

汽轮机制造工艺学

下 册

季涅尔曼、加尔别尔著



机械工业出版社

出版者的話

本書是作者根据自己的实际生产經驗，并收集了苏联及其他国家汽輪机制造厂的技术資料，同时还参考了其他書籍編写而成的。本書說明了汽輪机制造厂机械加工車間和裝配車間現代工艺的特征和發展方向。所述的工艺只限于具有汽輪机制造特征的制造工艺，例如叶片、轉輪、轉子軸、机壳、隔板等等的制造工艺。書中对裝配也叙述得非常詳尽具体。因此本書是对实际工作者的一本良好参考書。

本書不仅适用于汽輪机設計和制造的工程技術人員，同时也适用于高等工業学校学生。

苏联 А. П. Динерман, Д. Х. Гарбер 著 'Технология паротурбостроения' (Машгиз 1948 年第一版)

* * *

NO. 1521

1957 年 9 月第一版

1957 年 9 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₈ 字数 226 千字 印張 10¹/₉ 0,001— 1,600 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号

定价(10) 1.60 元

目 次

第三篇 汽輪机主要零件和套件的制造工艺(續)

第五章 汽輪机机壳	1
1 汽輪机机壳的工作条件及其技术要求	1
2 汽輪机机壳的結構	1
3 焊合汽缸壳的制造	2
4 机壳的机械加工和裝配	5
第六章 隔板	5
1 技术要求	5
2 隔板的結構	26
3 鑄鉄隔板	27
4 焊接隔板	35
5 具有全部銑制叶片的集裝隔板	43
6 隔板的弯曲試驗	44
第七章 汽輪机的軸承	46
1 支持軸承	46
2 止推軸承	61
第八章 联軸節	65
1 功用和結構	65
2 剛性联軸節	66
3 齒式联軸節	69

第四篇 汽輪机的裝配

緒 論	73
1 汽輪机的总裝配系統圖	73
2 裝配的主要階段	73
3 汽輪机裝配進程圖	74
4 裝配工藝的典型化	74
5 裝配的工作量与內容	75
第一章 裝配的組織	76
1 裝配場地的設備	76
2 裝配場地的夾具和工具的供应	78
3 裝配圖样的供应	82
4 汽輪机零件和套件的裝配准备	82

第二章	裝配質量的主要技術要求	83
第三章	基礎的裝配準備	84
第四章	基礎底板的裝置和校準	87
第五章	汽輪機單個汽缸的裝配	92
1	汽缸裝配工作的內容	92
2	汽輪機汽缸殼及獨立軸承座在基礎上的裝置和相互找中	96
3	汽輪機在基礎上的緊固	123
4	支持軸承的找中	128
5	汽缸靜體的裝配	134
6	汽缸殼和獨立軸承座的接合	156
7	汽輪機單個汽缸轉子與其支座及汽缸靜體的接合	160
8	汽輪機單個汽缸的閉合	166
第六章	汽輪機各汽缸的接合及與汽輪發電機或減速器的接合	171
1	汽輪機各汽缸轉子的接合及其與汽輪發電機轉子或減速器齒輪的接合	171
2	汽輪機各汽缸殼的接合	174
参考文献		176

第五章 汽輪机机壳

1 汽輪机机壳的工作条件及其技術要求

汽輪机机壳用来固定汽輪机靜体的所有部分，其中包括汽輪机汽流部分導向裝置的主要部分；同时汽輪机机壳保証蒸汽在汽輪机內能按規定的通道运行。

汽輪机汽缸壳所遭受的力如下：

- a) 承受汽缸中的蒸汽压力以及其中所裝導向叶片和隔板的作用力；
- b) 大多数的結構中，承受汽輪机轉子支承和經過这些支承所傳震动所生的作用力；
- в) 承受因內部受着高温蒸汽作用而引起極复雜热膨脹的作用力；
- г) 承受机壳本身重量和所有固定于其上各零件重量的作用力。

根据工作目的和工作情况，对汽輪机汽缸壳提出下列要求：

- a) 汽缸体的材料、尺寸和結構，在强度和剛度方面应能可靠地抵抗作用于其上的各力；
- б) 汽缸壳各部分的接合处应有足够的紧密度，不允許蒸汽自汽缸內漏出（汽流部分除外）。

2 汽輪机机壳的結構

圖 5、10及203所示，是現代汽輪机汽缸壳的典型結構。

从所示的結構中顯然可知，汽輪机汽缸壳是極复雜的鑄鋼或鑄鉄零件，或是極复雜的焊合結構，这些結構基本上都具有二級精密度的大量机械加工。

从制造观点來研究汽輪机汽缸壳的結構时，必須注意下列各点：

1. 如果从汽缸壳机械加工的总工作量中除去（如果可以这样來表示的話）配合处鏤孔工作的不可避免的部分，則剩余工作量的絕大部分，就是汽缸各部分接合面的加工和其接合坚固的制造。同时，必須补充說明一下，要使汽輪机汽缸接合面得到紧密的接合，無論在汽輪机制造时或其運轉时都是非常不容易的。

根据上述情况，应使結構帶有最少的接合面。但是，在确定机壳接合面的数量时，必須考慮下列的因数，因为这些因数在汽缸制造的全部过程中，是具有相当重要意义的。

a) 接合面数量的减少，使各个机壳部分的制模和澆鑄变得复雜化。这个因数既然如此之重要，以致有时不得不考慮多用一个接合面。

б) 在必需精度的机壳內，配合处的鏤孔要有進行这一工序时所需最低限度的方便。这种方便在加工長汽缸时（即在汽缸壳被加工部分的軸向尺寸与鏤孔最大直徑的比值很大时）便会急剧地降低。

