

全国电机水轮机第三次专业会议

**电机水轮机制造专业  
技术革新和技术革命经验汇编**

**第三部分 水轮机**

第一机械工业部第八局编

**内部资料 注意保存**



机械工业出版社

电机水轮机制造专业  
技术革新和技术革命经验汇编

第三部分 水轮机

第一机械工业部第八局编

内部资料 注意保存



机械工业出版社

1960

## 出版者的話

我国目前以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新、技术革命运动，正以千軍万馬，迅雷不及掩耳之势，沿着正确的、科学的、全民的道路深入广泛地发展。这已不是一般的和单項的技术革新，而是带有全面技术改造的性质。电机、水輪机制造专业当然也不例外。

第一机械工业部于今年四月三日至十日在哈尔滨召开了全国电机水輪机第三次专业會議。与会代表来自全国各地，带来了各厂职工創造的丰富經驗，内容极有价值。大会决定加以整編刊印出版。

汇編工作是在第八局主持下进行的。全部汇編分成七部分。第一部分总类，主要由第八局及大电机研究所、哈尔滨电机厂編写；第二部分机械化半机械化、自动化半自动化，主要由第八設計院編写；第三部分水輪机，第四部分大型电机，第七部分刀具主要由大电机研究所和哈尔滨电机厂編写；第五部分中小型电机，主要由上海电器科学研究所編写；第六部分工模具，主要由北京电器科学研究院編写。

其中除第五部分中小型电机由上海科学技术出版社出版外，余均由本社出版。

NO. 內322

1960年5月第一版 1960年5月第一版第一次印刷

787×1092<sup>1/16</sup> 字数137千字 印張57/8 0,001—2,800册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京市书刊出版业营业許可証出字第008号

定价(11-9)1.05元

## 前 言

第三次全国电机、水轮机专业会议于1960年4月3日到10日在哈尔滨举行。会议期间，到会各部门向大会报告了自大跃进以来的巨大成就以及在技术革命和技术革新中，广大职工破除迷信敢想敢说敢干所创造出来的各项经验。这些事实表明，全国电机、水轮机各个行业，在党的领导下，在总路线的光辉照耀下，取得了史无前例的成就。

我们的水轮机制造工业是解放以后从无到有发展起来的工业，是在党的领导与关怀下成长起来的。特别是大跃进以来，发展更是神速。到目前为止，在全国各大地区均建立了水轮机生产基地，农村用小型水轮机的生产遍布全国各省。这些新建的生产基地，虽然他们在生产中遇到了许多困难，但在党的领导下，依靠广大工人群众，千方百计排除万难，试制成功了各种水轮机设备，既供应了电力发展所需要的设备，同时通过实际的锻炼也壮大了自己，为进一步发展奠定了良好的基础。一些建成较早的工厂中，在已有的技术基础上，勇攀高大精尖新，制成了全套的各种型式的大型水轮机设备，并向具有世界水平的巨型设备迈进。

我国水力资源占据世界首位，水轮机的制造工业有极其广阔的发展前途。国家对水力发电设备的需要与日俱增，而我国目前水力发电设备的生产能力尚难完全满足。因之，摆在我们面前的迫切任务是如何以最快的速度，生产出大量的适合我国使用的水轮机设备，最大限度地满足国民经济高速度发展的需要。

大跃进以来，由于机械制造业的高速发展，大型铸锻设备的生产能力一时难以完全满足各方面的需要，因此和其他产品的生产一样，大部分的毛坯制造成为目前水轮机生产的一大关键。为了解决这个问题，一机部提出了[以焊代铸、以小拼大]的号召，得到各部门的积极响应。各工厂根据自己的具体条件，依靠广大群众，以厂内三结合的形式进而扩大到厂外三结合的形式，创造各式各样的焊接结构，并经试制成功。经验表明，铸焊结构不但能解决当前的毛坯制造关键，而且从它的生产周期短、材料消耗低、产品质量高的许多优点上表明，铸焊结构是今后水轮机毛坯制造的一个方面。大型水轮机毛坯的制造更是必经之途。综合各厂的资料，表明大中型水轮机各大部件均已取得较良好的结构形式和焊接方法。获得了成套的初步经验，希望各工厂取长补短，扩广采用，并在此基础上作进一步研究提高，总结出成套的成熟经验，如：设计方法，更合理的结构形式，先进的焊接工艺及设备，焊接的机械化和自动化等。

缺乏大型的加工设备也是当前水轮机生产的关键，各水轮机制造工厂并没有在这个困难面前低头，他们依靠了广大的群众的力量，制造土简设备，解决了大部的加工问题，如肖山电机厂，湖南水力发电设备厂利用土设备加工了3000瓩水轮机涡壳，天津发电设备厂利用土设备制成15000瓩水轮机的钢板涡壳，质量上也达到了设计要求，这都是良好的范例。总之，在各方面一定要全面贯彻中央提出的能洋则洋，不能洋则土，土洋并举，由土到洋的方针。

为了加速农业的技术改造，实现农业的机械化与自动化，要求生产出大量的农村用的小型水轮机。目前全国已有不少工厂正在制造或准备制造这种小型水轮机。负责水轮机设计部门应尽快设计出一套适合目前农村电站使用的系列结构，交付各厂使用。各地较有经验的工厂，应从技术上予以支援，助其尽快掌握，各小型水轮机制造厂亦应贯彻自力更生为主，力争外援为

輔的原則，在实际鍛練中壮大自己。

要達到生產的躍進，必須革新生產過程，實現機械化與半機械化，並積極走向自動化與半自動化。各水輪機製造廠首先應針對手工勞動最多，體力勞動最繁重的工序，如鑄、焊、鍛、鏟磨等工序實現機械化與自動化。批量較大的零部件金工加工應力爭實現半自動化與自動化。無屑加工是一個新的工藝技術，各廠宜創造條件，大力推行。此次大會上所收集到的機械化和自動化的先進經驗，匯編在本冊內，各廠可根據本身的具体條件，推廣使用。

