.安裝外缸蓋

1)使用天車緩慢將外缸蓋吊起，注意密封墊片不要掉落。

2)螺栓及螺帽皆要塗上防蝕塗層

3)外缸蓋緩慢靠近外缸，注意個螺栓位置，緩慢將外蓋蓋上。

(24)

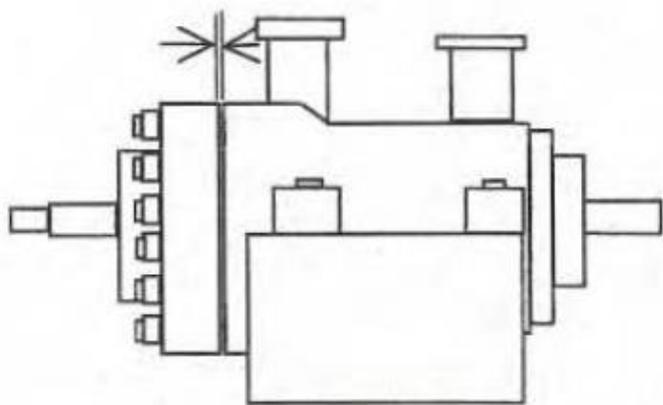


(25)



25.檢查外缸蓋與外缸壁之間隙

- 1)將外缸蓋平緩的貼齊於外缸接觸壁面。
- 2)檢查其間隙是否小於等於 2mm。



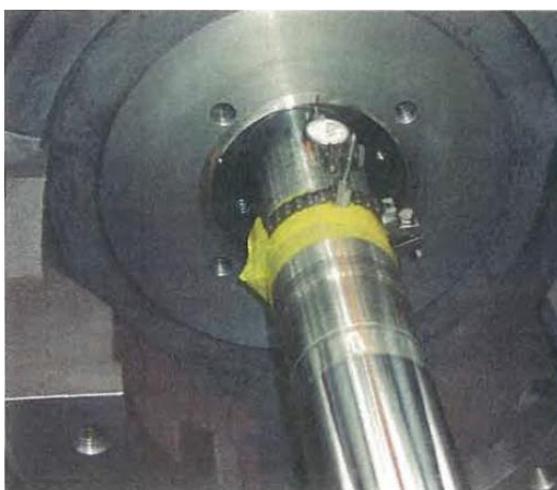
(26)



26.鎖上外缸蓋

- 1)使用 impact wrench 將外缸蓋之螺帽鎖上。
- 2)依照作業圖面之指示設定鎖緊扭力。

(27)

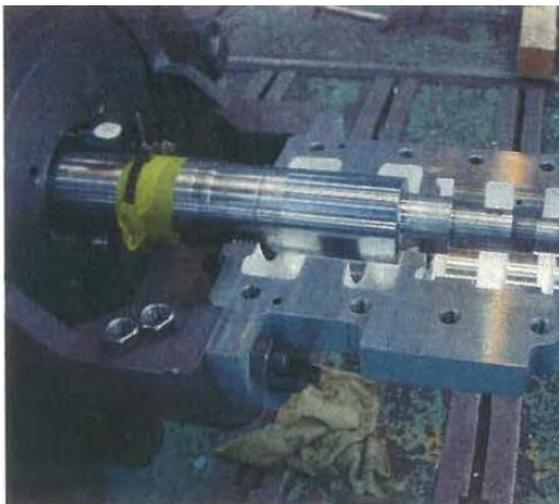


27.安裝轉軸中心量測治具(Shaft Centering Jig)

- 1)執行 stuffing box section 之軸中心量測。
- 2)同樣進行驅動端與非驅動端之軸中心量測。

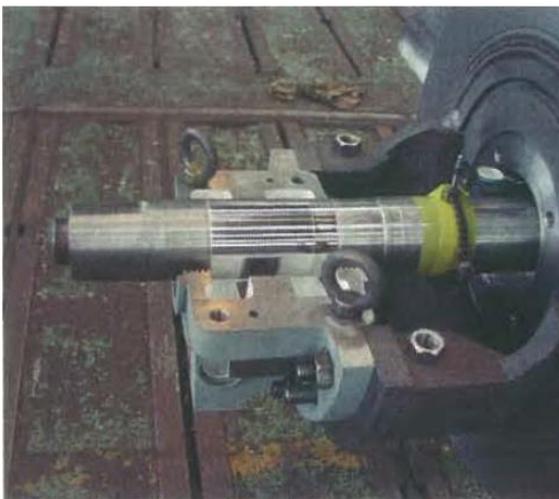
(28)

28.安裝非驅動端之軸承下側外殼
(outboard 側)



(29)

29.安裝驅動端軸承下側外殼
(inboard 側)

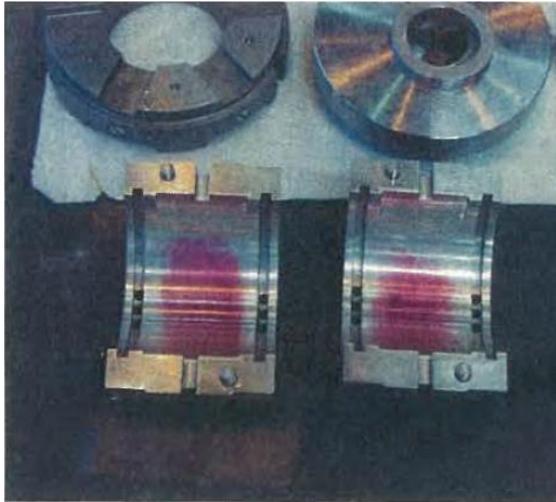


(30)

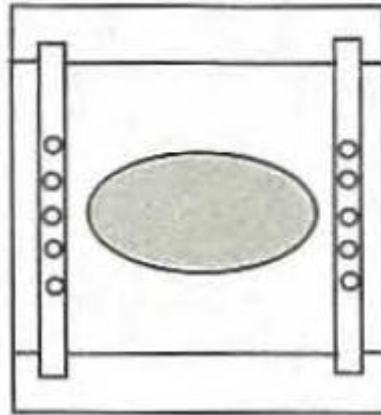
30.調整中心治具位置



(31)



31.檢查軸承蓋之接觸



(32)



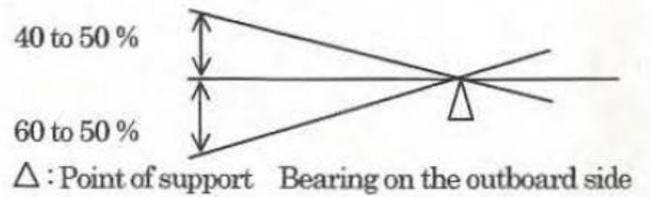
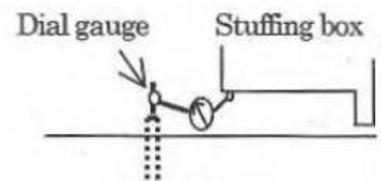
32.進行轉軸中心的調整

1)進行驅動端之轉軸中心的調整。

(inboard side)

2)進行非驅動端之轉軸中心的調整

(outboard side)



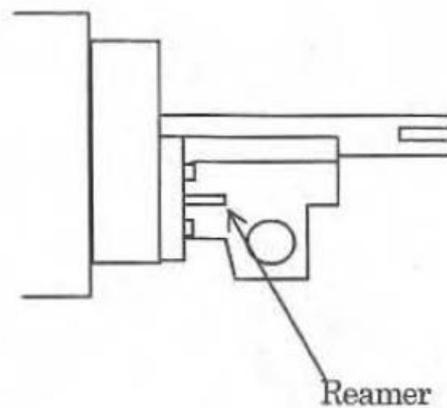
(33)



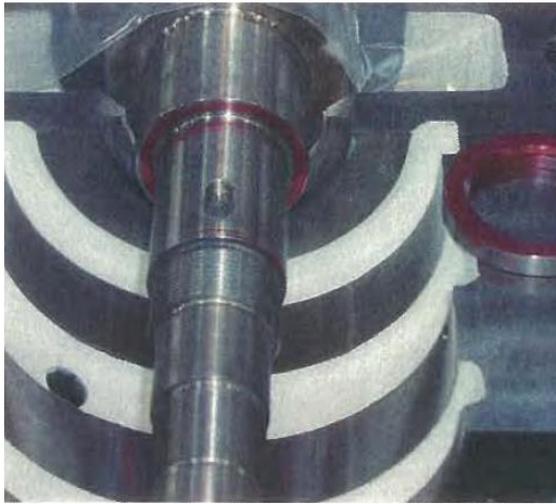
33.插入定位銷

1)插入驅動端(inboard side)定位銷。

2)插入非驅動端(outboard side)定位銷

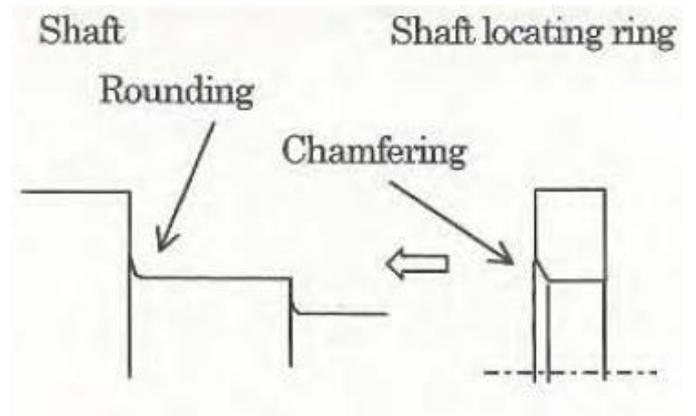


(34)

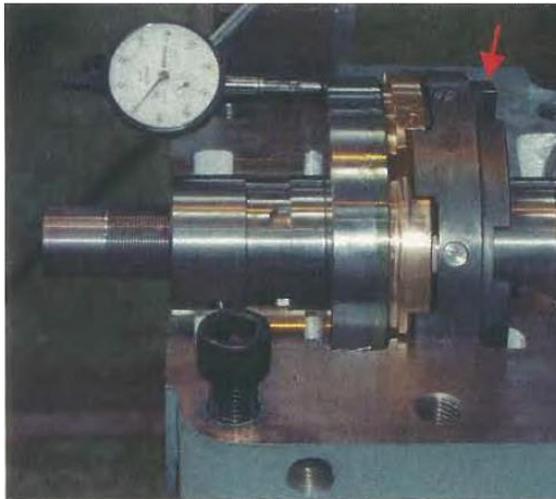


34. 檢查軸定位環(locating ring)之接觸

1) 檢查時，注意定位環安裝方向。

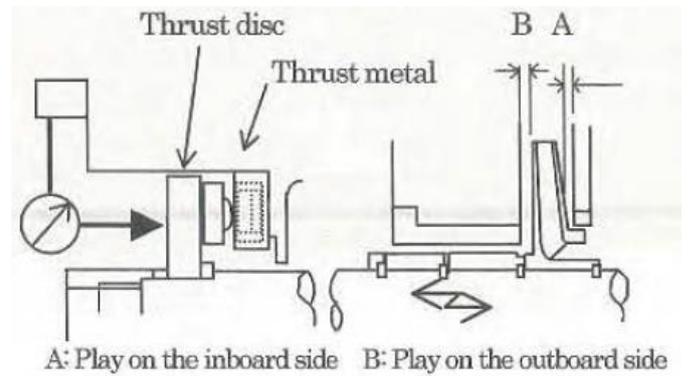


(35)

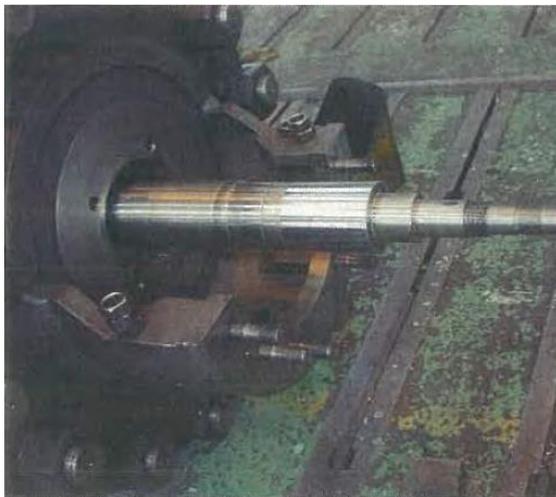


35. 暫時性安裝推力軸承

- 1) 安裝內推立軸承蓋。
- 2) 放置調整環、推力盤及螺母(nut)。
- 3) 量測軸之軸向行程(t)(total axial play)
- 4) 安裝推力金屬，量測及調整軸的位置。(內側之軸向行程約為總行程之 50%~60%)。
- 5) 以調整環調整軸之位置。
- 6) 位置調整完畢後，拆解推力軸承。



(36)



36. 移動軸承外蓋

- 1) 轉軸定位及調整完成後，移走外蓋。
- 2) 清理保護支撐蓋(stuffing box)。

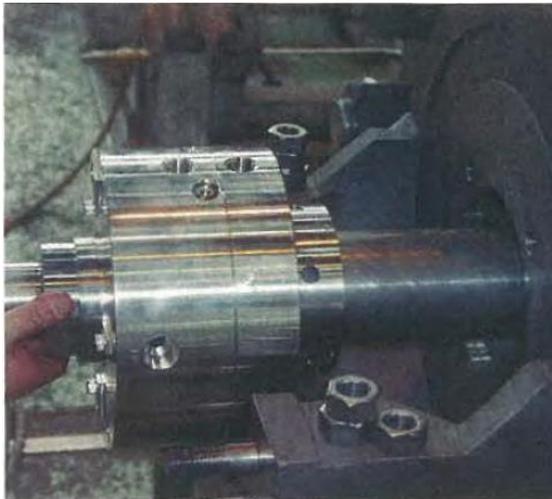
(37)



37.機械軸封組裝(驅動端及非驅動端)

- 1)檢查每個零件。
- 2)依照機械軸封組裝手冊進行組裝。

(38)



38.安裝機械軸封於轉軸上

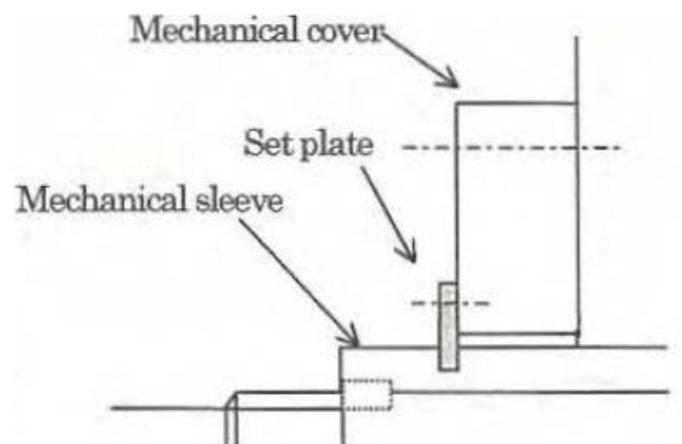
- 1)確認沖洗入口方向後安裝驅動端之機械軸封。
- 2)安裝非驅動端之機械軸封。