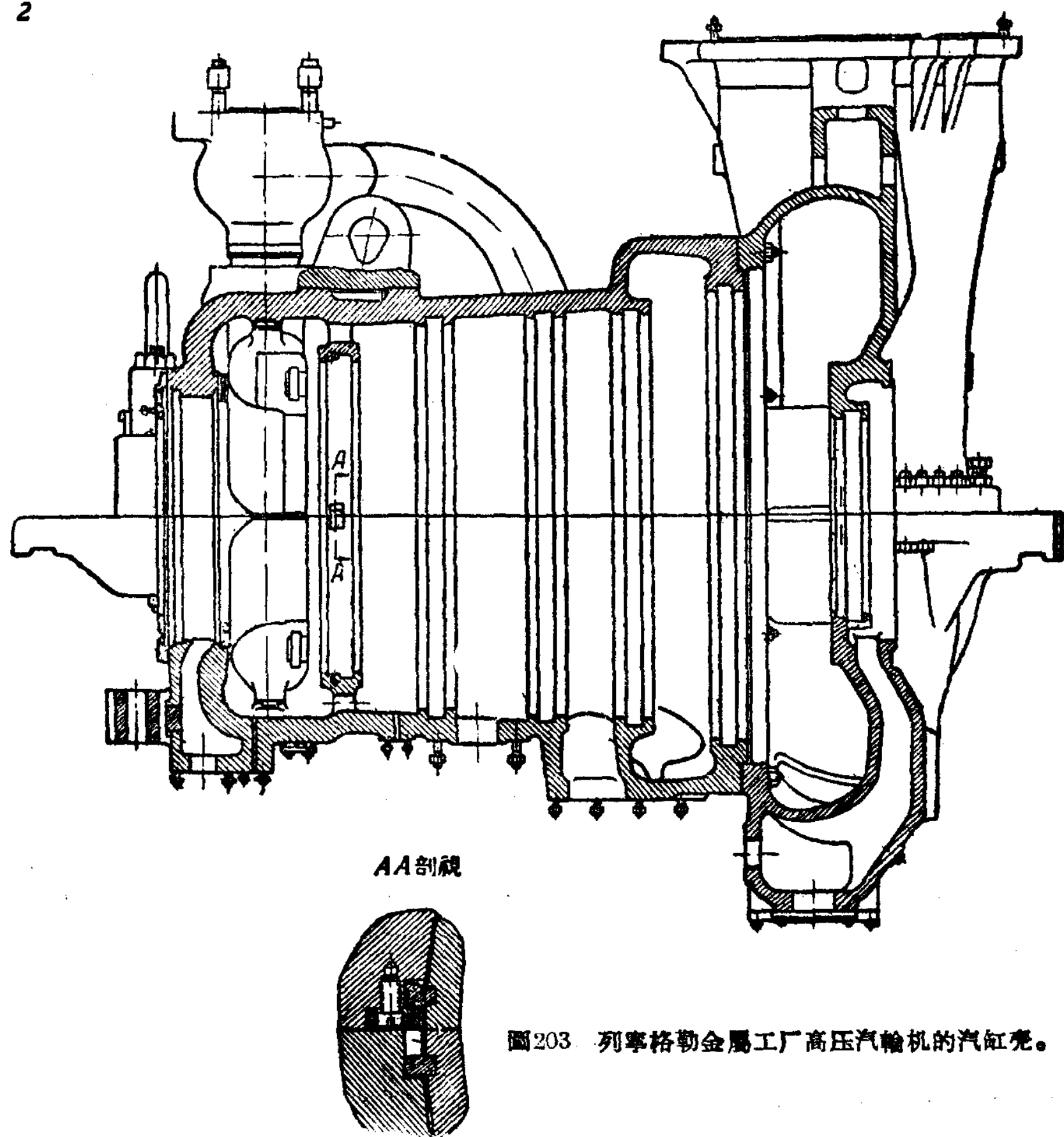


圖203 列寧格勒金屬工厂高压汽輪机的汽缸壳。

2. 从獲得和保持汽缸具有必需精度的長度尺寸观点來看，汽缸壳各部分結構的剛度和机壳在裝配上的剛度，無論是在汽缸的机械加工过程方面或是在汽輪机的運轉方面，均具有重要的意义，所以在決定汽輪机机壳尽量減輕重量的問題时（尤其是对船用汽輪机），絕對不可忽略它的必需剛度。

3 焊合汽缸壳的制造

焊合机壳是用金屬板料制造的。

机壳原件毛坯是用瓦斯切割設備按預先在板料上的划綫將金屬板料切割而成。为了節省材料起見，从板料割取机壳原件时，必須按照特別拟制的剪裁圖样進行工作。这种圖样是根据節約使用材料的观点將板料配置成最有利的条件而制出的。

切割后須在机壳原件的邊緣上進行搭接焊縫的倒角，倒角尺寸須在机壳原件的圖上注明。倒角多半用瓦斯切割設備或用特种刨边机來制作。

切割与倒角之后，必須清除机壳原件在切割时所形成的毛头与飛濺，并要仔細地在准确平板上予以校直（或鍛直）。如果是在刨边机上对邊緣進行倒角，則在倒角以前必須对毛坯進行清理与校直的工作。

校直之后,所有構件必需經過尺寸檢驗。为了檢驗構件的尺寸,制有用1.5~2.0公厘鉄板做成的一套平面样板。这套样板同样也用于板料切割原件时的划綫工作。在成批生產同一种結構的机壳时,顯然必需使用这种样板。当机壳所有各構件都已准备齐全,就該進行为焊接所需的机壳裝配工作。