為了更好地利用我國豐富的水力資源，必須進一步提高我國水輪機製造工業的科學技術水平。水輪機試驗研究工作較為落后，是當前突出的問題，必須儘快建設現有的試驗研究基地，充實技術力量，使其儘快發揮作用，並逐步籌建新的試驗研究基地。在短期內建立完全適應我國自然條件的水輪機新系列。

近來內要以三峽巨型水輪機為綱，推動全面的試驗研究工作，創造出過流量大，尺寸小，性能優良的新品種，以便最大限度內提高單機容量。研究解決大容量機組的各個工藝關鍵及高強度的材料，使巨型機組的生產成為可能，並達到大量節約材料。同時要研究出耐磨損材料及防護方法的適應我國大部分河流含砂量較大的特點。

我國西南高原地區有大量的高水頭，容量大的電站必須研究出高水頭水輪機，為今後大規模開發創造條件；我國平原地區及沿海有大量的低水頭水力資源和潮汐資源，要研究和推廣貫流式機組。為了節約鋼材，要研究使用陶瓷塑料等代用材料。

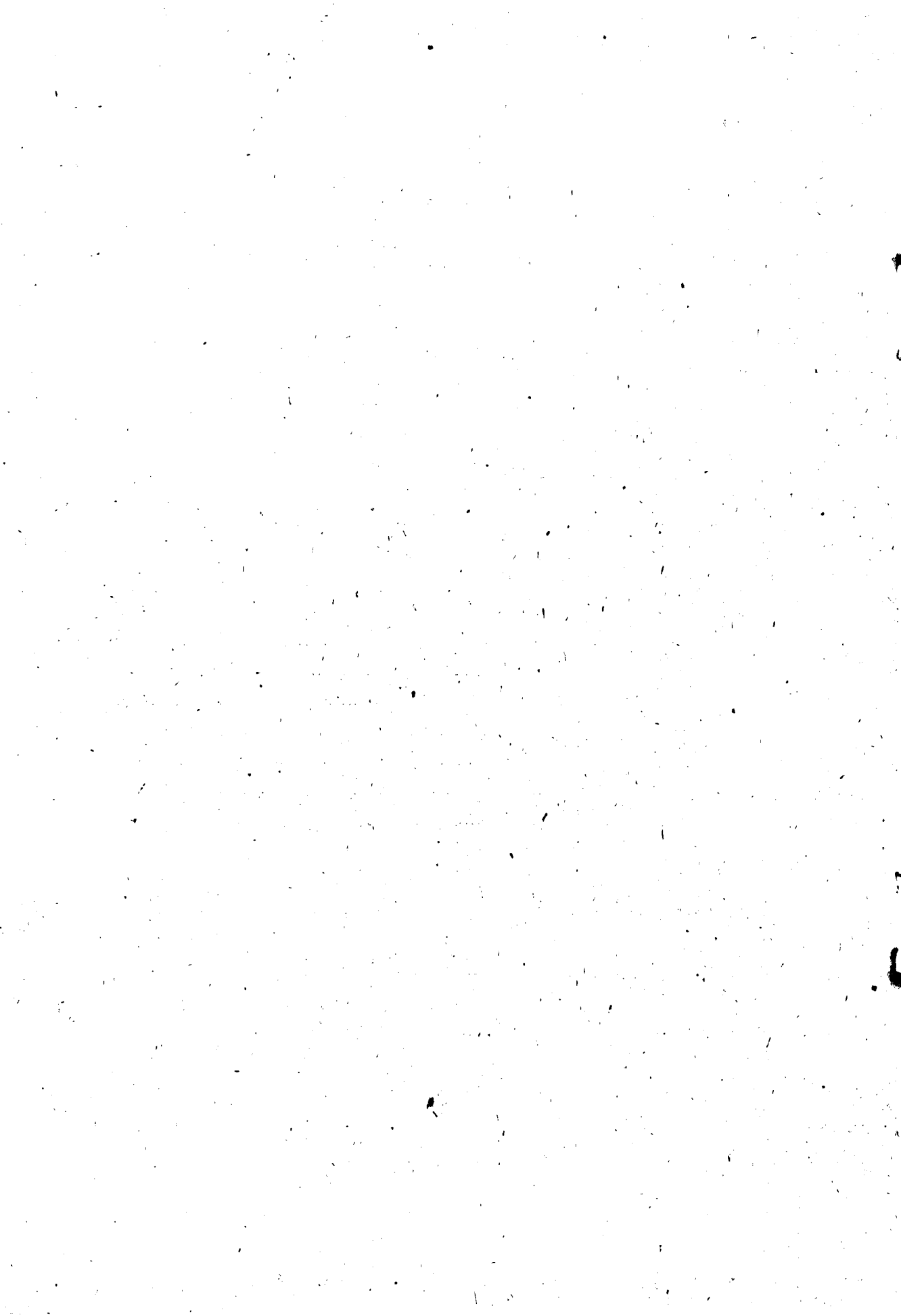
調速器，油壓設備，自動化元件及其他水輪機輔助設備都是水輪機設備中不可缺少的設備。今後應加速試制，保證成套供應，並加強研究新品種，以滿足新型及巨型水輪機的需要。

要積極進行水輪機的系列化、標準化和通用化工作。中小型水輪機應力爭做到全盤的系列化、標準化和通用化。在大型水輪機方面應逐步積累經驗，首先做到小零件的標準化，達到成批生產的目的。然後逐步達到大部件及裝配的系列化與通用化。對於大型水輪機的規格應力求通用化，以便提高生產與電站的建設速度。