(39)



39.安裝機械軸封後工作

- 1)進行外觀檢測

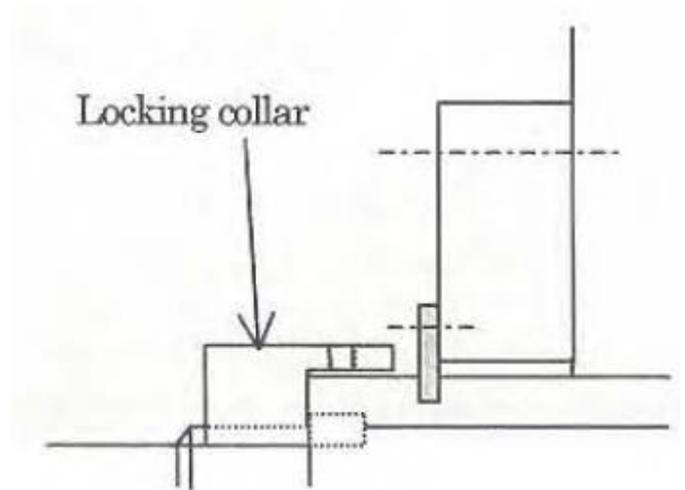


(40)



40.安裝機械軸封之套筒鎖圈(Sleeve Locking collar)及導流環(Deflector)

- 1)固定套筒鎖圈。
- 2)安裝導流板 O 型環。



(41)



41.安裝驅動端下軸承外殼(inboard side)

- 1)將錐形銷插入下軸承外殼。
- 2)鎖上軸承外殼螺栓，但不要鎖緊。
- 3)完全將錐形銷插入下軸承外殼。
- 4)完全鎖緊軸承外殼螺栓。

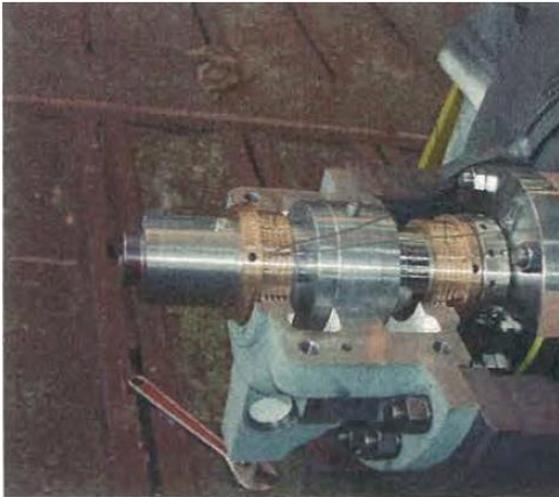
(42)



42.安裝軸承金屬片(兩端)

- 1)檢查並確認安裝方向。
- 2)確認安裝標誌。
- 3)量測軸承金屬片之間隙。
- 4)使用鉛線量測軸承金屬片之間隙。
- 5)安裝上軸承外殼(暫時地)。

(43)



43.安裝上軸承蓋及導流環

1)確認安裝方向。

44.安裝推力軸承零件

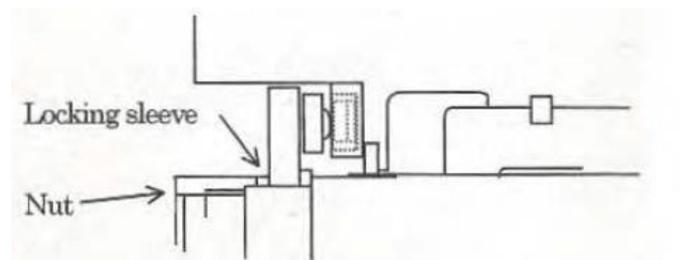
1)安裝油封、推力軸承外蓋(thrust case)、及調整環(adjusting ring)。

2)安裝推力盤(thrust disc)。

3)安裝閉鎖套環(locking sleeve)及螺帽

4)使用治具鎖緊螺帽。

(44)

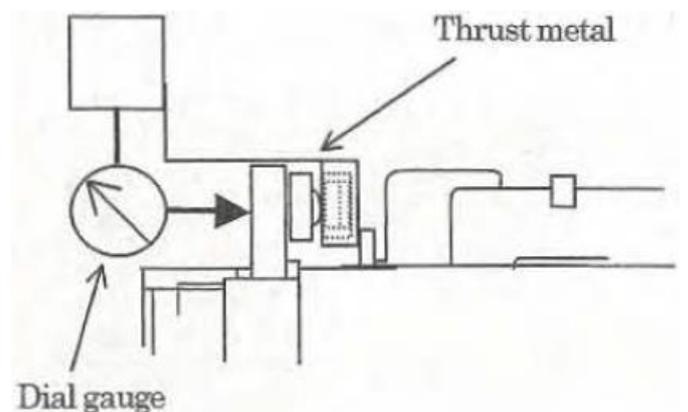
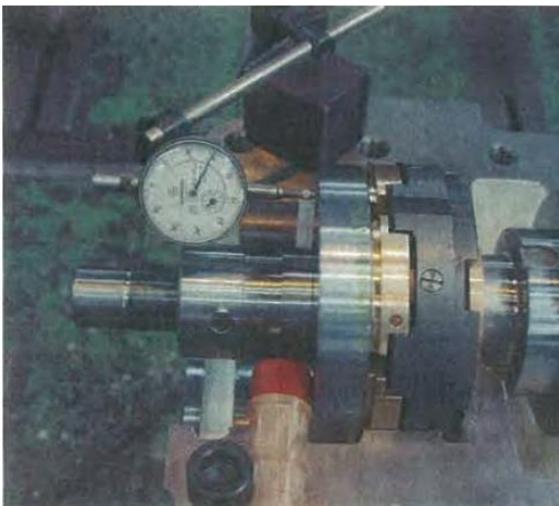


45.量測推力軸承之同心度

1)設定推力軸承蓋平滑處為零點。

2)進行推力軸承之同心度量測(將推力盤推至驅動端側(inboard side))。

(45)

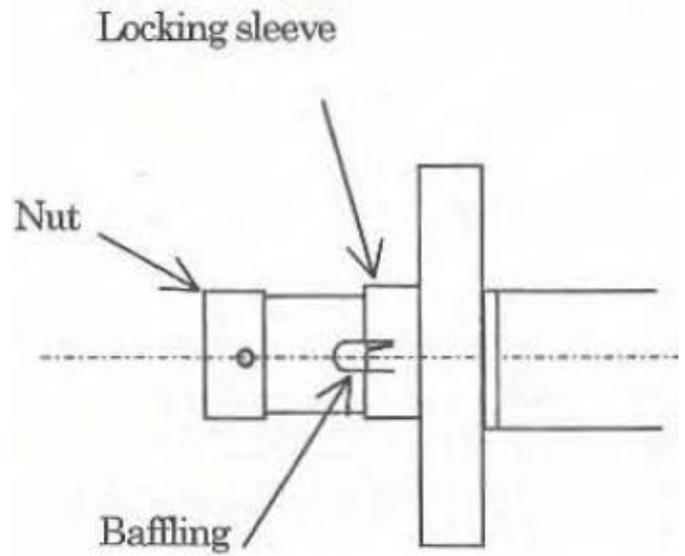


(46)

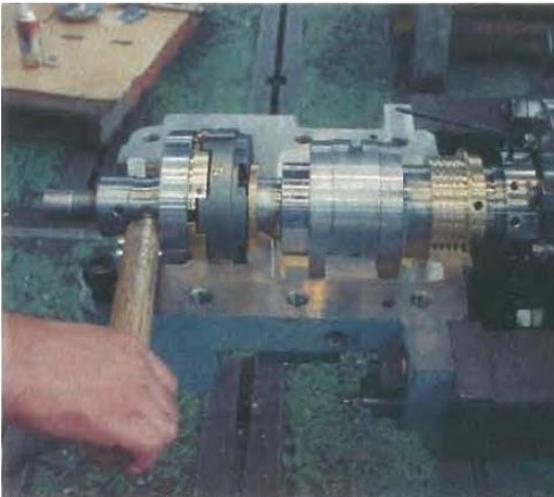


46.固定推力盤螺帽

1)用工具將閉鎖套筒彎曲以固定螺帽

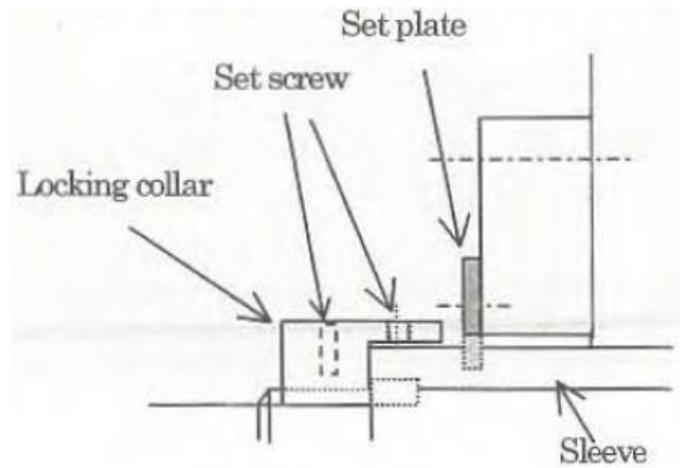


47



47.固定機械套筒閉鎖螺帽(兩端)

- 1)將轉軸推向驅動端(inboard side)。
- 2)固定閉鎖螺帽。
- 3)使用螺栓固定套筒。
- 4)由套筒溝槽將 set plate 取出。



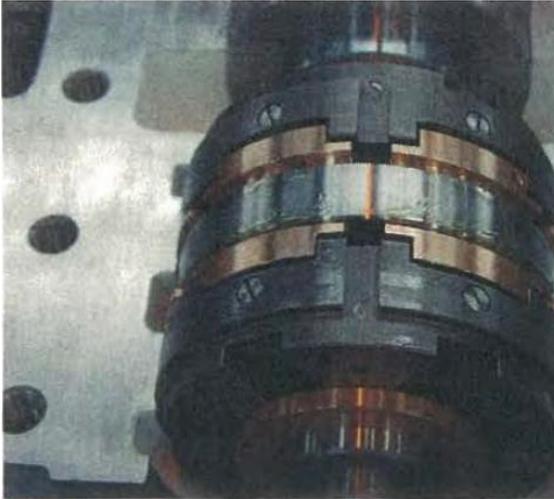
48



48.固定導流環(Deflector)

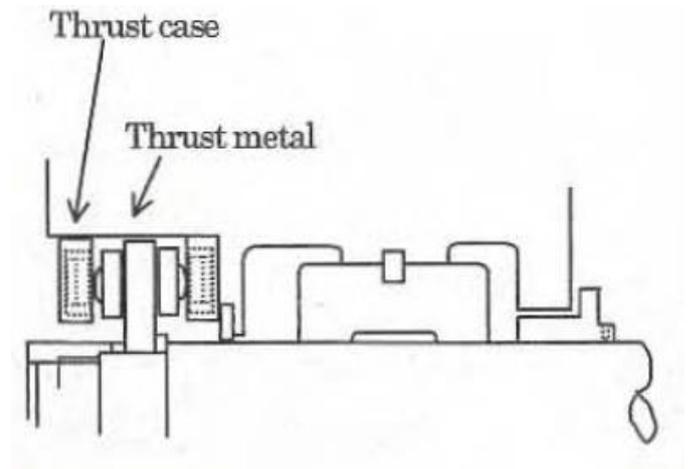
- 1)將轉軸往驅動端推(inboard 側)，並使用 set screw 由兩側驅動端及非驅動端將導流環固定。

(49)

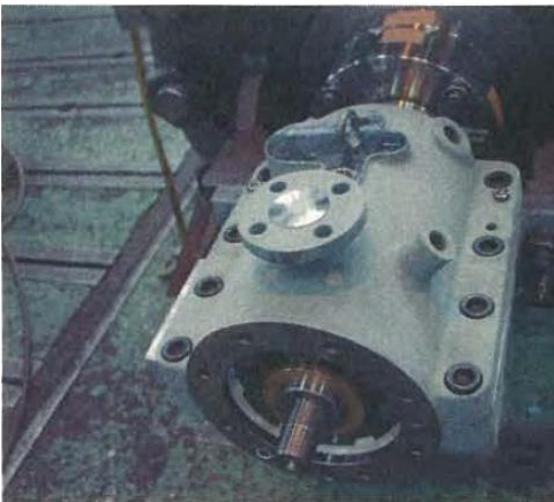


49.安裝推力軸承零件

- 1)安裝外推力軸承殼及可傾瓦塊。



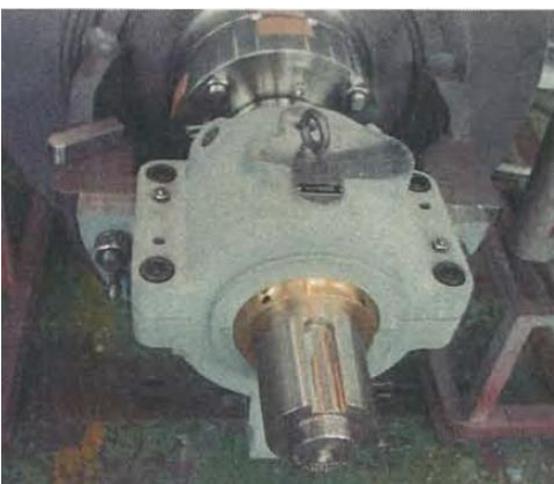
(50)



50.安裝軸承之上側軸承外殼(outboard side)

- 1)在軸承殼之金屬接合面塗上止洩膏防止洩漏。
- 2)插入螺栓(knock bolt)。
- 3)鎖緊其他螺栓。
- 4)安裝油封。
- 5)檢查接合面之排油孔是否暢通。

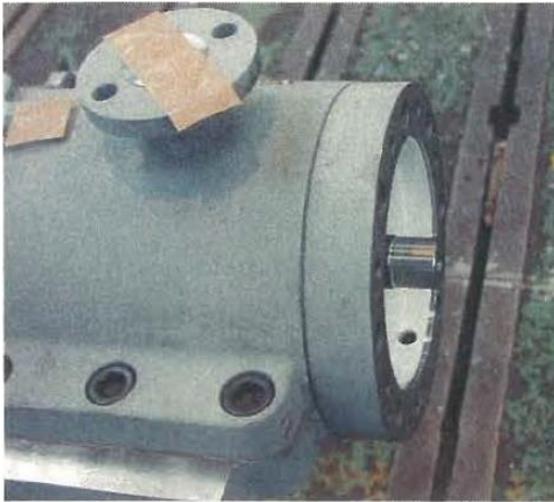
(51)



51.安裝驅動端軸承上外蓋(inboard side)