焊接所需的机壳裝配工作,是焊合机壳制造的最重要的工序之一,很多地方都按此工序來确定机壳的質量。所以,必須遵照制訂的工藝过程和优秀的鉗工來進行机壳的裝配工作。

为了獲得准确的机壳,必需在已校准的基面上進行机壳的裝配工作。通常,焊接所需的机壳裝配采用生鉄平板制出的校准基面(試驗台),在平板上具有固定集裝零件和部件的凹槽。

机壳各部分的裝配是直接在試驗台基面上从水平接合处配置法藍構件开始的。当所有法藍構件都在台上擺好并固定好,同时法藍的尺寸也經過檢查之后,就用电焊將各構件彼此固定。固定处必須不妨碍机壳各相配構件法藍上的裝置。要依照裝配工藝过程所指示的次序進行机壳各構件以后的裝置与固定工作,同时,要依照焊接圖檢驗所固定的各構件間的尺寸。

在裝配焊接机壳时,必須特別注意在裝置各構件間保留1.5~2.0公厘的間隙,以便熔焊金屬獲得穩定的收縮,及使焊縫冷却时减少結構的变形(圖204)。

当裝配焊接机壳結束时,机壳必須經過檢驗的校正工作,該工作包括:

1) 按照焊接圖校驗其所有尺寸;

2) 校驗所有各構件間存在的間隙;

3) 校驗一切必需構件的裝置(肋筋、小法藍等)。

当考慮到汽輪机机壳所需的技術要求时,机壳焊縫应当具有所需的强度和紧密度。因此,只能由有高度焊接技術的焊工來負責汽缸壳的焊接工作。搭接焊縫的尺寸应当符合焊接圖上所規定的尺寸。焊接机壳应当使用符合技術条件的優質电焊条。

焊接机壳时焊縫搭接的次序,必須按結構在焊接过程中得到極少变形机会的原則,而預先配置妥当。因为机壳由焊縫收縮而生的变形大都决定于焊接的次序,所以当焊合每一新結構的第一部分时,必須按焊縫的尺寸在每一較大的搭接縫焊处,用測量变形大小的方法仔細觀察焊接过程。根据觀察,为了尽量减少殘余变形起見,应当改正以后各部分焊縫搭接的次序。

較長的焊縫具有單面加强肋条,在搭接时必須采取特別的預防措施。这种焊縫的收縮是如此之大,以致在应力的作用下会使結構主要構件的板料弯曲。为了减小这种焊縫的收縮量,應該采用断續間歇的搭焊办法,以便使搭接金屬同时能逐漸冷却。因此,最好在焊縫冷却的过程中輕輕敲击焊着的金屬。



圖 204

机壳的每一部分在焊接后应經過热处理，以消除焊缝的焊着金属中和整个結構中的应力。热处理在退火爐內照預定规范進行。

为了避免热处理时机壳各部的額外变形，它們必須自由地放在爐內而不受任何外加負荷。

如果在焊接过程中机壳某一部分的变形大于允許的加工余量，則这部分就留在爐內，多半能把变形消除至許可範圍內。

热处理后，机壳的焊接部分必需很好地清除焊接时形成的焊瘤和飞溅，以及一些氧化皮。这种清除工作是在机壳的焊合部分加工时放在特殊噴砂室內完成的。

清除工作完成之后，机壳所有焊接部分都要經過下列的各项檢驗：

1. 必須仔細檢查所有焊缝在焊接时或热处理时有無裂紋產生。如果發現裂紋，則必須將有裂紋的焊缝小心地除去，再在該处重新焊接。

2. 为了檢查焊缝的質量，可將焊缝選擇几处鑽孔，以便确定焊缝里面有無渣滓和未熔化的地方。鑽孔之处在檢查以后再焊好。

3. 机壳的每一部分要經過量度，以决定該处残余变形的大小。机壳机械加工的划綫和上述的檢驗工作同时進行。

在机壳焊接时，为了試驗焊缝的机械性能起見，焊成一些特制样品板，随着焊缝的搭接把这些样品板配置在和机壳焊缝相同的地方。这些样品板与所焊的机壳一同經過热处理。热处理后，把这些样品板制成試件來作机械試驗，根据試件的試驗結果，即可推測机壳焊缝的机械性能。

为了檢驗焊缝的紧密程度，在实行完全水压試驗前應該应用焊缝局部試驗的方法，茲述之于下。

在各構件間对接处具有未熔透隙縫的結構的各段上鑽孔，通到这些隙縫。因为焊缝的对接隙縫是彼此相通的，所以最好在焊缝組每一端各鑽一孔。同时，在其中的一孔上旋進一个管接头，用水泵打水進去，直到水还未穿过該組的全部焊缝且未从所有各孔端冒出时为止。此后，將供水孔以外的各孔都閉塞起來，將压力升高到試驗压力，并進行焊缝的檢查。如發現漏水現象，就用壓縮空气將水吹掉，鑿去缺陷部分，并重新焊接。

这样一來，从一組焊缝轉換到另一組焊缝时，即可作机壳全部焊缝的紧密性的水压試驗。

試驗完畢之后，取下所有塞头和管子，并將各孔堵焊好。將孔堵焊以前，必需用壓縮空气把其中的水吹掉。

在試驗工作时，如果發現該結構中个别焊缝組經常出現需要大加修正的缺陷，則为了免除一再热处理的必要，应在焊合的机壳热处理以前，以及在其热处理以后，進行上述預先的和最后的焊缝檢驗工作。