這本資料主要是根據各部門交流的資料匯編的，按資料內容分為焊接結構、焊接技術及設備、超音波檢查、金工加工及裝配、鑄造等五方面。匯編時僅作了文字上的精簡及修飾。讀者在閱讀及應用時，如有不清楚之處，仍須和原單位聯繫。由於資料不齊，如試驗研究成果、設計標準化系列化、設計的革新、新材料的使用、鏟磨的機械化、水輪機設備運轉經驗等暫付闕如，希望各部門及時總結，以達到廣泛的交流。

# 目次

前言	(3)
<b>I. 焊接結構</b>	
一、水輪发电機組焊接毛坯制造总結	江南造船厂 (7)
二、15000瓩水輪机轉子焊接工艺	天津发电設備厂 (10)
三、15000瓩水輪机轉子焊接装配的技术总結	东北机器制造厂 (12)
四、15000瓩水輪机座环以焊代鑄的技术总結	东北机器制造厂 (15)
五、1360瓩水輪机軸的焊接	蕭山电机厂 (21)
六、制造大型发电設備中采用全焊与鑄焊結構的經驗	哈尔滨电机厂 大电机研究所 (22)
七、水輪机主軸包焊不銹鋼板	天津发电設備厂 (31)
八、不用弯板机和油压机做水輪机渦壳	天津发电設備厂 (32)
<b>II. 焊接技术、設備、切割等</b>	
九、轉桨式水輪机叶片不銹鋼綑板板堆焊	哈尔滨电机厂 哈尔滨工业大学焊接专业 哈尔滨焊接研究所 (35)
十、不用电焊条焊接金屬的重大技术革新	北京鍋炉厂 (40)
十一、自制和改装的电渣焊設備	江南造船厂 (40)
十二、二氧化碳保护气体焊接	江南造船厂 (43)
十三、半自动焊机改成双头	江南造船厂 (47)
十四、氧-乙炔經濟切割法	江南造船厂 (48)
十五、自动多刀气割法	江南造船厂 (51)
十六、空气电弧切割	哈尔滨电机厂 (51)
<b>III. 超音波的檢查</b>	
十七、超音波檢查鑄件的試驗	江南造船厂 (54)
十八、焊縫超音波探伤法	江南造船厂 (54)
<b>IV. 金工加工、装配</b>	
十九、15000瓩水輪机导水机构的装配	天津发电設備厂 (61)
廿、15000瓩水輪机座环加工及渦壳試装	天津发电設備厂 (64)
廿一、15000瓩水輪机轉子的加工	天津发电設備厂 (67)
廿二、3000瓩水輪机工艺总結	蕭山电机厂 (71)
廿三、犬軸钻中心孔工具的設計及使用	天津发电設備厂 (79)
<b>V. 鑄造</b>	
廿四、水輪机轉子鑄鋼改为球墨鑄铁分体澆鑄的試驗情况	蕭山电机厂 (84)
廿五、导水瓣深孔鑄造試驗总結	哈尔滨电机厂 鑄造研究所 (86)
廿六、座环地坑組芯造型	哈尔滨电机厂 (89)
廿七、72500瓩轉子叶片組芯造型	哈尔滨电机厂 (91)



# 一 水輪發電機組焊接毛坯製造總結

江南造船廠

自全國工農業大躍進以來，電力工業的發展是非常迅速的，但是還不能滿足全國工農業發展的需要，因此電力供應日益緊張。目前除迅速增加火力發電設備的生產外，更應大力進行水力發電設備的生產。由於我國有豐富的水力資源及良好的開發條件，因此黨中央確定了“水主火從”的電力工業長遠建設方針，今後水力發電設備的生產將日益增多。目前妨礙水力發電設備迅速發展的主要因素是鑄鍛件毛坯供應不足。中央有鑒如此，所以在1959年下半年特提出了用并焊結構代替鑄鍛結構的新方案，解決毛坯供應的問題。我廠在去年承受試制第一台喀什3000瓩水輪發電機組焊接毛坯製造的任務。這些并焊件包括鋼板焊接，鑄焊，鍛焊等結構。由於領導重視，發動群眾，大搞技術革新運動及兄弟廠的幫助，在一個多月的時間內就試制成功我廠以前從未生產過的發電設備。目前我們已開始大量及成批的生產水電設備的并焊毛坯，並且從小型機組發展到中、大型機組的毛坯生產。現將製造的情況及一些技術革新經驗作一簡要的介紹。

## 1 大量推廣與採用先進焊接技術

**電渣焊的應用** 水電設備的毛坯的厚度都比較大，焊縫厚度在40毫米以上的很多，最厚者達100毫米以上。如喀什3000瓩機組的主軸是由50毫米鋼板并焊而成，如採用手焊或自動、半自動焊，圓孔的內徑小，里面施焊困難，質量難以保證。又如44000瓩機組的座環的70毫米環形鋼板的對接縫，如採用一般焊接方法，不但需消耗大量勞動量，並且焊後發生變形，校正工作非常困難，不僅要用大水壓機，並且在數米的圓周內難於達到準確，而將影響今後裝配的質量。因此決定對40毫米以上鋼板的焊接採用焊接尖端技術——電渣焊進行焊接工作。當時電渣焊在我廠還處於試驗階段，正式產品應用較小，技術不夠熟練，質量也不穩定。而主軸的焊縫有縱縫、環縫和角環縫三種(如圖1-1所示)，質量要求高，軸身焊後需精加工，不允許有大的焊接變形，所以在使用上存在着許多困難。這些困難並沒有將我們嚇倒，在正式焊接之前，進行了多次的試驗，得出電渣焊的變形規律(如軸身垂直焊，在對接縫時，上為31，下為28；環焊時，上為29，下為31等)，解決電渣焊接的許多技術問題。如軸身二段對接環焊時，由於軸身直徑小，不能採用活滑塊，內部用銅塊，則焊後難取出，將消耗大量的銅。可以用50毫米厚的鋼板圈成圓形，墊在內面，外面用活滑塊。焊接時為防止裂縫與未焊透，在將焊到接头處需要開始擺動焊絲；直至收口焊好為止。角焊縫更複雜，由於直徑小，所加之馬，在焊150毫米左右後，即需將第一個馬割去，此時很容易發生變形，需要正確的反變形措施及工藝規程。經過一系列的試焊，質量上達到要求後，應用到正式產品上，質量很滿意。