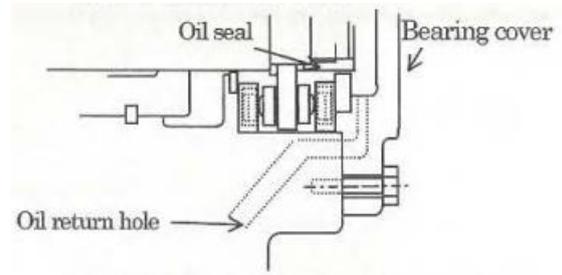
- 1)在軸承殼之金屬接合面塗上止洩膏防止洩漏。
- 2)插入螺栓(knock bolt)。
- 3)鎖緊其他螺栓。

(52)



52.安裝軸承蓋

- 1)安裝油封環及定位墊襯(seat packing)。
- 2)檢查回油孔是否暢通。



- 3)量測推力軸承間隙。

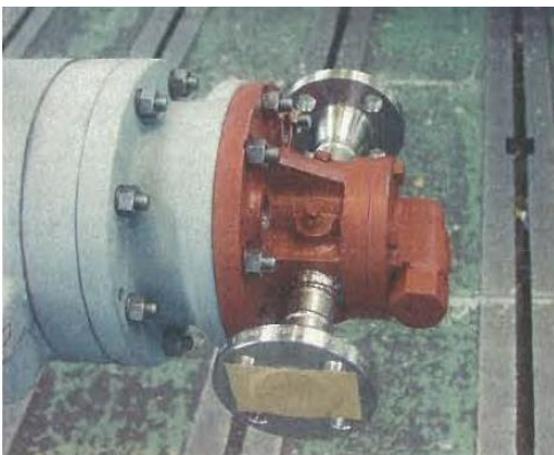
(53)



53.安裝轉軸行程量測板

- 1)裝上油泵聯結器。
- 2)使用螺絲將螺絲其固定。

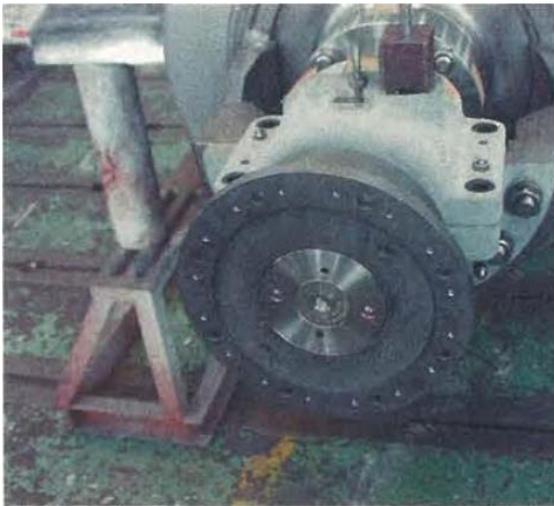
(54)



54.安裝油泵(MOP)

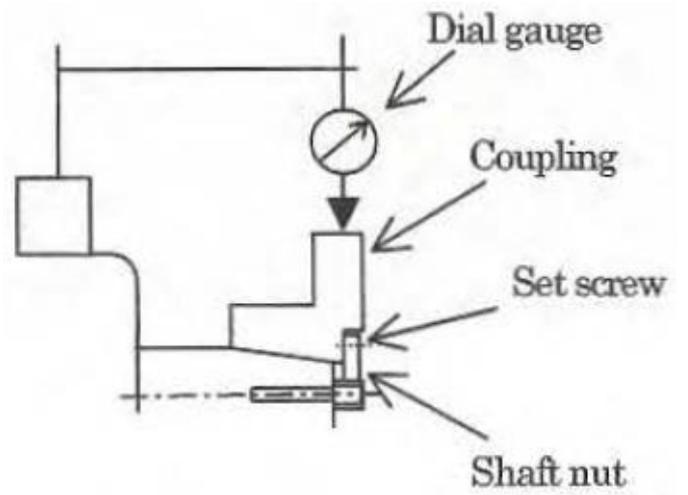
- 1)確認安裝方向。
- 2)安裝消音器。

(55)

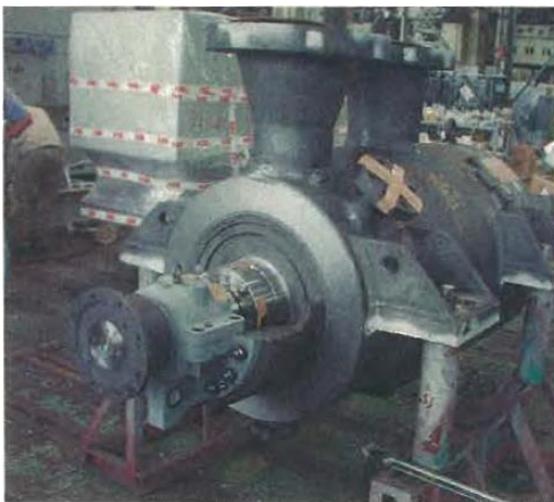


55.安裝聯結器(推拔聯結器)

- 1)加熱聯結器並安裝。
- 2)鎖緊螺帽及螺栓。
- 3)進行聯結器同心度檢測。



(56)



56.組裝完成(驅動端)

(57)



57.組裝完成(非驅動端)

四、鍋爐飼水泵拆解後之檢測工作原則與重點如下：

計有轉動件、軸封件、推力軸承、徑向軸承、內缸、外缸及齒輪聯軸器等部件須進行檢查。

1.轉動件

1)檢查葉輪磨耗環

△目視有無可見之裂痕或缺陷。

△使用 PT(Penetration Test)進行檢測，刮傷、侵蝕及裂痕。

2)量測外殼及磨耗環間之間隙

△使用外徑千分規或度盤式千分規量測外殼及磨耗環間之間隙。

△間隙值需小於設計值之 2 倍(詳附件)。

3)轉軸之同心度檢查

△使用度盤式千分規量測。

△T.I.R 需小於 0.05 mm。

4)轉軸頸之磨耗檢查

△使用厚薄規量測轉軸與軸承蓋間隙。

△間隙值需小於設計值之 1.5 倍(詳附件)。

2.軸封件

1)喉部套筒間隙

△使用外徑千分規及內徑千分規量測。

△間隙值需小於設計值之 2 倍(詳附件)。

△使用目視及 PT 進行檢測刮傷及裂痕。

2)轉軸襯套磨耗檢查

△使用 PT 進行檢測，有無嚴重之裂痕。

△磨耗值需小於設計值之 2 倍(詳附件)。

3)轉軸襯套磨耗檢查—gland packing

△使用目視進行檢測表面刮傷及磨耗。

△1mm 以下或小於直徑。

4)機械軸封檢查

△使用目視進行檢測，刮傷、磨耗及裂痕。

5) 轉軸襯套磨耗檢查—機械軸封

△檢查 U 型偶合件與滑動件間之磨耗情形。

△使用目視進行檢測，刮傷、磨耗及裂痕。

△缺陷須小於 0.20 mm。

3.推力軸承

1)thrust disc 與轉軸之接觸檢查

△目視 thrust disc 與轉軸接觸貼合度。

△目視檢查接觸表面有無腐蝕情況。

2)鍵(key)置於鍵槽之穩固性

△目視檢查鍵有無變形及變長。

△測試鍵置入鍵槽後之穩固性。

3)端蓋螺栓之螺牙檢查

△目視檢查螺牙之情形。

4)thrust metal 檢查

△目視檢查 metal 表面有無裂痕或磨耗。

4.徑向軸承

1)檢查軸承金屬磨耗

△目視軸承金屬有無磨耗情況。

2)轉軸間隙量測

△間隙值須小於設計值 1.5 倍(詳附件)。

5.內缸

1)整體檢查

△以 PT 測試檢查有無嚴重之侵蝕及裂痕。

2)splitter spot 焊接處

△以 PT 測試檢查有無裂痕。

3)檢查墊片之接觸面

△以 PT 測試檢查有無嚴重之裂痕。

4)檢查中間級處之 pumping line

△以 PT 測試檢查焊接處有無裂痕。

△以 PT 測試檢查有無嚴重侵蝕現象。

5)平衡管檢查

△以 PT 測試檢查焊接處有無裂痕。

6.外缸

1)整體檢查

△以目視檢查排出口有無侵蝕現象。

△焊接處有無裂痕。

2)檢查墊片之接觸面

△以 PT 測試檢查有無嚴重之裂痕。

7.齒輪聯軸器檢查

1)齒輪表面檢查

△目視檢查齒輪表面有無磨耗。

2)潤滑油檢查

△目視檢查潤滑油量指示指針高度。

3)齒輪與轉軸之接觸檢查

△目視齒輪與轉軸接觸貼合度。

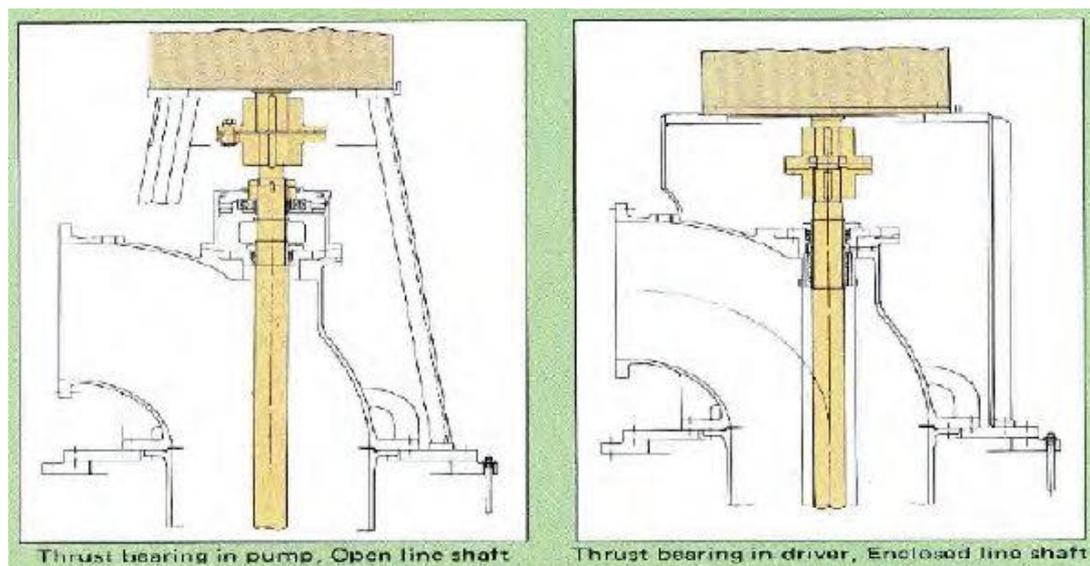
△目視檢查接觸表面有無腐蝕情況。

二、立式海水泵

(一) 結構/型式

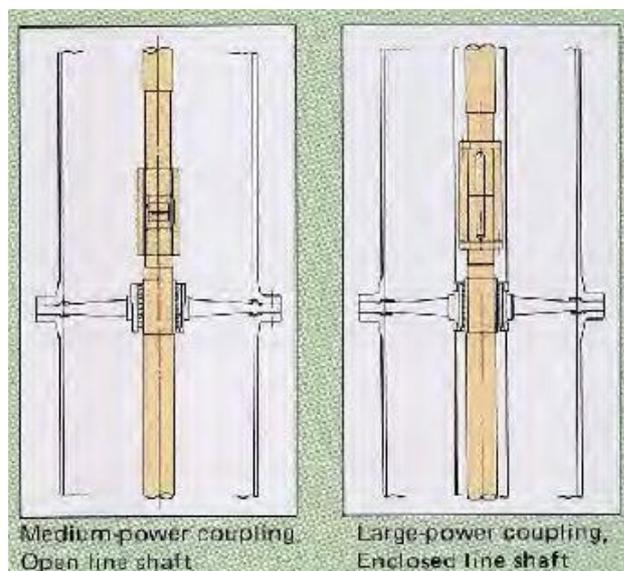
1. 止推軸承之配置位置

如下圖，左側係將止推軸承配置於泵浦端，右側係將止推軸承配置於馬達端。



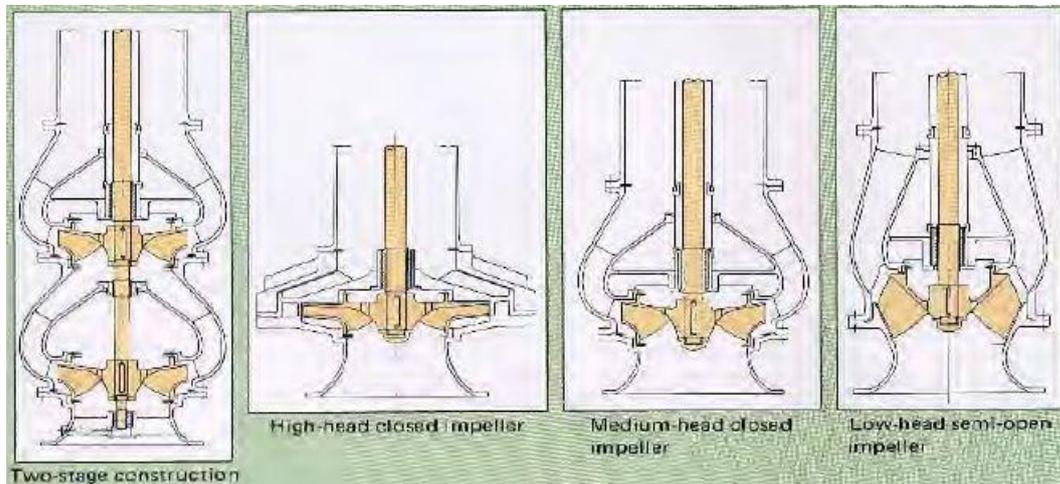
2. 內柱管之設置

如下圖，左側無設內柱管，右側有設內柱管，當泵浦工作環境之水質太差，雜質或含沙量太高，不適合用於軸承潤滑時，可用潤滑水泵將潤滑水由上方泵送至內柱管內供軸承潤滑。



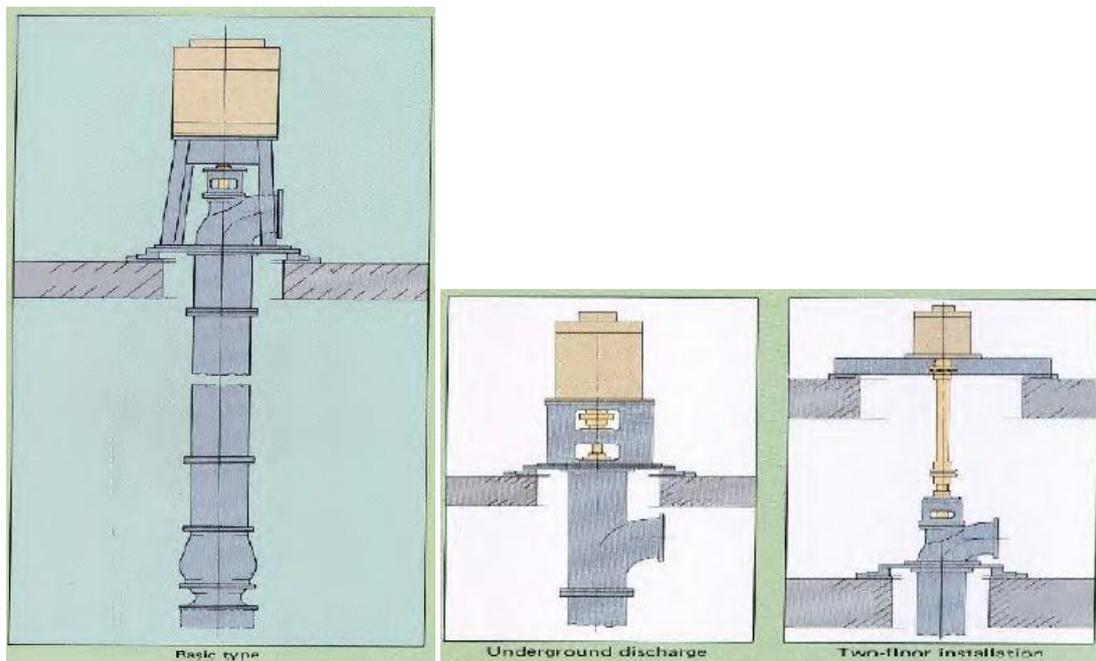
3. 葉輪之型式

如下圖，當需泵送較高壓力時，將有兩段葉輪之設計(左側圖)，依泵送流量高低不同，葉輪形式設計亦不同，為密閉式或半開放式(右側三張圖)