焊合机壳的机械加工所用的方法和設備等，与澆鑄机壳时所用的一样。

焊合結構的机壳的总水压試驗和澆鑄机壳相同。

4 机壳的机械加工和装配

因为汽轮机静体的全部零件需装置并紧固在机壳之内，同时用机壳来确定静体和转子各构件的相互位置，所以对机壳的加工提出下列技术要求：

1. 装在汽缸内所有各零件(止推轴承和支承轴承、曲径轴颈、喷管装置、隔板和叶片等)配合镗孔的尺寸和同心性，必须严格地在图上的公差范围内，以使这些零件在机壳内得到如图样所规定的配合性质。

2. 要保持汽轮机汽流部分的轴向和径向间隙，必须使各个配合孔间的轴向尺寸和镗孔的径向尺寸，严格地按图上的公差范围来完成。为了使各个配合孔间的轴向尺寸不生累积的误差，通常，在镗制汽缸时所有各孔的轴向位置，需以一个基准面作基准。具有一个或两个垂直接合面的机壳结构，如果工艺过程规定机壳每一部分分别镗孔时，则各配合孔的轴向位置应当与通过各垂直接合面接合处的基面相连接。根据基准面检查配合孔的轴向位置和汽轮机的汽流部分来确定间隙的镗孔的径向尺寸，是使用内径千分尺进行的。

3. 汽缸机壳各部分的相互位置应当可靠地固定，以便使汽缸各部分每次拆卸以后再装配时，还能维持原有的相互位置。因此，需在机壳水平和垂直接合面的法蓝上装置定位销或双头螺栓，配合在接头法蓝上同时所钻的孔内。

4. 汽缸机壳接合的接合平面，应加工到这个程度，就是在牢固地拉紧接合面的固定螺栓时，和按技术条件密封接合面(密封油胶与垫片)时，能保证汽缸内在蒸汽全压力下机壳各接合面有完全的紧密性。

5. 为了使汽缸壳接合面得到强固紧密起见，接合面固定法蓝的螺纹接合，必须完全根据二级精度螺纹接合的技术规范来完成。

根据上述对汽缸壳加工的技术要求，应该制订汽缸制造的工艺过程、以及其技术设备和检验。

下面叙述的是浇铸结构的汽轮机汽缸壳制造的典型工艺过程。

汽缸壳部分浇铸后的清除和修整

汽轮机汽缸壳浇铸以后，必须经过初步的清除和修整。在此工序中，除去铸件中残留的型砂和浇口。必须鑿去所有未被浇铸泥心的残余部分和修除浇口和冒口。

对于这项工作，通常采用气锤以及能够鑿削铸件任何部分的特制气鑿。浇口和冒口可用气割设备来切割。

应当尽量小心进行，上述铸件的清除或修整工作，使加工汽缸以后的工序不变复杂。

铸件尺寸的检验

清除和修整之后，汽缸壳铸件要经过尺寸检验。在此检验工作中确定：

a) 鑄件有無足够的余量，以保証汽缸壳在加工時能得到如圖樣的尺寸。

6) 汽缸壳壁的厚度要與圖紙尺寸相符。

檢驗尺寸時，鑿去的尺寸应当在汽缸澆鑄說明書內注明（這種說明書每一個鑄件都有）。如果尺寸檢驗的數據已指出，鑄件某部分沒有足够的加工余量，或者汽缸壁某部分較圖紙要求的厚度薄，則需確定鑄件尺寸有否修整的可能和它的修整方法。尺寸不足的鑄件，多半是在它欠缺的地方以堆焊金屬的方法來補救。

必須指出，鑄件尺寸的不足是會經常發生的。所以檢驗鑄件尺寸的工序，应当由合格的、技術最熟練的工人來負責。

檢驗汽缸壳的尺寸，通常使用預先划綫的方法。檢驗汽缸壳壁的厚度，最方便的是使用外側有刻度的特种外卡鉗來進行，這種外卡鉗在量規測量壳壁時能得出讀數。

檢查鑄件可能有的缺陷（砂眼、裂紋等等）

机壳鑄件应当仔細地加以檢查，以發現其有否如砂眼、裂紋、雜渣之類的澆鑄缺陷。為了不需特种試驗和檢查就能提早發現并及时消除一切缺陷，這一檢查工序是必要的。

鑄件內發現的缺陷，記錄在鑄件的說明書上，并確定能否消除這些缺陷和消除這些缺陷的方法。

要特別留心地檢查鑄件的肋條和法藍交叉的地方，以及鑄件中厚度急剧改變的所在，因為這種地方常常潛伏有缺陷。

用堵焊方法修理鑄件的缺陷

堵焊和用电焊來熔焊，是消除汽輪机机壳鋼鑄件的缺陷和不勻整的最普通的方法，且几乎是唯一的方法。經驗証明，用电焊法能够消除鋼鑄件中相当大的缺陷。但是，須要說明，用电焊法來修理汽輪机鑄件的缺陷，只有在焊接工藝進行時在技術上正确無誤才可以；否則，会引起相反的后果，使生產大大地复雜化，并降低汽輪机工作的可靠性。

当堵焊部分的强度不小于鑄件主要金屬强度的90~95%時，則堵焊被認為是完全優良的。必須指出，汽輪机汽缸的电焊只許可由技術最熟練的电焊工來負責。

要獲得优質量的堵焊，就应当完成下列各条件：

a) 需要修理的缺陷所在，应預先作好堵焊准备。此項准备工作，在于除去所有有缺陷的金屬。在堵焊处留有疏松、雜渣、未鑿去的裂紋是完全不許可的。若不遵守这一条件，就常常会引起重新修整和堵焊鑄件缺陷部分。堵焊应当在鑄件清潔和完整的金屬上進行。此外，缺陷部分的鑿削工作应当做得使焊工能很方便地用电焊條來焊接鑿削部分的表面（圖205）。