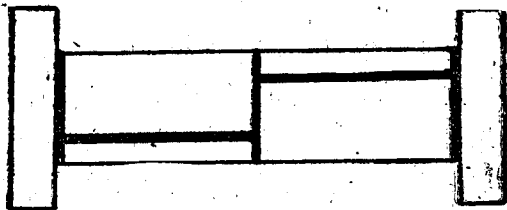


圖 1-1

現在水輪發電機組毛坯厚度達40毫米以上的焊縫，都大量採用電渣焊。我們感到電渣焊有



如下优点：焊接速度快，縮短生产周期，焊接变形能达到最小，减少了許多校正压平工时及焊缝的加工工作量，并且保证了产品质量，減輕了劳动强度。在应用电渣焊时須增加一些車加工工作量，如主軸环焊缝同角焊缝在焊前都应该經過加工，环焊缝上，二端都應将其車为同一直径，并与内滑块紧密結合，避免在焊接时产生焊漏現象。

电渣焊后，金屬内部金相組織发生变化，产生馬氏晶体，故均需經過正火及回火处理，以改善鋼件的金屬組織。

**扩大自动焊接与半自动焊接的工作面** 在水电設備并焊毛坯焊接时，大量采用机械化焊接，将能提高劳动生产率，縮短建造周期，提高焊接质量，減輕手工焊的劳动强度。但由于我厂现有的自动焊与半自动焊机仅能进行俯焊（ $15^\circ$  以内），所以要想使产品的大多数焊缝都能处于俯焊位置，适合于进行机械化焊接，其措施有以下几点：

(1) 采用分部装配法。如水輪机的座环在制造时以固定水瓣为界，分为上下二部分分别进行装配，焊接。各零件的对接焊缝預先在平台上用自动焊接，再进行零件間的装配，部分仰焊在翻身后都可采用半自动焊接。

(2) 使用特制的焊接胎架。轉子的上冠焊缝的角度大，在下面做一胎架，使焊缝成为水平，用自动焊焊接。其他如轉子支架，調速軸等，都采用胎架进行焊接。

(3) 对于焊缝深度大的角焊缝，由于半自动焊咀大；伸不进去，可先由手工焊焊二三层，然后再以半自动焊盖面。如座环的固定水瓣与上下环板的焊接，即采用此种焊接方法。

**采用二氧化碳气体保护焊接** 对于厚鋼板的部分焊缝，如主軸与法兰的焊接，焊缝深达120毫米，如采用半自动焊，則需焊很多层，敲药粉工作很困难，耗費時間，并且如留有少許药粉，就会影响焊接质量。我厂对于这种这些焊缝，是采用二氧化碳保护焊进行焊接的。軸身轉动，焊咀左右摆动，就可以連續焊接，焊接效率可提高3倍以上，在今后頂盖等的焊缝中准备推广使用。

目前我厂在制造水电設備并焊毛坯时，采用机械焊接量占全部焊量的75~80%，在今年大鬧技术革新运动中，正在研究試制能进行垂直焊的焊机，相信在今后机械化焊接的应用面必将大大扩大，达到全部代替手工焊。

## 2 并焊毛坯，装配，加工的几个特点

**缺乏平台設備，装配工作都在胎架上进行** 并焊毛坯最理想是在坚固的平台上进行装配焊接，这样易于保证其形状的正确。但我厂缺乏这种平台設備，考虑到部件的綫型及装配的工艺，所以每一部件都設計有一个胎架，作为装配时的依据。事实上用胎架进行装配，可提高劳动效率，保证部件质量，是个切实可行的方法。現举轉子及渦壳的装配作为例子：

(1) 轉子。轉子是所有并焊毛坯中結構最复杂，制造最困难的部件。我們是采用叶片，上冠，下环分别制造的，叶片为单独鑄造，而上冠与下环可采用鋼板或鑄件并焊。因为轉子的要求高，叶片的綫型复杂，我們設計了一个轉子用装配胎架。胎架的底板用50毫米厚鋼板，用电渣焊并成，表面刨平，底板上垂直地焊几块30毫米厚的模板，在下环的位置开槽，作安装下环时的依据。在胎架上有中心点标記以及上冠下环等外徑的圓周綫。装配是采用反身安装。先将上冠反身吊在底板上，按中心点装对后固定之，然后将下环吊上，对准中心，刚好安装在胎架模板的开槽上，用电焊固定之。按叶片数把胎架上的等分綫引到上冠与下环上，不必重新进行

等分工作。在划綫后进行叶片的安装，然后在此胎架上进行俯焊縫的焊接工作。由于胎架紧固，焊接变形非常小。其他部分焊縫可在轉子吊出后，另做一个圓圈套在轉子上冠上，其外徑与下环外徑相同，放在迴轉輪上进行半自动焊或手焊。这种装配胎架非常輕便，可以自由吊动，不用时可以吊走。