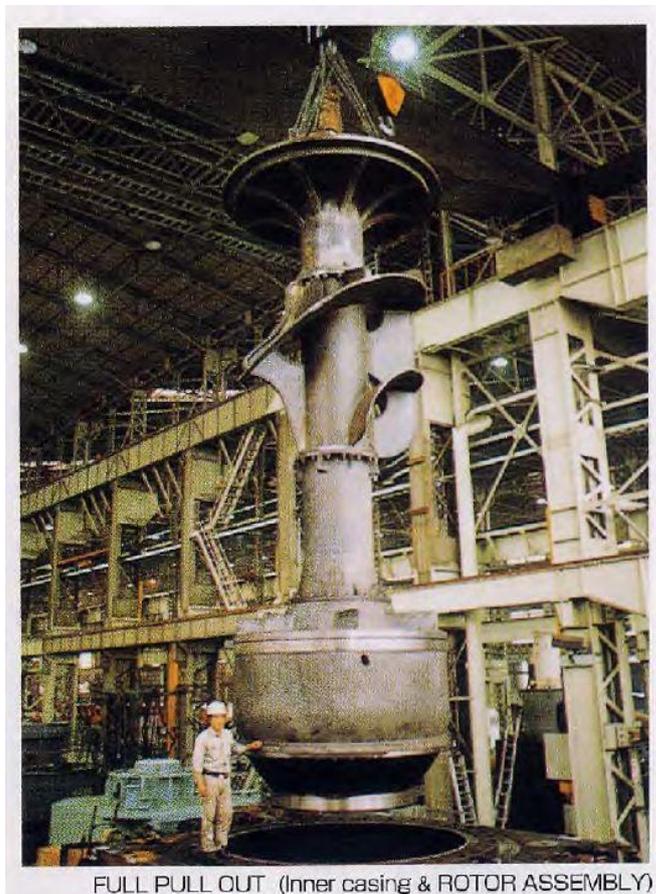
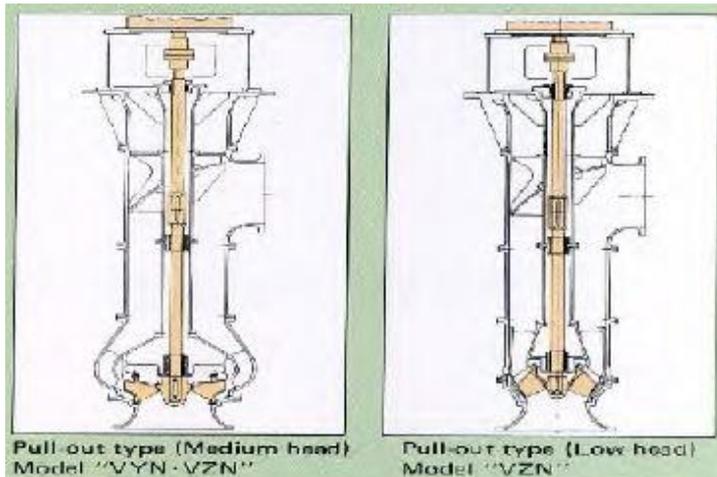
4. 出口座之配置

如下圖，有設置於地面上、地面下、或兩層樓之設計。



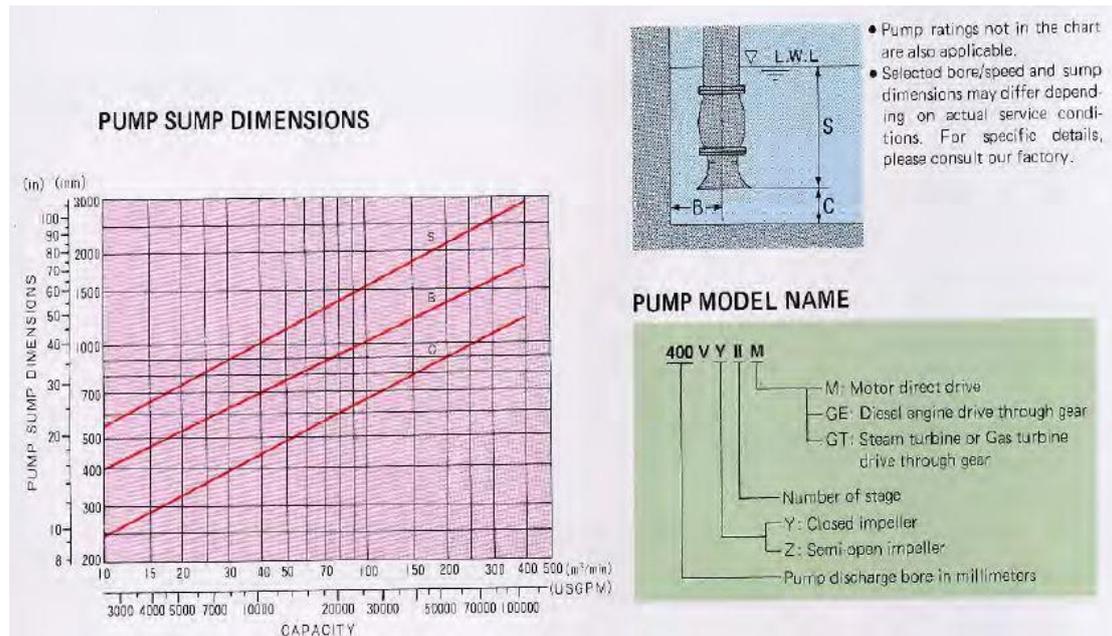
5. 可抽出式(pull-out type)

如下圖，pull-out type 之設計可直接將泵軸、葉輪、內柱管由上方抽出來進行維修，不須將整台泵浦吊起，較為便利省時，密閉式或半開放式葉輪皆可設計成 pull-out type。



(二) 泵浦水坑設計

下圖為 EBARA 公司有關泵浦水坑之設計參考表格，經詢 EBARA 人員表示，除會考量 HI 規範之建議值外，並依據該公司之設計經驗來進行規劃設計，可用電腦進行流量模擬分析，另外可配合製作水槽模型進行水工模型試驗，以驗證泵浦及水坑之設計符合現場運轉條件。



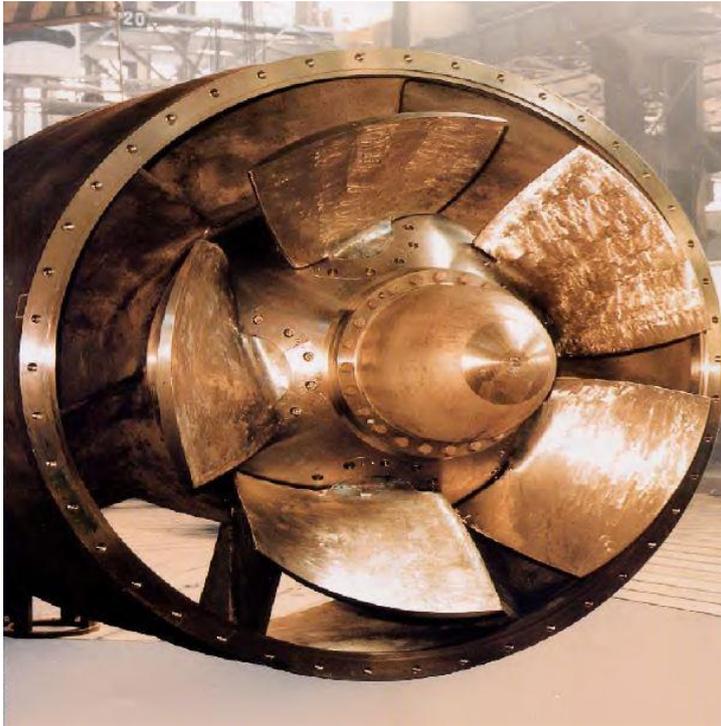
(三) 可動式葉片

若需流量控制，除採用變頻馬達之外，亦可採用可動式葉片，用機械式或液壓式來控制壓力桿，進而調整葉片角度，使在流量或揚程變化情況下得以連續運轉，而且保持高效率之性能，以達到節能之目的。