6) 因為金屬熔焊工作是逐漸而有層次地進行，所以在堆焊最后一層金屬开始

之前，熔焊金屬的下層表面必須仔細地清除氧化皮。普通用鋼絲刷清除焊縫的氧化皮。在特別重要的情況下，堆焊焊縫的上層在堆焊以前要用鑿子鑿開。

Б) 为使熔焊金屬結合緊密，并使因焊而生的內應力能稍微減小起見，每堆焊焊縫一層就要輕輕地敲震直到它冷卻為止。

Г) 在進行穿通的堵焊時，堵焊部分要準備成如圖206a所示的那樣。黃銅墊板作為焊縫第一層的起焊處。銅板的下墜程度要低於機殼的內表面1.5~2公厘，以便在堵焊完畢之後，可以鑿去焊縫第一層的下表面，從而得到一個更光滑的熔焊金屬表面。

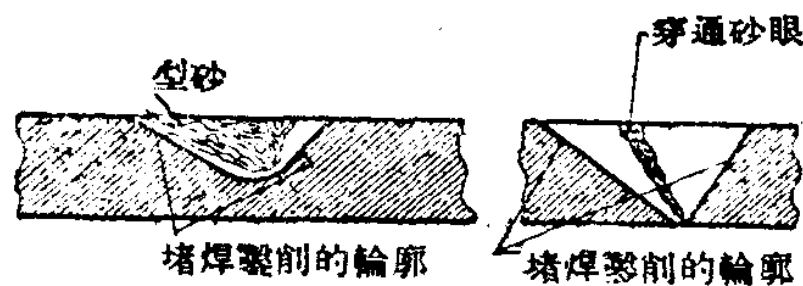


圖 205

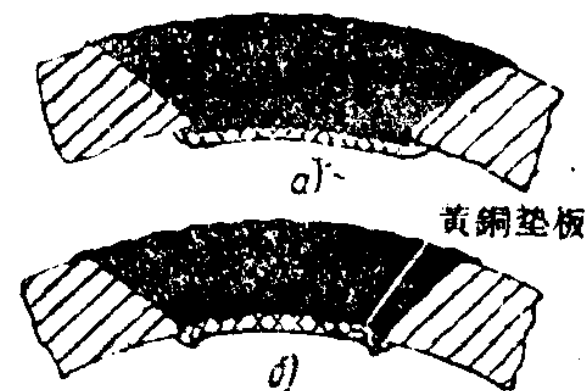


圖 206

如果用电焊条自机壳內面空处能很方便地進行堵焊工作时，則穿通的堵焊工作可以照圖206b所示的情況進行。

在这种情况下，銅板在孔堵焊后即应拿去，并在汽缸壳內部的襯板处加上一層堆焊。堆焊的內層必須特別当心地熔焊，以免熔焊金屬在机壳內面空处發生剝落的現象。

汽輪機鑄鋼机壳的堵焊和熔焊，均應使用具有特別涂料的優質焊条。焊条使用以前，必須按照技術条件將焊条加以檢驗。

修補鑄鐵件中的缺陷是很困难的一件事。鑄鐵件局部加热時出現裂紋的危險性比鋼鑄件要大得多。所以用电焊法修補鑄鐵鑄件比用电焊法修補鋼鑄件要少得多。

鑄鐵鑄件中缺陷的修補，經常是把要堵焊的零件先全部預熱，而後用自行堵焊的方法來修補。用这个方法，可使堵焊溫度在被修補的鑄件內能比較和緩地轉變。

在汽輪機制造的實踐中，曾有很多用电焊修補大型鑄鐵鑄件的一些小缺陷的情況。

在这种情况下，可用蒙內爾合金作為熔焊的金屬。此時，需要很小心地進行焊接工作，對鑄件不要強烈地局部加热。鑄鐵鑄件中細微的缺陷，如果只要求鑄件緊密，一般可用所謂悶頭的方法來修理。要裝上悶頭，則先要鑽去有缺陷的金屬，再將孔攻出細微的公制螺紋或管牙螺紋，然後把悶頭緊緊地旋入其中。

汽輪機汽缸壳中所有缺陷的修理，都要寫在鑄件澆鑄說明書上，並注明缺陷的性質和修理的方法。

上述工序完成以後(清除、切割毛頭和堵焊缺陷部分)，机壳就進行第一次熱處理，此後，机壳通常就送到機械切削加工車間去加工。

鑄造機殼粗加工的劃綫

所發現的鑄件上的一切缺陷和不勻整性修整之后，就可以進行機殼粗加工的劃綫工作。

鑄件粗加工的劃綫，是按機殼精加工圖樣和工藝過程的指示進行的，圖樣上每一個精加工的尺寸都要適當地留放加工余量。機殼的劃綫工作，將在以後詳細敘述。

機殼鑄件的粗加工

經過上述各工序之后，鑄件就要進行粗加工。所有以後要精加工的表面都要經過粗加工工作。如果鑄件具有過分粗大的法藍、肋條和凸緣等，要把這些尺寸做到和圖樣的尺寸一樣，則在鑄件粗加工時應去掉多余的金屬。