(2) 渦壳。渦壳是由許多节鋼板并焊成的，大多数呈橢圓形，在工地安装时需与座环相銜接，其本身是从大到小，所以要求焊接后，具有正确的外形。我厂在制造渦壳时是采用內外二种胎架来保証渦壳的綫型。每节渦壳内部靠近焊縫边缘有一圓模板，环节安装前先将模板与渦壳点焊好，以保証各节的綫型。各节的装配与焊接工作是在胎架上进行的。安装时，将渦壳各节放到胎架上，对准中綫。各节接头处的余量綫可根据画在平台上的接头綫进行切割。焊接时渦壳与胎架利用彈性连接来减少变形。实践証明用胎架进行焊接是可以保証部件的綫型的。

**鋼板加工改用压模以减少热加工提高效率減輕笨重的体力劳动** 对于具有复杂綫型的零件以及較厚鋼板的成型都用冷压来成型，如座环的碟形边，轉子的上冠，主軸的半圓都是用水压机在模子上进行冷压的。成批生产中，做一个模子是合算的。模子可用球墨鑄铁，但对于厚度超过 50 毫米以上的零件，如采用冷压成形，則需用鋼模，以防止模子压碎。制造压模之前，应先将零件的实样放在放样間地板上，以后用木样板釘成零件綫型的实样的方箱子，作为澆鑄模子的依据。对于鋼板較厚而內徑小的半圓，在成型时，可分二次压出。压模的下模可以二面利用（如图），以提高利用率，而且压制方便。



图 1-2

**以小拼大，克服鑄造设备不足及技术水平低的困难** 如轉子采用整鑄，则需要較高的技术水平，而我厂的电炉系 59 年 10 月才投入生产，因此就采用单个叶片的鑄造方法，总装时与上冠下环装在一起。在目前鑄造设备比較少的情况下，能够鑄造大型水輪机轉子叶片的工厂为数不多，单个鑄造叶片的方法是值得推广的。

### 3 制造水輪机过程中的一些改进

**改进法兰的操作工艺与下料，节约了材料** 并焊毛坯有許多法兰，如頂盖上导水瓣軸承法兰，座环上的法兰等，都是由較厚鋼板制成的。开始时我們多用厚鋼板下料，用气割割出法兰。由于一般法兰內徑較小，割剩部分的材料使用困难，多为廢料。現在改用厚鋼板下料成直条，以后加热弯成法兰，可以节约材料三分之二左右。一般法兰的切面的高与厚不超过一倍，厚度在 40 毫米以上的都可采用此种方法加工。以前圓柱管子在焊后变形时，多加热校正，需用大量乙炔，氧气和劳动力，劳动强度也高，現在都改用油压机进行校形，不但效率高，且质量好，取消了笨重的体力劳动。

**改进叶片鑄造造型工作** 在制造 3000 瓩水輪机的轉子时，叶片的鑄造是采用玻璃砂成型的，由于造型的质量不一，影响了叶片的鑄造质量。現在用球墨鑄铁做上下模，澆鑄叶片时，只要将上下模重合，就能鑄出叶片。这样不仅省去了造型的工时，并且鑄出的叶片形状一致，质量良好，成批生产时更为有利。

从上述生产过程中，說明了在今天电焊技术日益发展及电渣焊已被大量应用的情况下，将

部分水輪发电機組的鑄鍛件改為焊接件在技術上是可能的，質量上有保證而經濟上又是合算的（根據我廠的估計，在成本，工時，材料等方面焊接件都比鑄鍛件更經濟），且適合於我國的生產能力與設備的情況，在今後大量生產大型水輪发电機組，并焊結構的意義就更為顯著。我們認為採用并焊結構有下述的優點：

- (1) 可以分散製造，以小拼大，大大縮短生產周期。
- (2) 鋼板焊接結構較之鑄件強度好，因之厚度可相應減薄，部件的重量減輕。
- (3) 并焊結構的鋼料較鑄件可節省 1/4 左右。
- (4) 焊接結構工序簡單，製造方便，製造工時減少 1/3 左右。
- (5) 節約造模用的木材。
- (6) 由於材料省，工時少，整個部件的成本將大大降低。
- (7) 質量較鑄件有保證，不會有鑄造缺陷的產生。
- (8) 廢品率低，焊接有缺陷時，易于修補，不致作廢。
- (9) 生產工序少，可簡化勞動組織，便于生產管理。
- (10) 減少笨重的體力勞動，改善了勞動條件。
- (11) 成批生產時可以組織合理的流水作業線，逐步走向機械化生產，提高勞動生產率。
- (12) 焊接結構的車床加工工作量減少。
- (13) 生產設備簡單，宜於全國各地普遍生產，減少了運輸費用。
- (14) 可以空出一部分鑄鍛設備生產必要的鑄鍛件，以解決鑄鍛設備的不足的困難。

## 二 15000 瓩水輪機轉子焊接工藝

天津發電設備廠

### 1. 概述

轉子是水輪機中很重要的零件，製造要求高，形狀又很複雜，當時考慮到採用整體鑄造因限於天津的鑄鋼技術水平，恐怕不易做好，及焊接轉子一系列的優越性。而採用了鑄焊複合結構的轉子，但這一項先進工藝在國內尚沒有成熟的經驗。另外由於各單件鑄鋼含碳和硫較高，對焊接裝配均帶來了一定困難，但在黨的領導下，終於在製造過程中克服了重重困難，勝利的完成了轉子焊接工作。下面我們就製作過程作一簡單總結和提出一些意見。

### 2. 裝配焊接過程

這台轉子分為上冠、下環和 14 個葉片單獨鑄出，鑄件原設計為 30 號鑄鋼。但由於其他原因鑄成了 45<sup>#</sup> 鋼，而且含硫亦超過了規定。因此為了防止焊接熱裂縫的產生。在全部焊口表面均預先堆焊低碳鋼過渡層，然後再行并焊。