可動式葉片立式泵之價格較昂貴，其可動葉片機構之構造複雜，維修保養困難，故障率較高。經洽詢 EBARA 人員表示，若可動葉片機構損壞時，其製訂維修所需時程如下表。

可動葉片機構	製造交運時程	施工時程
動力桿	約 1~2 個月	約 2 週
葉輪調整機構	約 4~5 個月	約 2 週

可動式葉片立式泵之相關圖面及技術資料如下圖。



葉片外形圖



泵軸及葉片整體外形圖

Photo 2 Main shaft and impeller of pump

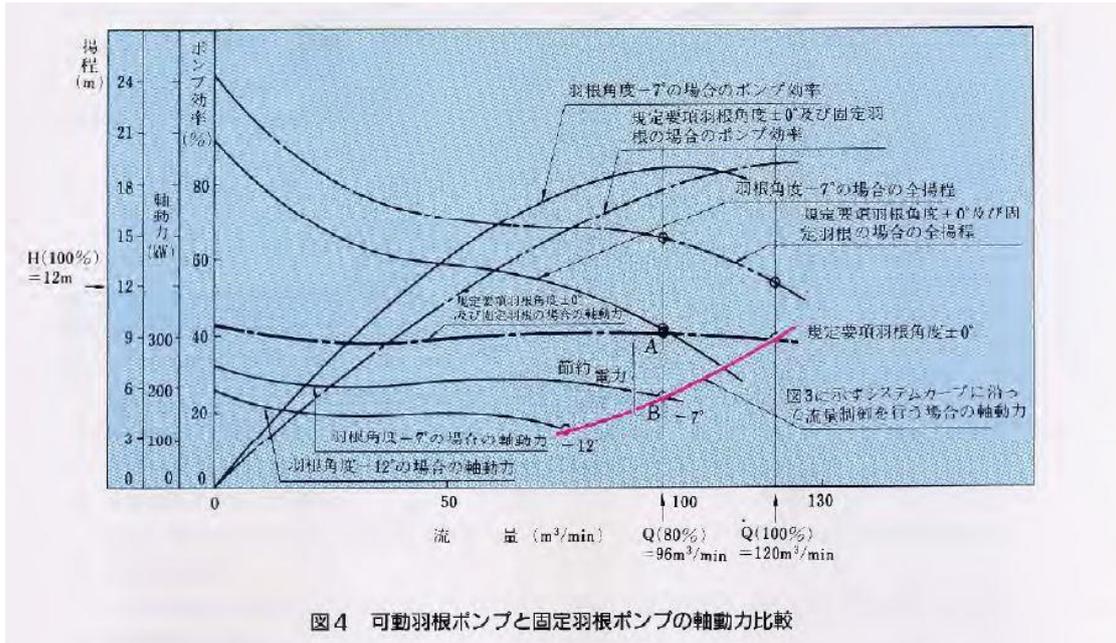


圖 4 可動羽根ポンプと固定羽根ポンプの軸動力比較

可動式葉片與固定式葉片泵浦之軸動力比較圖

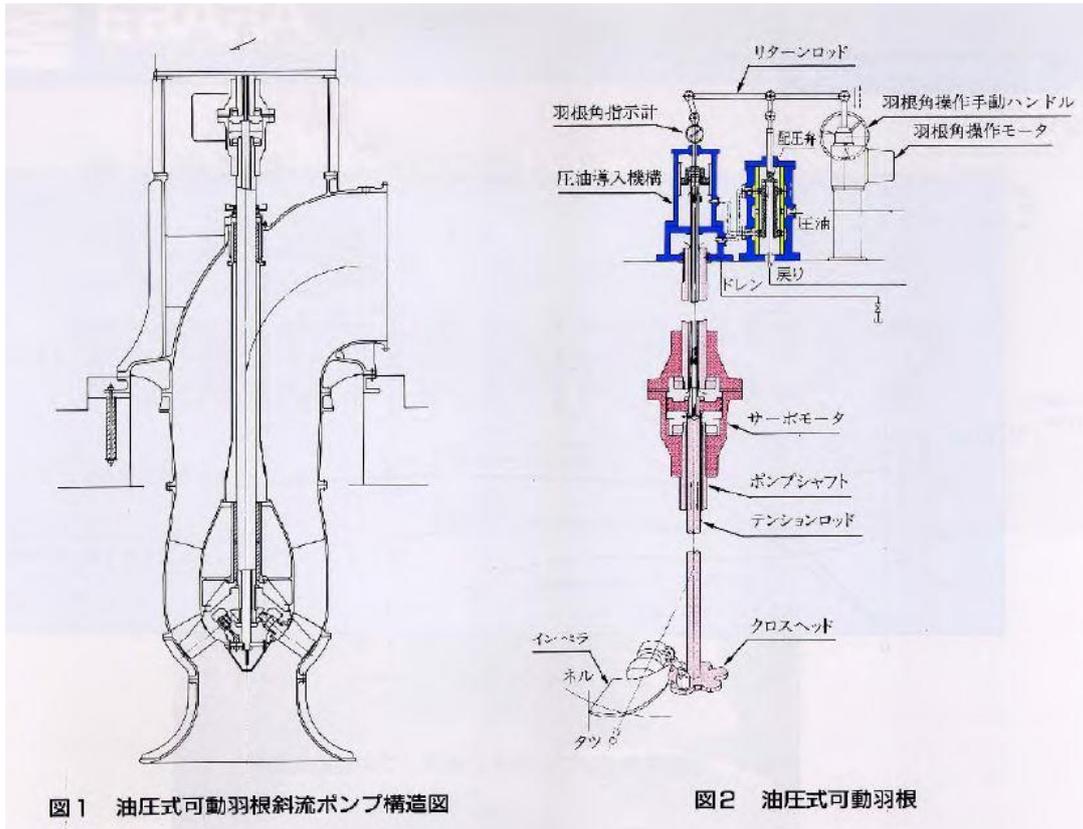


圖 1 油圧式可動羽根斜流ポンプ構造図

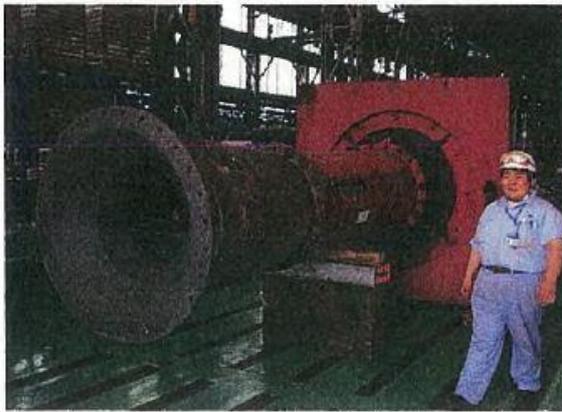
圖 2 油圧式可動羽根

可動式葉片立式泵之油壓式機構結構圖

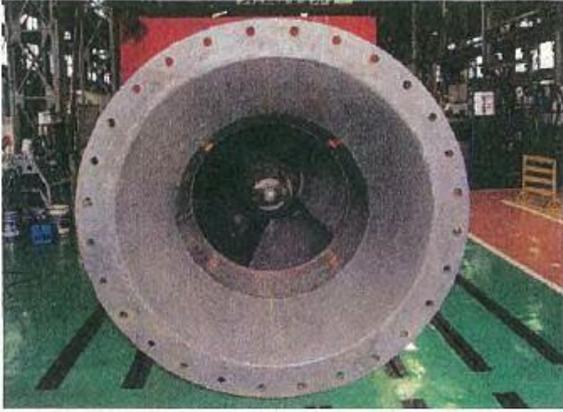
(四) 拆解/組裝程序

本次於 EBARA 受訓，主要訓練內容著重於實際泵浦拆解與組裝之教授，並說明過程中量測相關間隙尺寸以確認是否符合設計值。以下茲就 EBARA 立式泵型號 800VZN 說明拆解與組裝程序。(由於 EBARA 公司表示於實習工廠內不得照相，所以以下圖片由 EBARA 公司所提供之 training material 中擷取使用。)

1. 拆解程序



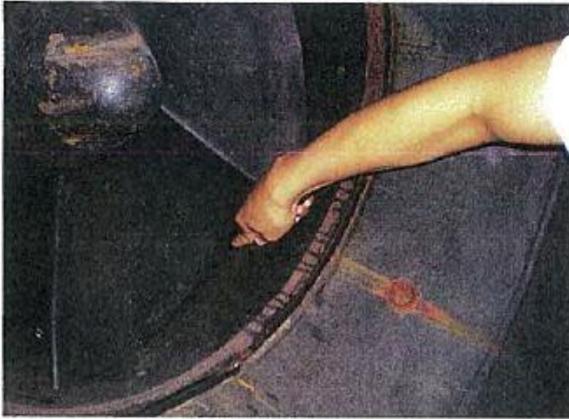
泵浦型號 800VZN 拆解前
入口端



入口端



出口端

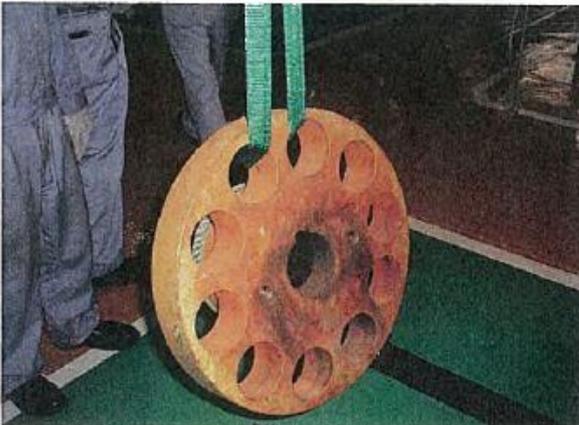


用厚薄規(feeler gauge)量測葉片與泵殼之間間隙，量測 4 點



移除聯軸器
用吊車吊升聯軸器，並設置保護墊，防止損壞

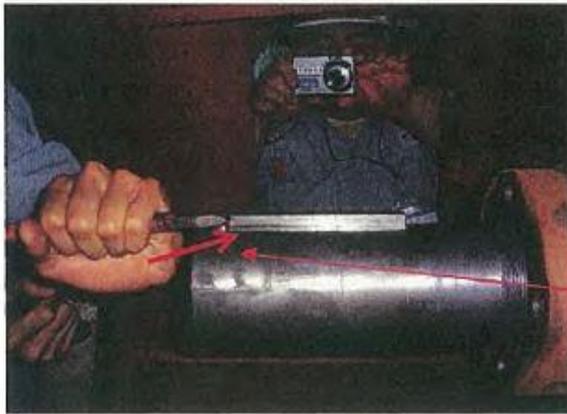
保護墊



聯軸器已移除

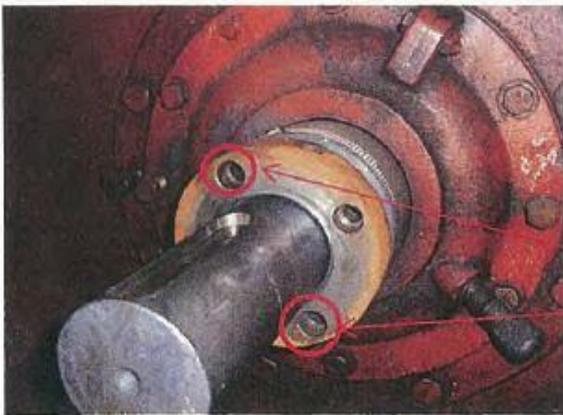


移除鍵(key)前，先量測調整螺帽和軸底端之距離



用鑿子和錘子移除鍵

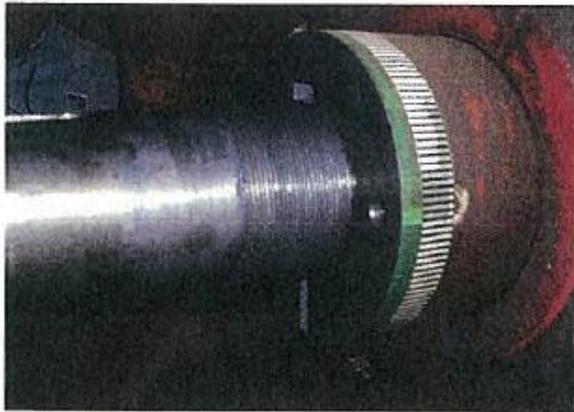
敲擊方向



調整螺帽係用兩個螺栓固定



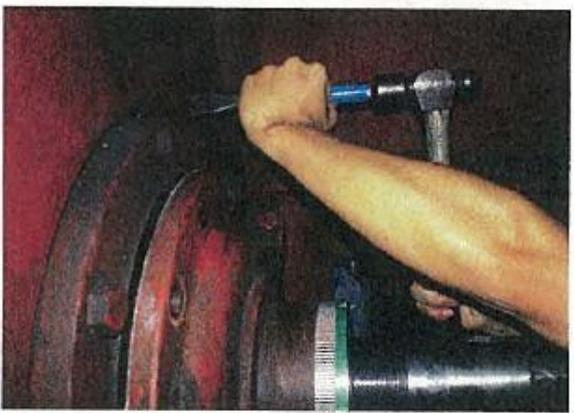
移除調整螺帽



調整螺帽已移除



用馬克筆標示相配標示，避免組裝時混淆

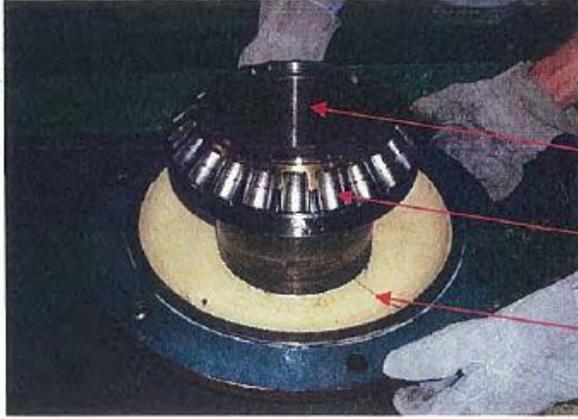


或用鑿子和錘子來標示



已做好相配標示

相配標示



移除軸承蓋、軸頸、止推軸承

軸頸

止推軸承

軸承蓋



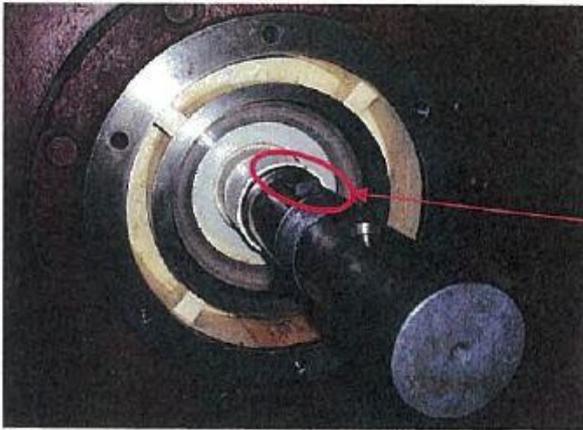
軸頸和止推軸承已分離
(側視圖)



軸頸和止推軸承已分離
(放大圖)

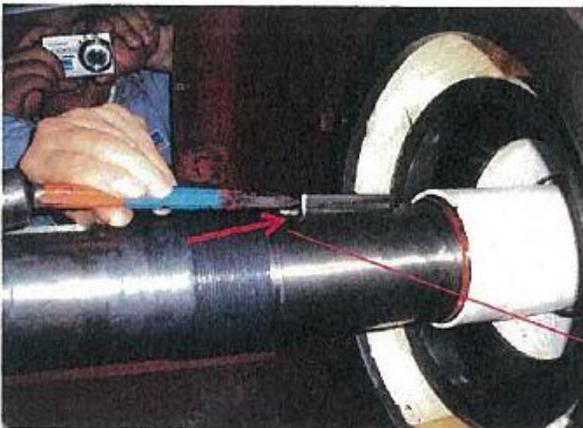


軸承蓋



止推軸承已移除

軸頸鍵



移除軸頸鍵

敲擊方向



用衝擊扳手鬆開軸承箱螺栓

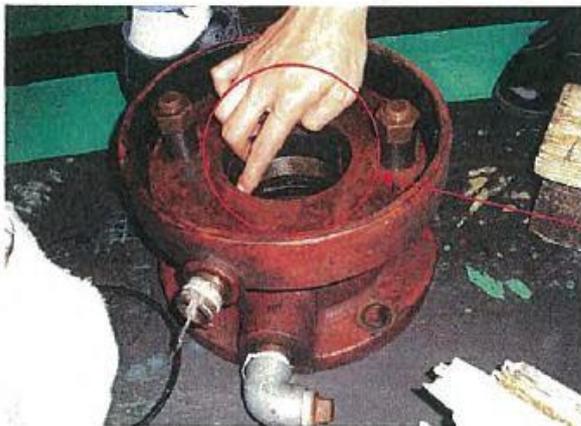


移除軸承箱前，先確認軸頸
鍵已先移除
密封環容易損壞，移除過程
須特別注意

密封環

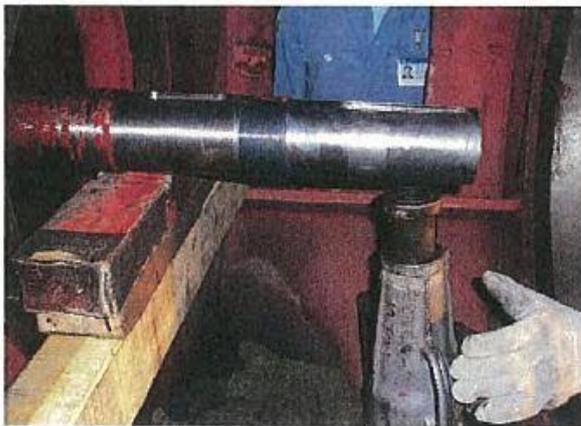


移除填料函
注意避免損壞填料



填料函已移除

浮動密封板



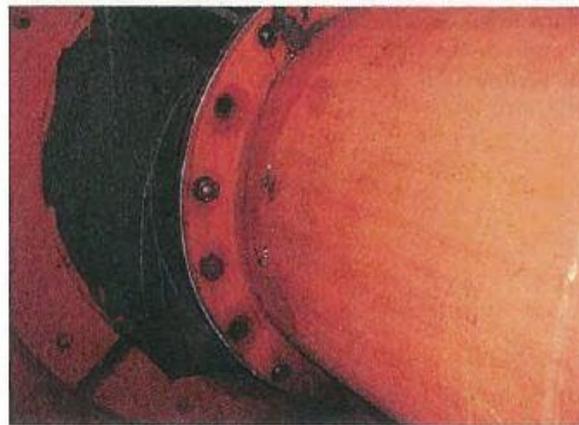
用支撐架來支撐泵軸



移除水柱管和出口座間螺栓



確認水柱管重心，保持水平
吊升水柱管



當移除螺栓時，留兩個螺栓
在兩側，避免一次移除所有
螺栓造成法蘭螺栓孔位移，
而使螺栓卡住無法移除



移除水栓管時，須用吊車懸吊泵軸，避免因軸承移除時，造成撓曲



水柱管和出口座已分離
暫時用木塊支持泵軸防止撓曲



移除吸入口
懸吊吸入口，先保留 2 個螺絲於兩側，移除其餘螺絲，最後再移除剩餘 2 個螺絲，然後移除吸入口



因墊圈已被彎曲用來固定葉片螺帽，所以先用鑿子和錘子敲平墊圈



已敲平墊圈

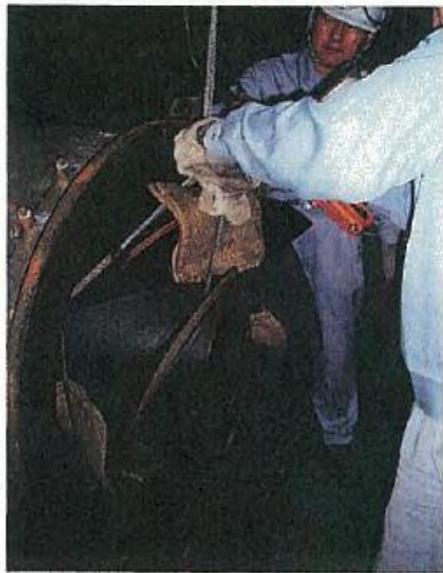
轉動阻擋器

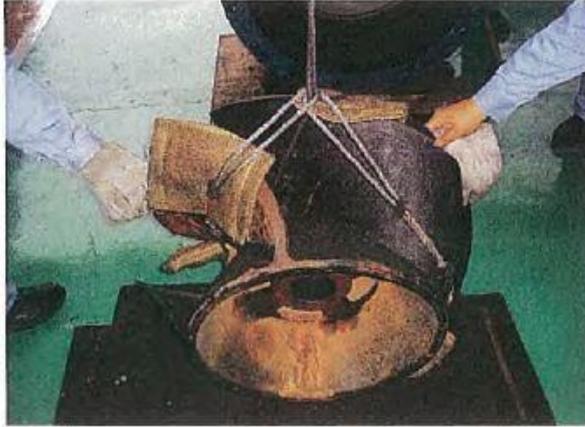


先固定泵軸，再以夾具和錘子或管板手來鬆開葉片螺帽



移除葉片
用鋼索固定葉片，提供保護
墊於葉片與鋼索間，並確保
葉片重心已以鋼索綁緊





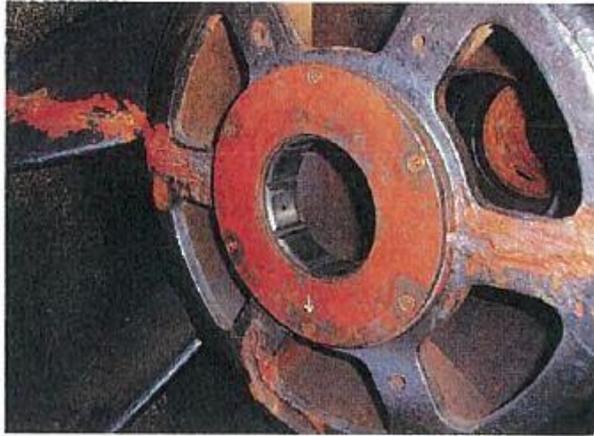
放置已移除之葉片，用防滑墊和防滑塊來維持平衡



移除導架(guide casing)