鑄件粗加工時，必須力求把應去掉的金屬尽可能多地去掉。

將精加工余量保留到最小，是為了在粗加工時能盡量揭露鑄件所具有的缺陷（各種各樣的砂眼）。

但是，當確定機殼精加工的余量時，不要忘記鑄件在粗加工之后熱處理時的變形，因此所留的余量必須有足夠的大小，使機殼得到精加工的尺寸。經驗證明，中型鑄件只要使機殼各軸向尺寸和徑向尺寸保留 3 ~ 5 公厘的余量就十分足夠，大型鑄件則需增大到 5 ~ 8 公厘的余量。

機殼經粗加工之后，必須重新將工件檢查一次，看有無砂眼、雜渣和其他的澆鑄缺陷發現，因為這些缺陷在鑄件粗加工時可能被揭露出來。

如果發現鑄件中具有上述的缺陷，並且根據這些缺陷的性質和大小都可加以修理時，則這些缺陷部分必須完全鑿到呈現良好的金屬為止，然後再用堵焊的方法把它們焊補完整。

第一次水壓試驗

機殼經過粗加工並修補外表檢查時所發現的各缺陷以後，就可以進行鑄件的第一次水壓試驗。這種試驗是為了揭露鑄件中各種隱蔽的缺陷。

機殼的水壓試驗工作如下。將承受壓力的機殼各穴道用水填滿。逐漸增加機殼中的水量，使殼內的壓力提高到試驗壓力。一面要保持這種壓力，一面要仔細檢查承受試驗的穴道的外表面，看水有沒有從汽缸壁的缺陷部分滲透出來。

機殼的水壓試驗要按照機殼各穴道的工作壓力進行。

凡汽輪機工作時機殼所有各承受壓力的穴道，如蒸汽穴道、油路等，都須承受水壓試驗。

汽輪機機殼的水壓試驗一般用比工作壓力較高的壓力來試驗。試驗壓力在圖樣上注明。

因为机壳的汽流部分的工作压力，从汽輪机的第一級降到以后各級是非常急剧的(尤其是在高压汽缸中)，所以需將机壳的汽流部分分为几个室，然后依次加以水压試驗。此时，每一穴道必須依照該室所受最高的工作压力來試驗。通常在生產中分發汽輪机工作圖样时，設計科应当同时分發水压試驗簡圖。

作为机壳冷凝器孔道或油道用的机壳貯油器，一般不經压力試驗，而只用水或火油簡單的填注一下即可。此时，为了更方便地观察起見，把受試驗各室的外表面涂上一層白粉，如室壁內有缺陷时，就很容易發現該处有液体滲出。

机壳各穴道在水压試驗时，必須按机壳每一部的結構，用特殊的封口螺絲把所試驗的穴道嚴密地封閉起來。無論封口螺絲的本身或其紧固方法，都要根据水压試驗时封口螺絲所要承受的外力加以計算和設計。

通常，封口螺絲及其紧固的圖样，应由設計科随同机壳水压試驗的簡圖同时發出。

要使机壳法藍接头以及封口螺絲，与机壳接合面承受試驗的穴道得到十分嚴密的封閉，則必須用垫片襯在它們之間。垫片必須保証在整个压力試驗时期完全不透水，因为水經過封口螺絲和机壳接合平面而漏出，在試驗时是很难檢查出來的。

垫片所用的材料，主要視試驗压力的大小以及机壳和封口螺絲接合面的情况为轉移。

在第一次和最后一次的机壳水压試驗时，垫片所采用的主要材料如下：

1. 厚为 2 到 5 公厘的普通硬紙板；
2. 厚为 1.5 到 3 ~ 4 公厘的紅紙板(石棉橡膠洋灰的混合物)；
3. 直徑为 3 到 10 公厘的涂油石棉繩；
4. 直徑为 2 到 5 公厘的鉛絲；
5. 橡皮；
6. 直徑为 3 到 6 公厘的退火銅絲；
7. 白鉛。

3 ~ 5 絕对大气压以下的压力，一般采用硬紙板。10 ~ 12 絕对大气压以下的压力，通常用塗油石棉繩和鉛絲。对于更高的压力，最好用退火銅絲。作为垫片材料的白鉛，只有在机壳和封口螺絲的接合表面經過精加工或鍍过以后才可以应用。承受試驗的汽缸接合面越粗糙，則垫片材料也越厚。粗糙的表面必須用垫片材料把机壳和封口螺絲的接合面完全均匀地填满。

只有当机壳法藍接合面經過加工以后，在最后一次水压試驗时，才能应用白鉛和薄紅紙板。

要使承受試驗的机壳獲得优良的紧密性，必須特別注意垫片安置的精密度。

試驗中用水填充汽缸时，必須使填充室的上部保留机壳某一个孔不予关闭，以便填充室內的空气逸出。当填充室已填满以后，即將此孔密封起來。

試驗大型机壳时，为了檢查压力，必須安裝兩個压力計，一个插裝在水泵处，

另一个裝在承受試驗的室的上部。

上述之所以必需，首先是为了能在試驗时校驗压力計指針的讀数的正确程度；其次是为了能校驗承受試驗的室的上部的試驗压力大小；机壳較大时，这种压力是和水泵压力計指出的压力不同的，一般是要小些。

当承受試驗的室的压力提高到(普通利用手搖水泵)所需数值时，就开始檢查承受試驗的室的外壁。檢查必須很仔細地進行，不漏掉任何一个表面部分。因此，就必须預先計劃外壁檢查的次序。为了便于檢查机壳的下部，必須使水压試驗裝置得能便于檢視下面的所有各部。

檢查工作必須在很好的光綫下進行。通常采用手提灯。檢查承受試驗的机壳时，必須特別注意肋条和法藍交叉等处，因为这些地方經常最容易有缺陷。如發現有滲漏的可疑处（一滴一滴流出的水滴或潤湿等地方），必須將可疑之处擦干，并且用150~200克重的錘子在可疑处的周圍輕輕敲打，同时注意觀察該处，如果再發現有滲出水滴或潤湿的現象，那就是表示該处具有必須要消除的小气孔。