#### (一) 葉片：

經清理檢查，修補缺陷，磨光表面和泄水邊後進行葉片的劃綫，用樣板劃出與上冠的相交綫，根據劃的綫以及考慮上冠，下環和葉片本身的堆焊層厚度切割余量并割出坡口。趁氣割的余熱用 Э—42A 型（仿蘇 УОНЦИ 型）焊條在坡口處進行堆焊三層，然後在裝配時根據實樣修磨坡口。

#### (二) 上冠：

粗車後對外錐面加工到圖紙尺寸，並在錐面上車出葉片泄水邊和進水邊的两定位綫，劃

出叶片装配位置线，按线考虑焊脚尺寸，进行堆焊低碳钢过渡层。见图2-1，堆焊厚度9~10毫米。堆焊前用木柴将上冠加热到150°C左右。约堆焊后重加工堆焊表面，堆焊层留下5毫米，重新在堆焊表面划出叶片位置线（图2-1）。

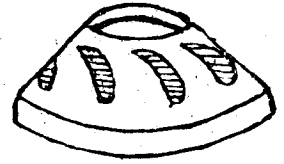


图 2-1

### (三) 下环:

粗车后内表面加工到图纸尺寸。

### 3. 叶片与上冠装焊

叶片是逐个装配后一起焊接。装配的依据是其上所划的叶片位置线，另外配合叶片泄水边样板依次进行装焊。详见图2-2。

在叶片布置方面要考虑到重量的平衡，这对今后转子静平衡带来极大方便。

叶片与上冠表面的焊口间隙必须控制在2~4毫米之间。间隙过大会造成较大的变形，过小则不能焊透。叶片的点固采用“Γ”形铁。依次装好各个叶片后，进行总的检查和修整。主要检查开口及节距是否符合要求。全部达到要求后，各叶片间搭焊拉条。焊接要注意对称施焊。叶片尖部可挂铅锤，能很灵敏的显示出最大焊接变形值。对称施焊不仅能保证较小的变形。同时亦可防止焊缝发生拉裂。

焊后对进水边，泄水边节距及开口尺寸进行检查。叶片的最大变形仅3~4毫米焊缝用超声波探伤来发现焊接缺陷。

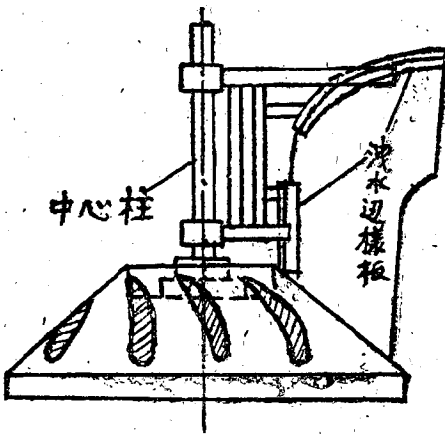


图 2-2

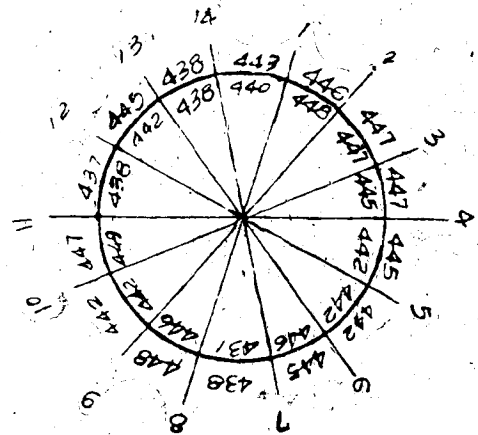


图 2-3

### 4. 下环与叶片的装焊

上冠与叶片焊后，在立车上加工叶片与下环焊接处，达到原图纸尺寸，然后套入下环，按实物划出叶片位置线。按线用同法在下环上堆焊过渡层后加工堆焊表面，修割叶片坡口。为了保证叶片与下环同心一致，在立车上进行转子套下环及点焊，点焊牢固后将转子放倒。转动转子逐个焊接叶片与下环的焊缝，施焊仍需力求均匀避免修焊。

焊后转子进行总检查，焊接变形记录如下（图2-3）（按转子焊接图I—I截面进行的）。

为了防止根部焊缝发生裂纹。我们在最初几层焊条均采用 $\Theta$ -42A型焊条。而表面层焊条则用 $\Theta$ -42型焊条。

## 5. 結論

- (一) 鑄焊复合结构的单件鑄鋼质量必須保証，尤其对碳硫的含量必須严格控制。否則給并焊工作带来困难，大大增加工作量；
- (二) 叶片几何形状要正确，重量出入不能太大；
- (三) 焊接坡口要注意两边的均匀性；
- (四) 叶片划綫时要兼顧到进水边及泄水边的相对位置，否則給装配工作带来很大麻煩。

# 三 15000 瓩水輪机轉子焊接装配的技术总结

东北机器制造厂

我厂在試制 15000 瓩水輪机的过程中，由于車間澆鑄能力薄弱，鋼炉的容量較小，因此对一些較大的零件，不得不采取焊接的方法来代替。其中轉子这一零件，我們就是采用了焊接装配的方法来代替了原設計的整体鑄造。

到目前为止，我們已用鑄焊方法陆續地生产了 4 个轉子。就其所經過的实际情况与焊后的效果来看，基本上还是比较稳定与良好的。

有关轉子的焊接，装配生产过程介紹如下：

## 1. 轉子的形状

由图 3-1 中，可以看出轉子是由三部分組合而成（上冠、叶片、下环）。在原先的整体鑄造结构时，这三者乃是联成一体。由一次澆鑄而成。但改变成焊接结构后，这三者就各自分开，单独进行鑄造（见图 3-2），然后，再装配在一起进行焊接。