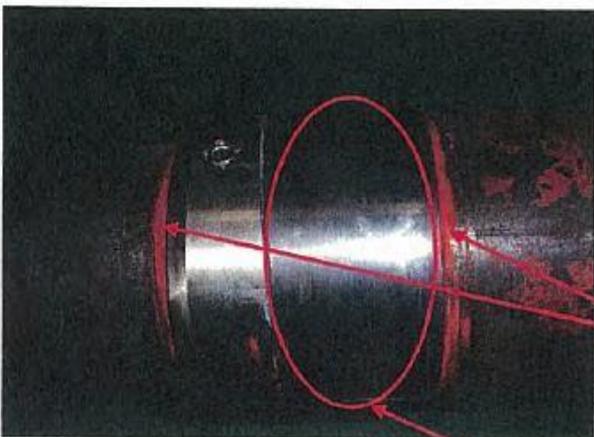
移除泵軸
從入口端往出口端拉出泵軸
移除泵軸前，先確認已移除
葉片鍵，並用尼龍吊帶吊
移，以防止損壞泵軸



下軸承(PEEK 軸承)



下軸承滑動面(軸承端)



下軸承滑動面(泵軸端)
兩端密封以防止水和其他雜
質侵入

密封處

滑動面



移除後，量測滑動面，尺寸
確認是否符合設計值



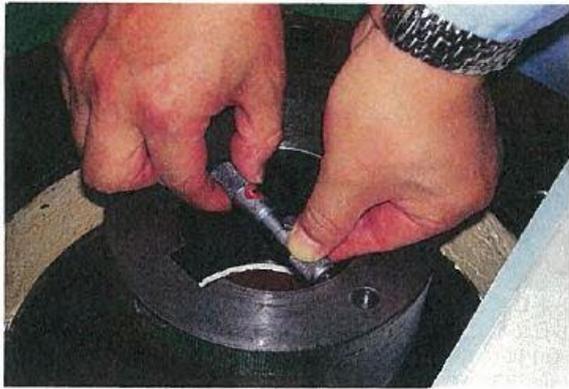
量測 4 點



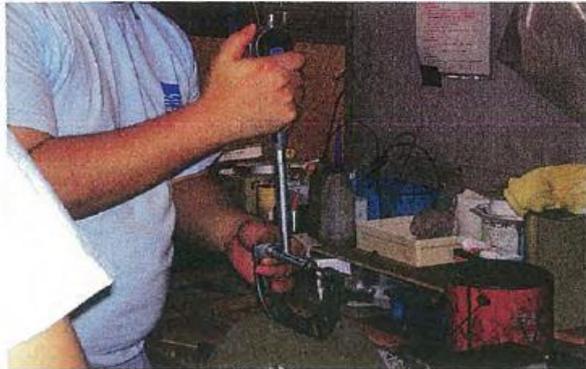
重覆 3 次量測，以確保量測
之結果相同



用測微器來量測葉片內徑



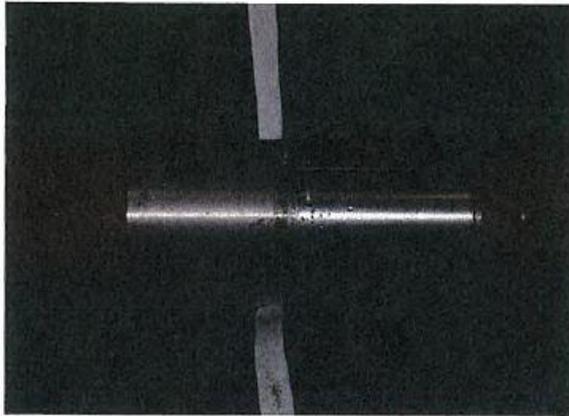
量測軸頸內徑



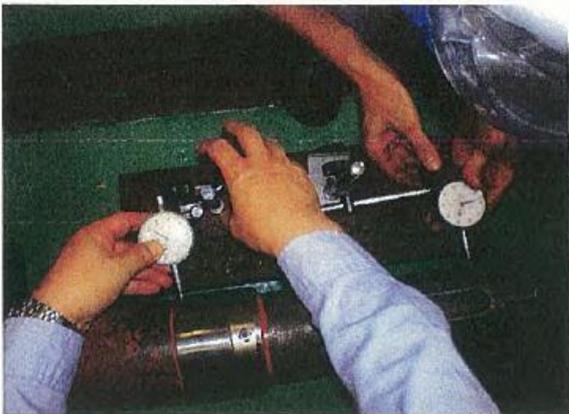
量測工具須先調校



量測軸承內徑



用 V 形木塊固定軸於水平位置，以潤滑油潤滑固定處，旋轉軸進行偏心率量測



於組配區(軸承或葉片區)確認軸偏心率



用油磨石清理法蘭面



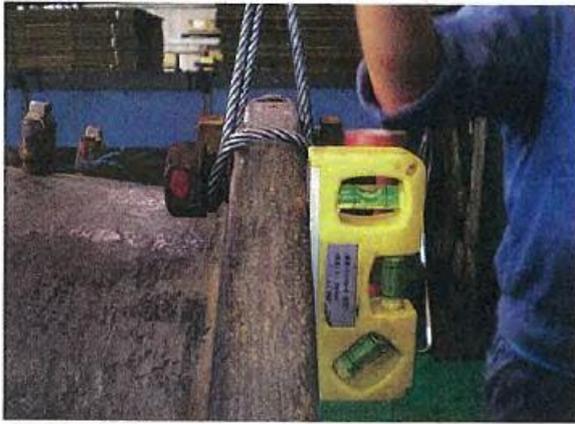
噴防鏽劑(WD-40)

2. 組裝程序

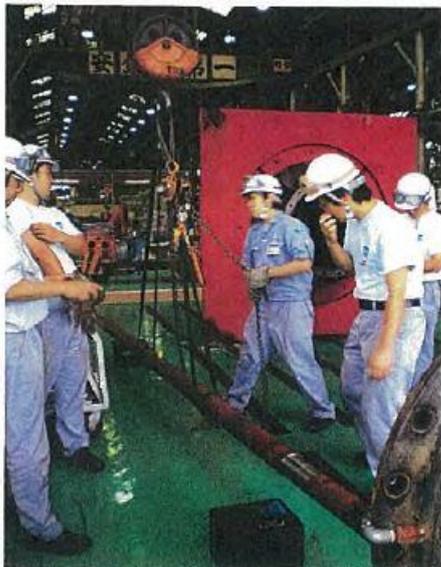


調整各零件(軸承、泵軸等)水平位置，以增加工作效率

水平儀



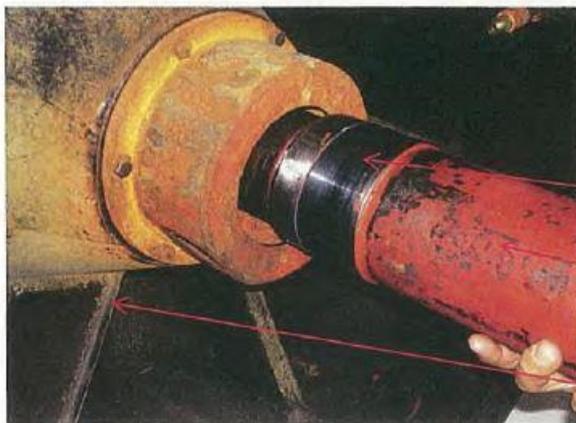
確認水平，用鋼索加以調整



用鋼索或尼龍吊帶來吊升泵軸，並調整水平



將泵軸插入下軸承

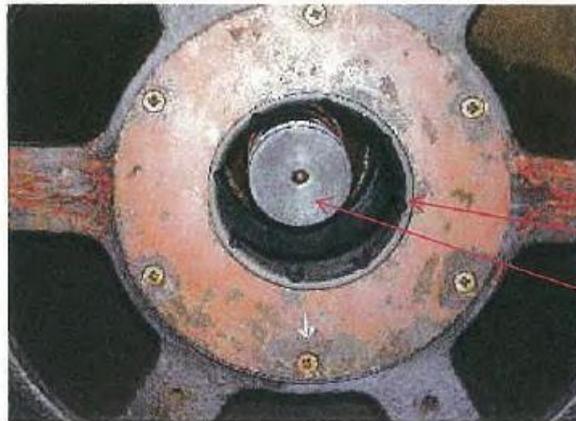


插入泵軸時，須注意配合面

硬質合金套筒

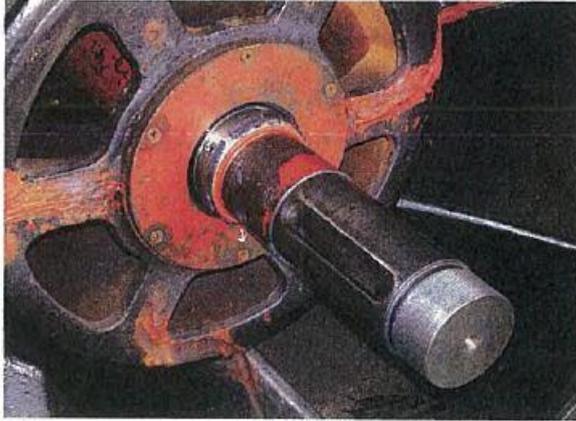
泵軸

導架(guide casing)