在水压試驗中檢查机壳时，缺陷处必須用顏料來标志（最好是綠色，因为越是綠的顏色越容易使氧化金屬表面顯出來），繞着缺陷周圍用顏色圈出，并將漏水处标出中心，以便在水压試驗之后容易找到要修理的缺陷。

为了决定机壳在水压試驗中所發現的各缺陷的性質，經常需要找出外表面上所發現的各种裂紋或砂眼的起始点。如果在水压試驗以后檢查机壳內部时，找不出鑄件受伤处的起点，則必須進行下述各項操作。在机壳外表面漏水的地方鑽孔并攻螺絲，旋進一管接头。然后，把連着水泵的管子接到管接头上。提高水泵压力，水就進入砂眼而从机壳內穴道的砂眼冒出。当找出鑄件砂眼的起点和終点，并觀察水在砂眼內的流动情形之后，就可以断定鑄件較厚的金屬壁內缺陷的性質(圖207)。

在水压試驗时，如果發現露在机壳進槽或出槽处的缺陷，只有从机壳內穴道方面來進行堵焊工作。确定这些裂縫或砂眼的起点，可以把水經過槽通向缺陷处，并使水自槽中溢出的方法來决定。

机壳鑄件中所有各缺陷部分找出之后，要進行修整各缺陷的工作。在水压試驗

中找出的鑄件的所有缺陷，都要記錄在鑄件的澆鑄說明書上。修整好水压試驗时所發現的各种缺陷以后，鑄件还要作一次水压試驗，以檢驗修整处的質量。

現代汽輪机制造厂为了進行水压試驗，备有專門的水压試驗工地，該工地裝配有便于生產和使工人操作安全的一切必要的設備。

水压試驗工地一般是一个由中間向四边傾斜的水泥地坪，較地平面略低，四周都有排水道。

地坪四周的几处都有水管。这样就为几个机壳同时進行水压試驗作好准备，而

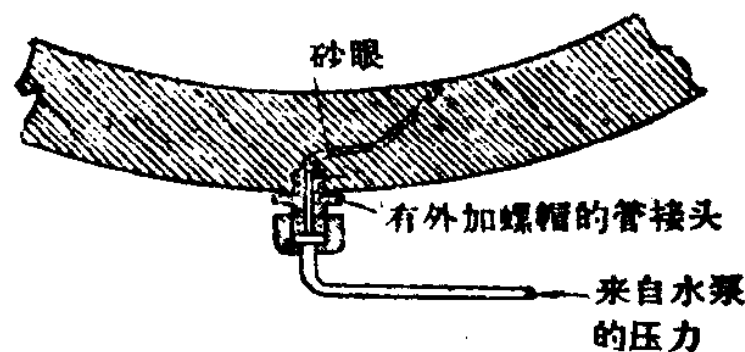


圖 207

不必用很長的引水軟管了。

地坪排水道与排水管相連接，排水管具有足够的剖面，以便能使試驗机壳內的水很快地流出。

地坪附近有很多的接通低压(12伏特)电網的电插銷，以便在水压試驗檢查机壳时使用手提电灯。

为了保护从事水压試驗的工人的安全，地坪上鋪設一層木柵，自机壳出來的水可从木柵下面流出。同时，工人要穿着橡皮靴。

为了避免鑄件不必要的运输，水力試驗工地附近設有几間小室，以便对水压試驗时所發現的鑄件缺陷進行电焊工作。

消除鑄件內应力的鑄件热处理

粗加工以后和水压試驗所發現的鑄件缺陷加以修整以后，鑄件要經過热处理以消除金屬的內应力。热处理的正常规范，是逐漸提高鑄件的溫度，保温在規定所需的时间，然后逐漸地降低鑄件的溫度。

热处理按照每一个鑄件特別制訂的规范進行，該规范是根据鑄件样品的化学分析和金相研究的結果而得出的。

鑄件热处理规范必須由厂中化驗室分發出來，因为該室收集有研究鑄件的全部資料。

为了能确实依照所制訂的规范進行热处理，故热处理裝置必須能很容易調節，并且要具有必需的檢驗仪器。

在現代汽輪机制造中，汽輪机各零件的热处理都采用电爐，在电爐中調節溫度是很容易的，并且也容易控制操作规范。

热处理完畢后，每一个鑄件必需編制一分証明書，說明实际所用的热处理规范。通常，在热处理时，如果鑄件較小，可把几件热处理规范相同的鑄件一同放入爐內处理。

現代热处理电爐的爐室是用耐火磚砌成的，內部襯以耐火材料，外部包以絕热材料。

爐室的前壁安裝在推車上，而推車則安放在軌道上。因此，推車同时又是爐底，可以与前壁一同自爐室內沿軌道拉出來，裝好鑄件送進去。

汽缸壳未加工表面的最后清除

热处理以后，要進行机壳未加工表面的最后的清除工作。

清除潤滑油室、机壳汽道和內穴壁时，应当把汽輪机在加工过程中可能自表面分离下來的所有堆積在汽輪机汽流部分和軸承部分的东西去掉。殘留的溶渣、灰砂、氧化皮以及电焊濺斑等，全都要仔細地从机壳內部除去。从机壳方面來看，要獲得真正的清潔，应当采用几个互相輔助的清除方法。

清除机壳铸件表面最好的方法，应認為是在特殊吹砂室中用噴砂來清除。

在噴砂室內，机壳承受着随空气气流噴向机壳壁上的石英砂粒的作用。砂粒射击机壳內壁，而把机壳內壁清除成干淨的金屬。用特殊噴嘴和軟橡皮管使砂噴向机壳，并利用該設備使砂粒噴到机壳的各內壁。

如果机壳得到优良的噴砂壁面，即具有暗淡金屬的色澤。但是，由于机壳形狀复雜，要使它們在噴砂室內完全清除好是不可能的。不利于噴砂的內壁必須另外清除。这些地方到目前为止，还是用手工進行清除为最好。清除这些困难的地方，必須采用弯形鑿的修鑿工具，以及安裝于軟軸上的鋼刷等工具。如果所清除的壁面处不便于直接檢視，則需使用鏡子來帮助修鑿、清除与檢查等工作。机壳最后的清除必須很仔細而注意地檢查，以便使机壳加工时自內壁分离下的任何东西不致遺留在机壳內，而帶入汽流部分或進入汽輪机的軸承部分。

在机壳內壁噴砂时，通常外壁也用噴砂加工的方法來清除表面的氧化皮，以修整外表。

为了保护在噴砂室內工作的工人，备有特殊防护面罩和長統橡皮靴，使工人不致遭受灰塵、砂粒和氧化皮等的伤害。

机壳同样也可用腐蝕法清除。这个方法是有特殊的价值的，它可很好地用來清除全部油道的氧化皮和砂粒等廢物，而这些地方若用机械方法來清除，是不易达到清除的目的。

腐蝕方法，就是將整个机壳浸入酸性溶液槽內，持續一定的浸蝕時間，直到酸液不再腐蝕表面的全部氧化皮为止。机壳經酸性溶液槽浸过以后，須浸入鹼性溶液槽中中和表面所殘留的酸液。为了不使机壳由于長時間的潮湿而生銹，因而在浸入鹼性槽以后須置于热池中烘一烘，然后取出，就可很快地風干。

但是必須指出，汽輪机机壳的化学清除方法并不能免除使用上述的其他方法。因为化学清除方法僅能去掉表壁很薄的一層。較粗而附着較坚固的盖复層，必須用机械方法來清除才能去掉。

机壳精加工的划綫

最后清除之后，机壳就進行精加工的划綫工作。汽輪机机壳的划綫工作，必須以下述原則为基准。

汽輪机机壳通常具有大量鏤孔、凸起部及孔的复雜空間形狀，它們的尺寸必須要对机壳本身所具有的規定的几个基准面保持十分微小的公差。

因此，机壳內只有水平或垂直接合平面才可以作为这种基准面。因为实际上这些准确的平面，差不多是环繞着机壳各部的全部周長，用这些平面來作鑄件所有其余部分的定位是很方便的。同时，这些平面和机壳鏤孔的整个內部，应当以汽輪机轉子的旋轉几何中心綫作为基准。

必須指出，机壳水平接合平面除少数情形以外，都規定把鏤孔的中心綫就擺在

这一个平面以内。

由此可知，机壳的划綫工作必須从規定的接合平面开始，以便用接合平面綫作基准，这样就很容易按照圖样進行所有其余的划綫工作。

水平和垂直接合面在最后划綫以前，必須对鑄件再作一次檢驗，檢驗其承受加工的壁的厚度，以及这些壁上所保留的余量，使接合平面和鏜孔中心綫的划綫，在机壳鏜孔以后对于各壁的厚度得到很小的差度。

为了能够在机壳上按照所划的划綫來檢查机壳的机械加工工序，所以在机壳划綫时除了指示切去金屬界限的主要加工分度綫以外，还要划出所謂檢驗的分度綫，这种分度綫要求在施工之后仍能保留在零件上。檢驗分度綫通常划在离开主要分度綫約 5~10公厘的地方，而且与主要分度綫不同，是用洋冲划綫，較主要分度綫少划二分之一。

机壳的精加工

机壳的精加工有很多的操作工序，其進行次序如下：

1. 加工可分开的机壳上半部与下半部的水平接合法藍平面。
2. 加工机壳的支承面和支承面的鏜槽。
3. 進行上半部和下半部水平接合法藍的鑽孔。
4. 在汽缸壳下半部的孔眼中攻螺紋，这孔是用来放置固定机壳水平接合的双头螺栓的。
5. 鏜刮机壳上半部和下半部的水平接合法藍平面。
6. 將机壳上下兩半部成对裝配，然后進行鏜孔。
7. 鏜汽缸壳各配合孔，并車削机壳垂直接合法藍平面。
8. 垂直接合法藍的鑽孔。
9. 鏜刮机壳垂直接合法藍平面。
10. 加工進汽室（進汽室与汽缸壳为同一鑄件的結構），或加工安裝進汽室的部分（進汽室与汽缸体非同一鑄件的結構）。
11. 加工連接管子的法藍和人孔法藍。
12. 鑽制固定管子、人孔盖头用的放置螺栓和双头螺栓的孔，以及放置直接安裝在机壳上的汽輪机汽缸仪表的孔。
13. 鉗工修整汽缸壳。

机壳水平接合法藍平面在龍門刨床上進行刨削加工，或者在臥式鑽、銑、鏜床上進行銑削加工。这两种方法究竟选取那一种，須視机壳部分進行加工的大小以及現有的設備而定。如果在技術上和生產上上述兩種加工方法都可应用的話，則当然以銑削的方法比較优越，因为它最为經濟和有利。

獲得准确而清潔的加工面，是机壳水平接合平面加工的主要目的。因此，为精加工所保留的余量須分兩道工序去掉，留給第二工序的余量应为1.0~1.5公厘。在