下軸承

泵軸



泵軸已插入下軸承



保持水平吊升水柱管，然後
連接至下軸承



水柱管



以支撐器支撐泵軸以避免撓曲

水平儀



如果泵軸的軸承區非不銹鋼材質，噴防鏽劑以防止長期不使用而生鏽



固定水柱管
用鐵撬或棘輪扳手來當導引
工具

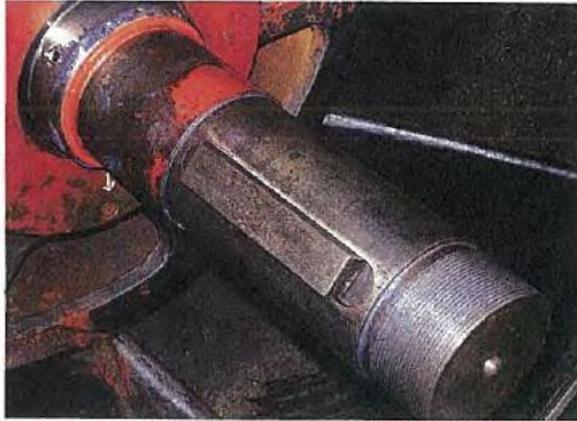
鐵撬或棘輪扳手



鎖緊螺栓
先鎖緊 2 個螺栓於兩側，以
確保法蘭面固定，再以對角
的方式依序將所有螺栓鎖緊



若鋼索太短或無適當鉤環可
用，則可以用螺栓來吊升



將葉片鍵用軟質錘子輕敲入
泵軸



在裝好葉片鍵後，量測泵軸
加鍵之外徑，並比較相對應
軸孔之內徑



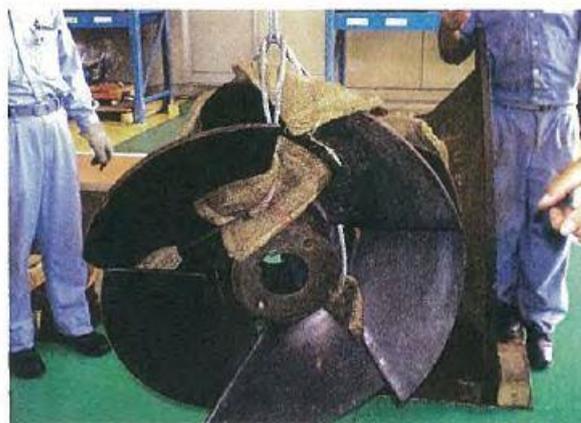
量測相對應軸孔之內徑



另一種量測外徑的工具



吊升葉片
用鋼索吊升葉片，須加以考量負重平衡和泵軸鍵的位置



因葉片不容易平衡，所以不可以一次吊升起來，並須考量葉片安裝於軸後要可移除鋼索



將葉片安裝於泵軸上，確保鍵的位置已定位，再移除鋼索



葉片已安裝於泵浦



暫時鎖緊葉片螺帽，將葉片
推入定位

葉片

管扳手



鬆開移除葉片螺帽

葉片螺帽



量測軸螺紋和葉片之間隙，
比較拆除前之尺寸，以確保
葉片位置正確定位



固定葉片，裝上墊圈後，將
葉片螺帽鎖緊



將墊圈彎曲一角，以鎖住固
定葉片螺帽



葉片螺帽已被彎曲



吊升吸入口
將鋼索固定在靠近螺栓的位置，中間放置方形木塊來調整吊升角度

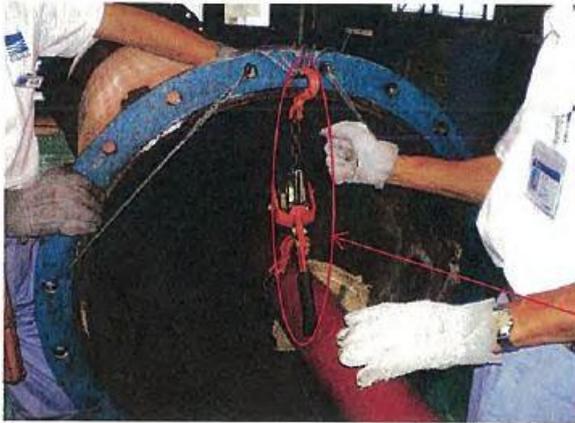
用方形木塊來調整角度



安裝吸入口
先鎖 2 個螺栓於二側，然後依序以對角的方式鎖螺栓



吸入口已安裝完成



安裝吸入端外殼
將吸入端外殼和泵軸安裝至
出口座，用握柄滑輪支撐泵
軸防止撓曲

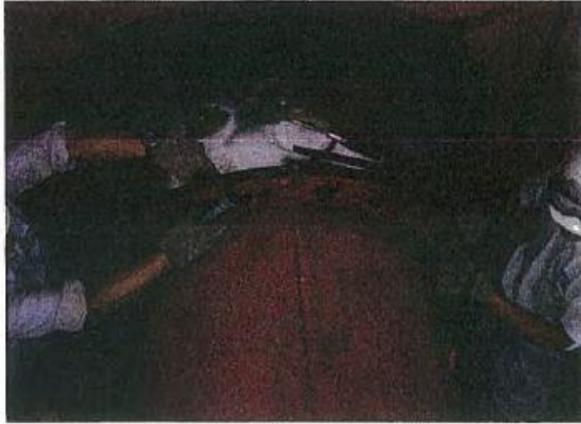
握柄滑輪



側視圖



安裝水柱管和出口座
暫時支撐泵軸，然後移除握
柄滑輪，再連接水柱管和出
口座



連接水柱管和出口座



當泵軸穿過軸承後，須支撐
泵軸防止撓曲



水柱管已安裝

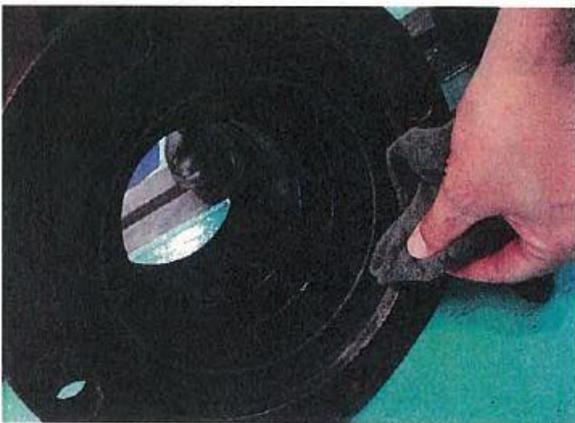


固定填料函
將矽油脂均勻塗於 O 型環，
然後放置於填料函

矽油脂



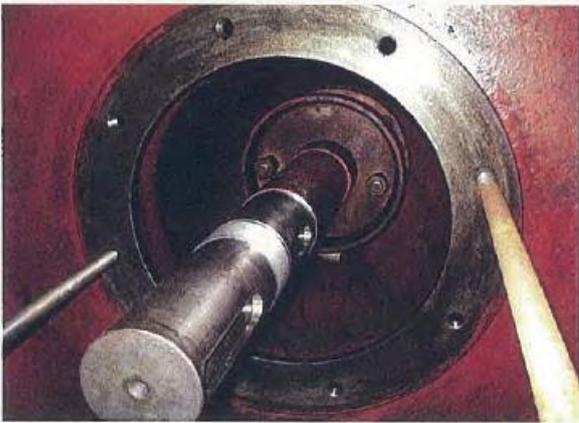
當塗矽油脂時，將 O 型環弄
成球狀，以防止拉伸



清理 O 形環之配合面



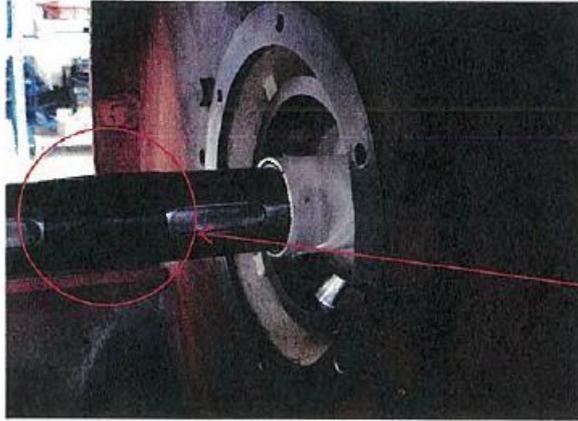
安裝填料函



填料函已安裝



安裝軸承箱



在安裝填料函的過程中，用膠帶保護泵軸的螺紋

用膠帶黏貼於泵軸螺紋



安裝軸頸及止推軸承
在安裝鍵於泵軸上前，先將鍵放置於軸頸上，以確認不會影響滑動面

安裝鍵



安裝止推軸承



打錘桿

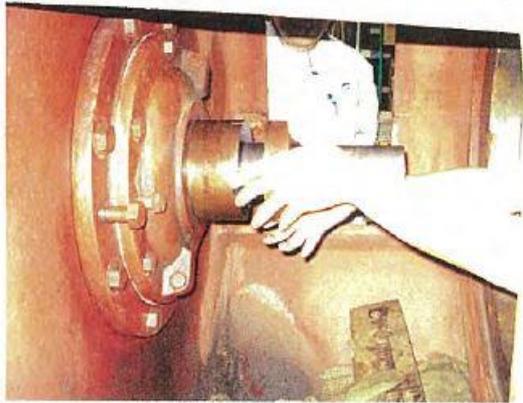
用打錘桿將泵軸移動到葉片接觸泵殼磨耗環，確認泵軸之移動行程



量測馬達基座和軸端之距離



敲擊葉片螺帽到葉片接觸導架，再進行量測一次，兩次量測值相減即為軸的移動行程



鎖緊調整螺帽至軸頸底端



量測葉片與泵殼間之間隙，
量測上下左右共 4 點，確認
量測值是否符合設計值範圍





量測調整螺帽和泵軸底端之距離，比較拆解前之量測值



安裝聯軸器
須提供保護墊於外殼以防止損壞，並確認聯軸器調整環安裝定位

保護墊

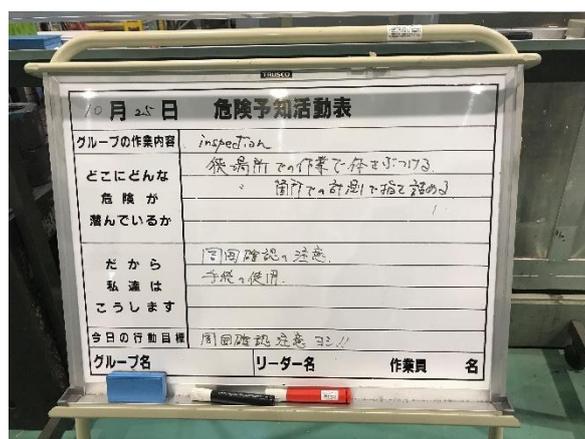


聯軸器調整環

參、研習心得與建議事項

此次順利完成受訓課程，首先感謝本公司各級長官對海外實習的重視與支持，透過本次至日本鍋爐飼水泵廠家 EBARA 實習及技術研討，對個人增長專業知識和開拓視野，實獲益良多。

每次到實習工廠上課時，講師會先告知實習課程的大致內容，然後要學員針對課程要進行的內容及動作等，去設想可能哪些危險因子存在以及其預防方法，以做為上課中最重要之安全守則，這是該公司員工在工廠工作前必要程序之一，除了要提醒學員注意自身安全外，講師也提到該公司這樣做的目的，主要是藉由學員的臨場反應，讓講師掌握每個學員當時的狀況。如下圖，為本次實習課程中某一天的每日危險活動預知表。這是我們可以學習的地方。



轉軸的平直程度是泵浦能維持平穩運轉的重點之一。在拆解及組裝過程中，為了讓轉軸彎曲程度不因重力產生些微影響，講師時時提醒我們要注意轉軸的水平放置情況，以及隨著不斷拆解或組裝程序的進行，轉軸上的負重會時時變換，故需變換支點位置以提供合適的支撐點。所以注意細節，並落實執行，是維持設備高品質的基本要求。

建議事項：

1. 本次訓練課程為「鍋爐飼水泵之設計、製造、測試、運轉及維護訓練」，EBARA 課程安排偏重於維護訓練，即泵浦之拆解、檢查、組裝等訓練，並實際進行鍋爐飼水泵、立式海水泵、水平離心泵之拆組教學，實務經驗甚是寶貴，建議電廠或修護處等運維人員可參加此訓練，於學習上更能發揮事半功倍之效果，或是詢問廠家提供更進階之訓練課程，對日後電廠設備運轉及維護保養更有助益；

或是延長受訓時程，加強其設計專業技術之課程，以增加對相關核心技術之掌握。(本次實習之泵浦為 EBARA 實習工廠內專供訓練用泵浦，非大林更新計畫相同之鍋爐飼水泵及立式海水泵)

2. 根據 EBARA 公司多年設計、製造及客戶回饋運維經驗，建議大林鍋爐飼水泵要建立以下項目之備品，於設備檢修時進行更換，以維持設備的穩定運轉及保持機組效率。

	Name of Part
Gasket	Discharge Cover to Barrel Volute to Barrel End Cover Suction Cover to Barrel Suction Strainer、
O-Ring	Throttle Bush Volute Side Throttle Bush Outer Side Balance Stage Piece Sealing Sleeve Interstage Stage Piece – Center Split Take off Tube Interstage Sleeve Retainer Interstage Deflector Oil Sight Throttle Bush Inner Side Throttle Bush Cover Side Volute to Bushing Volute

3. 隨著材料製作技術進步與價格降低，本公司未來機組之海水循環泵可逐步採用雙向不銹鋼材質，以加強耐應力腐蝕性及長時間運轉的可靠度。建議由各計畫之負責同仁及工程設計顧問公司於開立規範時審慎評估採用。

4. 為確保機組可靠度及正常運轉功能，泵浦設備維護時之檢測工作相當重要，應確實按照廠家提出之各項工作程序書執行，其原則與重點工作已整理如本文章節貳、一、(四)、四拆解組裝過程--拆解後之檢測原則與重點工作所述。

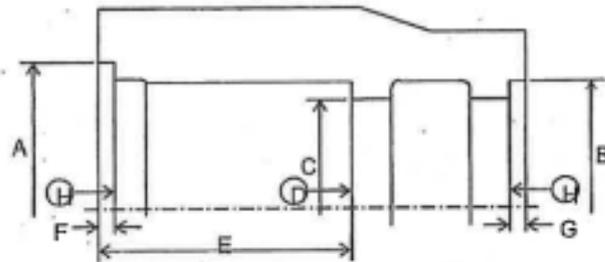
本次實習，Ebara 公司除安排 Mr. Wang Xiongying, Mr. Oshiyama Koji, Mr. Nakayama Noriaki, Mr. Takahashi Takumi, Mr. Hisayuki Kuriwaki 講師教授專業知識，及分享實務經驗，另亦安排商務部門 Mr. Takumi Nakanishi 協助安排交通及住宿，並於受訓期間，提供工作褲、外套、安全鞋借用，使我們能專心於訓練課程並受益良多，在此特表感謝！最後感謝組內長官及同仁在出國期間給予的幫助與支持。

肆、 參考文獻

1. Training Materials, EBARA Corporation.
2. 林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵設計、製造、測試、運轉、維護，2014，潘元章

伍、 附件

1. Outer casing



1-1. Deflection tolerance

Perform centering at A and B.

- 1) Deflection at C: 0.15 mm or less (target: 0.10 mm or less)
- 2) Deflection at D: 0.07 mm or less (target: 0.05 mm or less)

1-2. Dimensional tolerance

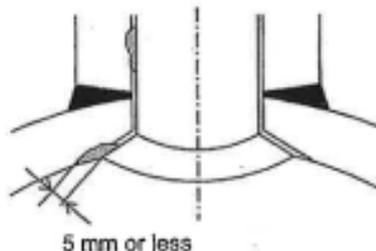
- 1) A: Design value + 0.75 mm or less (clearance after assembly: 1.5 times of the design value or less)
- 2) B: Same as for A
- 3) C: Same as for A
- 4) E: Design value + 1.00 mm or less
- 5) F: Design value + 0.05 mm or less
- 6) G: Design value + 0.15 mm or less

Tightening bolt for the outer casing cover

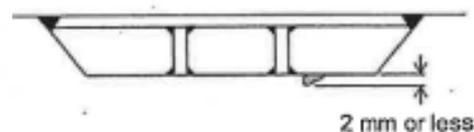
- 7) Unified Screw Thread Class 1A or lower allowed

1-3. Judging criteria for visual surface inspection

- 1) At the surface C, a bite depth of 1 mm or less/bite length in the circumferential direction of 100 mm or less is allowed (the total length of bites of 100 mm or less must not be 1/4 of the circumference or more).
- 2) Surface D/H: Any dent must not have a width equal to/greater than 1/5 of the gasket contact width (radial direction).
No damage of 0.03 mm or more in depth and equal to/wider than 1/5 of the gasket contact width is allowed (radial direction).
- 3) For the area near the root of the discharge nozzle, erosion of 5 mm or less is allowed.
- 4) For the bridge-welded area, erosion of 2 mm or less is allowed.
- 5) For the inner surface of the discharge nozzle, the allowable erosion level is determined based on strength calculations by the design dept.



5 mm or less



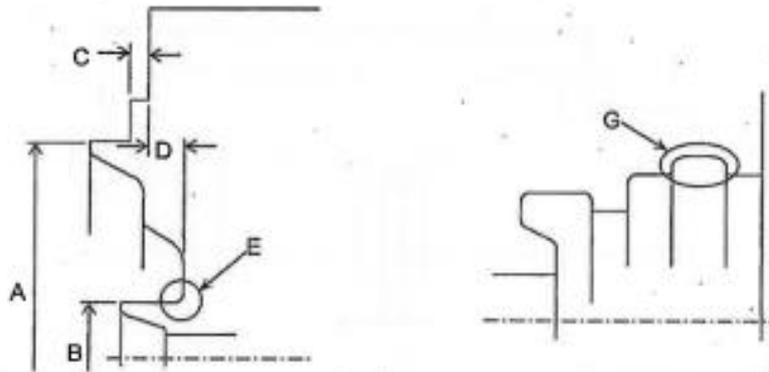
2 mm or less

1-4. PT judging criteria

- 1) Line defect: Up to 3.2 mm allowed
- 2) Circular defect: Up to 4.8 mm allowed

The attachment/PT judging criteria (judging criteria for the stainless steel welding of the pump casing/casing cover) gives a guideline for temporary use; any damaged part should be promptly repaired.

2. Outer casing cover (discharge side)



2-1. Dimensional tolerance

- 1) A: Design value - 0.075 mm or less (clearance after assembly: 1.5 times of the design value or less)
- 2) B: The difference between the maximum and minimum measured values should be 0.13 mm or less (clearance with the inner casing bushing: 0.075 mm or less).
- 3) C: Design value - 0.030 mm or less.

2-2. Judging criteria for visual surface inspection

Gasket contact surface

- 1) Any dent must not be wider than 1/5 of the gasket contact width (radial direction).
- 2) No damage of 0.03 mm or more in depth and equal to/wider than 1/5 of the gasket contact width is allowed (radial direction).

2-3. PT judging criteria

- 1) Line defect: Up to 3.2 mm allowed
- 2) Circular defect: Up to 4.8 mm allowed

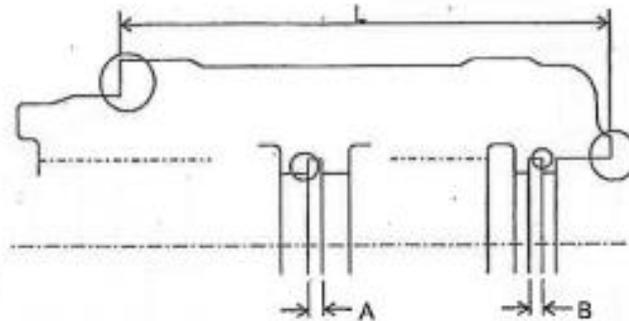
The attachment/PT judging criteria (judging criteria for the stainless steel welding of the pump casing/casing cover) gives a guideline for temporary use; any damaged part should be promptly repaired.

Repair

Any line defect of 15 mm or less near the area E can be locally repaired. When there are multiple defects, a repair is allowed if the number of defects is 3 or less with a distance of 20 mm or more between them.

In the area G, any line defect of 15 mm or less at the welding start point may be removed with a grinder. A weld repair should be performed locally, if possible.

3. Inner casing

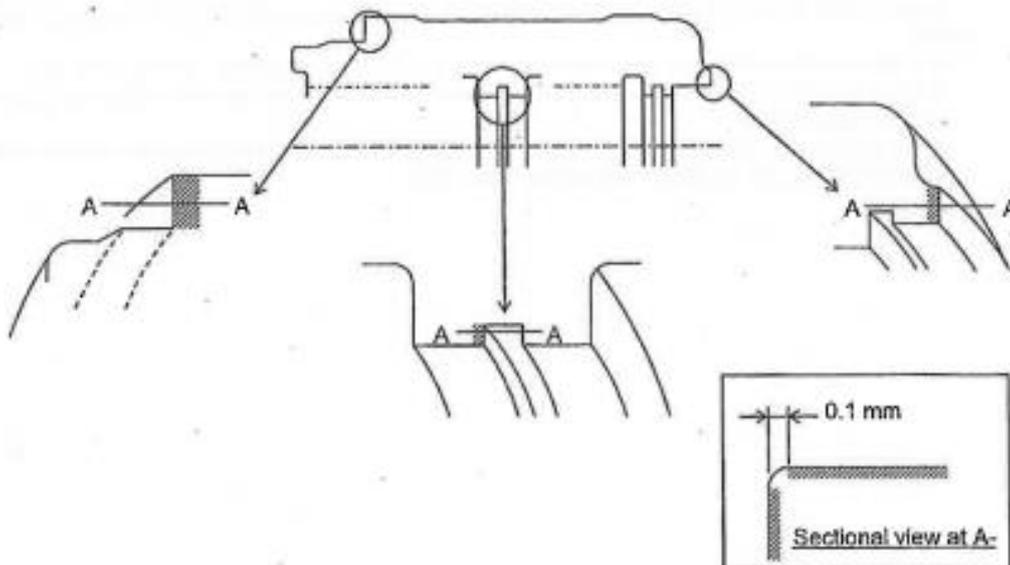


3-1. Dimensional tolerance

- 1) L: Design value - 1.50 mm or less
- 2) A: Design value + 1.00 mm or less (clearance with the center stage piece: 1.5 mm or less)
- 3) B: Design value + 1.50 mm or less

3-2. Judging criteria for visual surface inspection

- 1) Erosion of the seal due to metal contact with the center stage piece/balance stage piece
Fully repair the erosion at factory. For on-site inspection, an erosion depth of 0.10 mm or less is allowed. If the erosion depth is above 0.10 mm, the center stage piece may be reversed.
- 2) Erosion of the seal due to metal contact with the inner casing bushing
Fully repair the erosion at factory. For on-site inspection, an erosion depth of 0.050 mm or less is allowed.
- 3) Erosion of the split surface
Fully repair the erosion at factory. For on-site inspection, an erosion depth of 0.050 mm or less is allowed.
- 4) Erosion of the corners of the mating surface (shown below)
Fully repair the erosion at factory. For on-site inspection, an erosion depth of 0.10 mm or less is allowed.

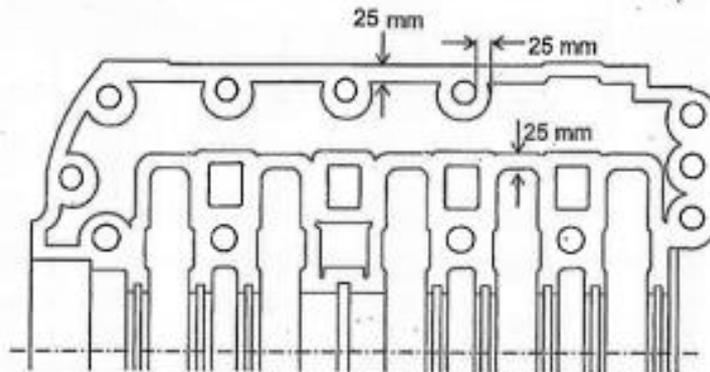


3-3. PT judging criteria

- 1) Circular defect: Up to 4.8 mm allowed
- 2) Line defect: Up to 3.2 mm allowed
- 3) Crack: No crack

Any defect at the inlet of the volute chamber may be cut by a grinder with the approval of the design department. (The cutting amount should be the same for the upper and lower casings.)

- 4) In the inner side of the 25 mm area on the split surface (shown below), any circular/line pattern of 10 mm or less is allowed.



- 5) Perform a pressure test at 100 kg/cm^2 for the balance pipe. Then, perform PT to make sure that there is no defect pattern.
- 6) Inner casing tie bolt, splitter tie bolt, pumping pipe, and other baffle welds
Line pattern: Up to 30 % of the entire weld length allowed

4. Rotating element

4-1. Dimensional tolerance

- 1) Impeller, balance sleeve, and shrink fit margin of the first stage sleeve
See the attachment and the table below.

Fitting dimensions of the impeller, balance sleeve, and first stage sleeve for high-pressure pumps

Shaft diameter	Shaft tolerance	Impeller			Balance sleeve		First stage sleeve
		Hole tolerance	Design shrink fit margin	Allowable shrink fit margin	Hole tolerance	Design shrink fit margin	Allowable shrink fit margin
30 to 50	+0.022	+0.008	0.010	0.010	+0.010	0.008	-
	+0.018	0	to 0.022	to 0.025	+0.002	to 0.020	
50 to 80	+0.027	+0.008	0.014	0.014	+0.013	0.009	-
	+0.022	0	to 0.027	to 0.035	+0.005	to 0.022	
80 to 100	+0.035	+0.010	0.020	0.020	+0.020	0.010	-
	+0.030	0	to 0.035	to 0.050	+0.010	to 0.025	
100 to 120	+0.040	+0.010	0.025	0.025	+0.020	0.015	-
	+0.035	0	to 0.040	to 0.070	+0.010	to 0.030	
120 to 150	+0.045	+0.010	0.030	0.030	+0.020	0.020	-
	+0.040	0	to 0.045	to 0.070	+0.010	to 0.035	
150 to 180	+0.065	0.015	0.040	0.040	+0.025	0.030	-
	+0.055	0	to 0.065	to 0.100	+0.015	to 0.050	
100MW	-	-	0.050	0.050	-	-	-
			to 0.070	to 0.120			

2) Uneven wear

- a. Sliding part of the rotating element: Uneven wear of 0.05 mm or more is not allowed.
(Impeller, balance sleeve, and first stage sleeve)
- b. Sliding part on the fixing side: If the design clearance is 0.45 mm or less, uneven wear of 0.10 mm or more is not allowed. Otherwise, uneven wear of 0.15 mm or more is not allowed.
(Casing ring, stage piece, and center/balance stage piece)

4-2. Judging criteria for visual surface inspection

1) Impeller/balance sleeve

For the inner diameter of the final stage impeller/balance sleeve, no erosion/fretting is allowed.

2) Shaft

For the fitting of the final stage impeller/balance sleeve, no erosion/fretting is allowed.

3) Shaft fretting

- a. Coupling fitting: Wear of 0.080 mm or less in depth with an area equal to/smaller than 1/3 of the total surface area is allowed.
- b. Thrust disk fitting: Wear of 0.030 mm or less in depth with an area equal to/smaller than 1/4 of the total surface area is allowed.

4-3. PT judging criteria (impeller)

- 1) Circular defect: Up to 4.8 mm allowed
- 2) Line defect: Up to 3.2 mm allowed
- 3) Crack: No crack

5. Other parts

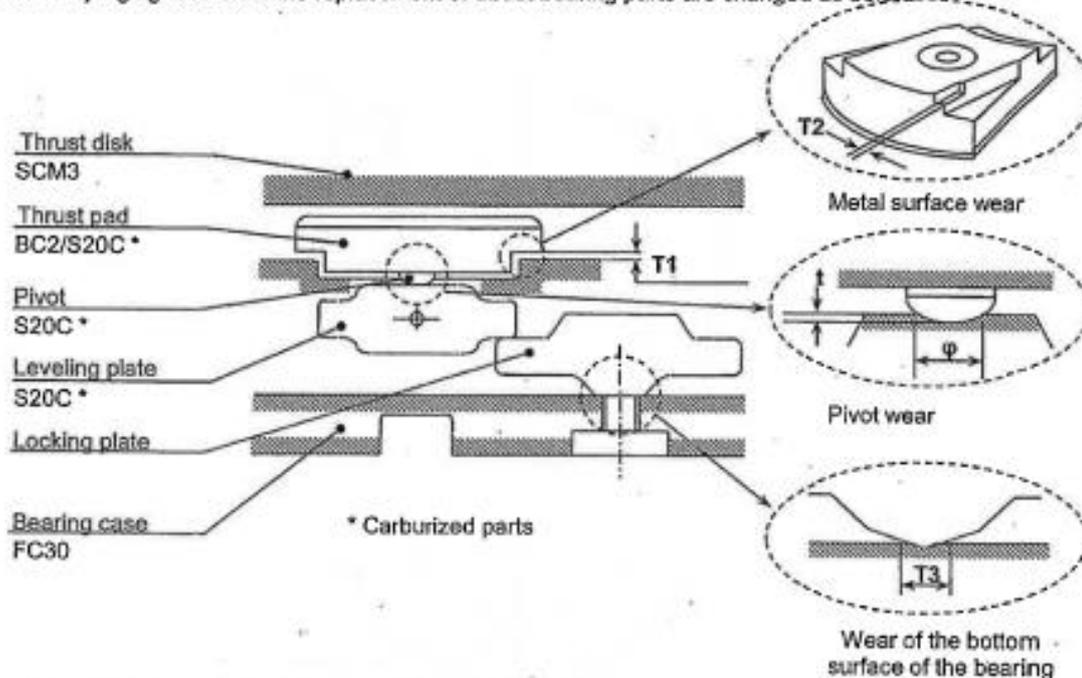
5-1. Inner casing bushing

- 1) The difference between the maximum and minimum measured values of the inner/outer diameter should be 0.100 mm or less.
- 2) Erosion of the seal due to metal contact
Fully repair the erosion at factory. For on-site inspection, an erosion depth of 0.020 mm or more is not allowed.

5-2. Center/balance stage piece

- Erosion of the seal due to metal contact
Fully repair the erosion at factory. For on-site inspection, an erosion depth of 0.100 mm or less is allowed. If the erosion depth is above 0.100 mm, the center stage piece may be reversed.

5-3. The judging criteria for the replacement of thrust bearing parts are changed as below.



Judging criteria for the replacement of thrust bearing parts

			Unit: mm					
			Kingsbury thrust bearing size (ϕ) (Outer diameter of the thrust disk)					
			130 (#5)	156 (#6)	181 (#7)	206.4 (#8)	232 (#9)	(#10½)
Measurement item	T1	Clearance between the rear surface of the thrust pad and the bearing case	1.0 or less	1.0	1.5	1.5	1.5	
	T2	Wear of the side surface of the pad due to contact with the bearing case shoulder	0.5 or more	0.5	1.0	1.0	1.0	
	T3	Width of the dent on the bottom surface of the bearing case due to contact with the locking plate	8.0 or more	8.0	10.0	10.0	10.0	
	ϕ	Wear of the contact part between the pivot and the leveling plate	4.5 or more	4.5	6.0	7.5	7.5	
	t	Depth of wear on the leveling plate	0.07 or more	0.07	0.07	0.08	0.08	
Design value of the TH clearance			0.23 to 0.28	0.25 to 0.30	0.28 to 0.33	0.30 to 0.35	0.33 to 0.38	0.35 to 0.40

Note: For the check of ϕ , use a level block and apply a red lead primer.

6. Bearing metal

6-1. PT judging criteria

1) Inspection place

Weld place of white metal (Upper, Lower)

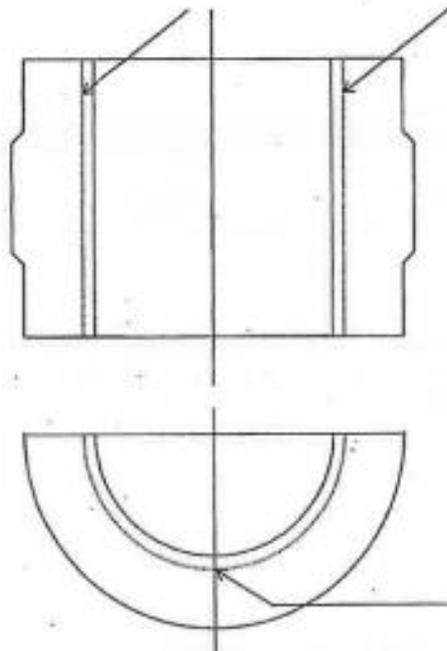
2) Judging criteria

The penetrant indication stated blow are not allowed.

a. A single indication of which length exceeds 20 mm.

b. A single indication which is less than 20 mm, and its total length exceeds 30 % of the weld line.

However, when an indication of which gap between other indications is less than 3 mm, the sum of both indications' length is referred to as the length of a single indication.



6-2. UT judging criteria

(Those for new products are according to HQE-0721-02.)

Ultrasonic test

1) Inspection place

Weld place of white metal (Lower)

2) Inspection methods

a. Use a detector having the same or better performance specified in JIS Z2344.

b. For contact medium, use machine oils or glycerin.

c. Search defects from the inner surface vertically at a frequency of 2 to 5Mz with a probe of 5 to 10 mm.

d. Adjust the echo at B1, an intact area, to 80 % of the entire screen.

e. When B1 is damaged, search defects by increasing the echo by 6dB from 80 % of the entire screen.

3) Judgment

In the shaded area, separation of up to 10 % of the area is allowed.

In the other area, up to 22.5% of the area is allowed.