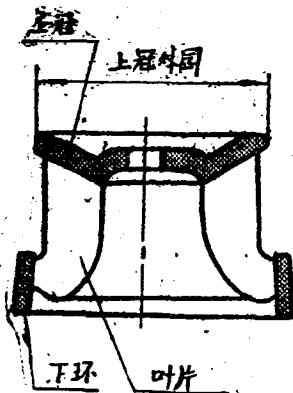


图 3-1

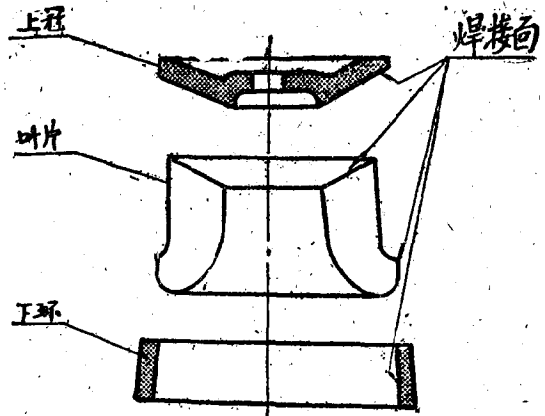


图 3-2

## 2. 焊前的各项准备工作

(一) 焊接前应将澆鑄出的轉子上冠与下环的非焊接面进行粗加工，各焊接面，則精加工至規定尺寸，以备焊接。

(二) 焊接前，将鑄出的 14 个用拉筋連在一体的轉子叶片，进行錐磨坡口（见图 3-3）。在錐磨坡口过程中，如发现有鑄造的缺陷（如气孔，砂眼等），則应錐掉，加以补焊后，再进行錐磨，务使坡口的表面光洁完整。

上述这些准备工作完成之后，进行一次全面的尺寸及外觀的檢查，应使其符合圖紙的要求。

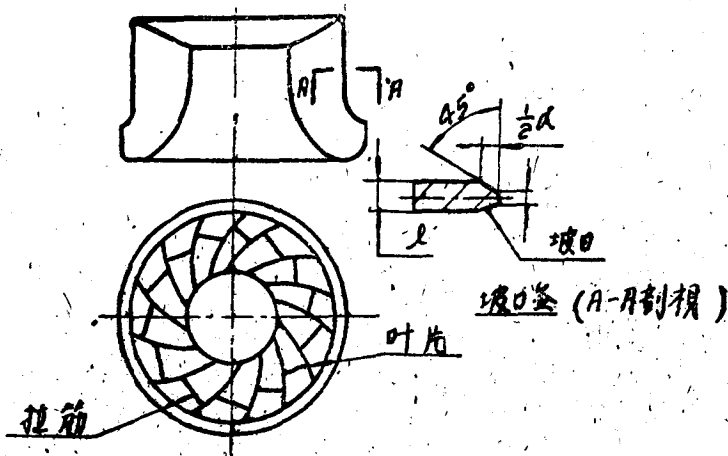


图 3-3

### 3. 装配和焊接

一切准备工作齐全之后，即进行转子的整体装配。先将上冠、下环及叶片找正对合，待位置尺寸均确定后，进行点固，然后开始焊接，详细过程如下：

#### (一) 找正过程

(1) 将上冠放在平台上，按其焊接面上所划的两圆线（即叶片内圆和外圆）找平。将叶片吊上，按上冠上的内、外圆线对正，尽量使叶片的内外圆与上冠的中心保持同心并用弯尺找正叶片泄水边的垂直度。经检查合格后，即进行点固。待点固后，再检查一遍，应符合原来的检查数据（见图3-4）。

(2) 叶片与转子的上冠点固在一起后，再进行转子下环的对合。

如图3-5所示，将下环放置于转子的叶片上，沿其圆周的端面上架以千斤顶。然后按下列三个原则进行找正。

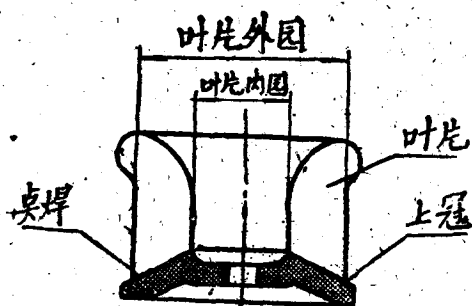


图 3-4

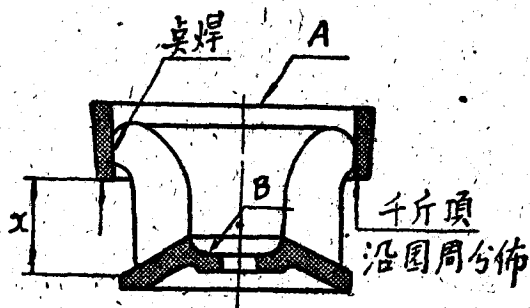


图 3-5

一) 在全圆周上，保持尺寸 $x$ 相等（见图3-5）。

二) 下环的内锥孔中心应尽量与已点固成整体的上冠、叶片的中心同心。

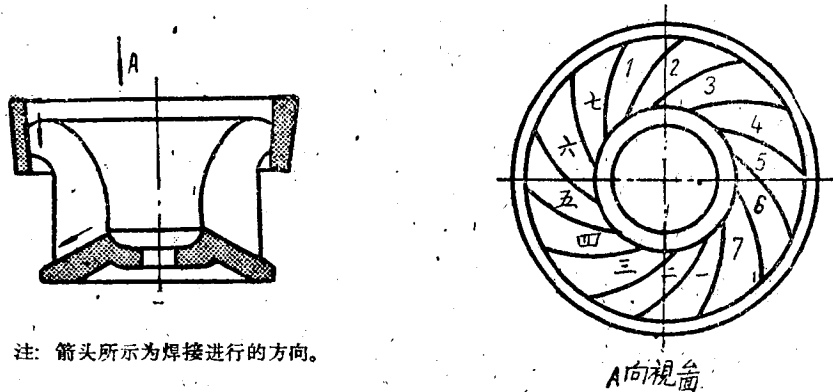
三) 端面(A)与(B)应保持平行（见图3-5）。

找正完毕之后，经检查合格，即进行点固。当点固完后，再进行全面检查一遍，应符合原先的检查数据。

## (二) 整体焊接

轉子經過点焊后, 就进行整体的全面焊接, 焊接过程如下:

由 2 人或 3 人对称的进行施焊, 焊工的焊位及焊接的方向按图 3-6 所示进行。



注: 箭头所示为焊接进行的方向。

图 3-6

焊接的各项技术数据及控制规范如下:

- (1) 焊条为  $\text{E}42\text{A}$ , 直径  $\phi 4$  和  $\phi 5$  两种。前者供焊缝的第一层用。
- (2) 用  $\Gamma\text{C}-500$  仿苏型直流电焊机电流为:  $A = 160 \sim 200$  ( $\phi 4$  焊条用);  
 $A = 200 \sim 240$  ( $\phi 5$  焊条用);
- (3) 全部焊缝采用  $\text{K}20$ , 焊缝必须饱满。每焊完一层后, 必须严格清理熔渣, 作详细检查。无裂纹后, 方可施焊次一层。对有裂纹的焊层, 必须锤去重焊。
- (4) 所有焊缝, 均应逐层顺序的全面进行。不许集中的焊完一处之后再焊另一处。
- (5) 焊缝除作表面的外观检查外, 还要作焊缝的试样检查。检查的项目为下列三项 (试样的工作条件应和零件相同):  
(A) 拉力强度; (B) 抗弯强度; (C) 冲击强度  $a_k$ 。

### 4. 焊后回火

待轉子全部焊完之后, 即将轉子回火, 以消除焊接内应力。回火的规范如下:

- (1) 加热温度为:  $600 \sim 650^\circ\text{C}$ , 在此温度下保温 2 ~ 3 小时;
- (2) 升温速度为  $100 \sim 150^\circ\text{C}/\text{小时}$ 。随炉降温。待冷至  $350^\circ\text{C}$  左右取出自然冷却。

到此为止。轉子的焊接生产过程已全部结束。

### 5. 小结

根据我們已经生产了的三个轉子来看, 在其焊接的实际过程中, 情况一直是比較稳定的。其中只有一次因为室内温度的过低 (冬天零下  $15^\circ\text{C}$  左右) 造成在焊接过程中发现了裂纹 (在靠近焊缝旁的叶片体上)。后来我們就将叶片部分事先用火烤一下 (約  $40 \sim 50^\circ\text{C}$  左右) 经过这样子加热之后, 此现象就消除了。

由于轉子在机械加工完后, 要作静平衡的试验。因此在焊接过程中我們特别严格的控制轉子的对正工作, 以免以后影响平衡。因此找正的工作量不得不增加。当然如果能采用整体鑄造的轉子, 则此缺点就不存在了。

另外要注意的就是 14 个叶片的鑄造质量, 应尽量防止每个叶片表面的鑄造缺陷, 保证叶片

間的位置的正确（如果是单独一片一片地鑄造，則就无此誤差的可能，但是增加了对正时的工作量），以免造成以后大量的修理工作。

### 四 15000 瓩水輪机座环以焊代鑄的技术总结

东北机器制造厂

座环乃是 15000 瓩水輪机的一个最大的零件。該零件的原設計是鑄鋼件，靜重量約 11 吨。由于我厂鑄鋼能力的薄弱，炼鋼炉容量不够，且任务紧迫，在这样的情况下，我們就决定了采用鋼板分体焊接来代替原先的整体鑄造。

考虑到鋼板与鑄鋼的特性不同，当我們在改变毛坯方式的同时，相应地也对原設計作了一部分的結構修改（主要是壁厚的减少）。关于这一点，可詳見下面的叙述。

直到目前为止，我厂已陸續的生产試制了 4 个以焊代鑄的座环。虽然在这过程中，我們已初步的掌握摸索到一些对此一大型的薄壁圓环零件的焊接技术与經驗，但由于我厂对焊接技术水平有限，因此在生产过程中尚未能完全达到稳定的状况，特别是在控制和防止焊接过程中零件变形这一問題上。

下面就是我厂对焊接座环生产过程的总结。

#### 1. 座环的結構与形状

图 4-1 所示乃是原設計的鑄件座环。图 4-2 是修改后的焊接座环。从图上可以看出它們的显著差别。这就是焊件的壁厚要比鑄件的壁厚大大地减薄。除此以外其他一些地方的变动（如图中“M”处）则是为了适应焊接工艺而修改的。

壁厚的变薄是因为考虑到鋼板的組織、强度

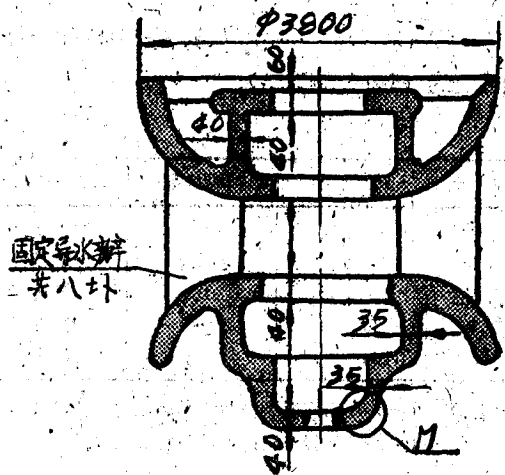


图 4-1 鑄造座环。

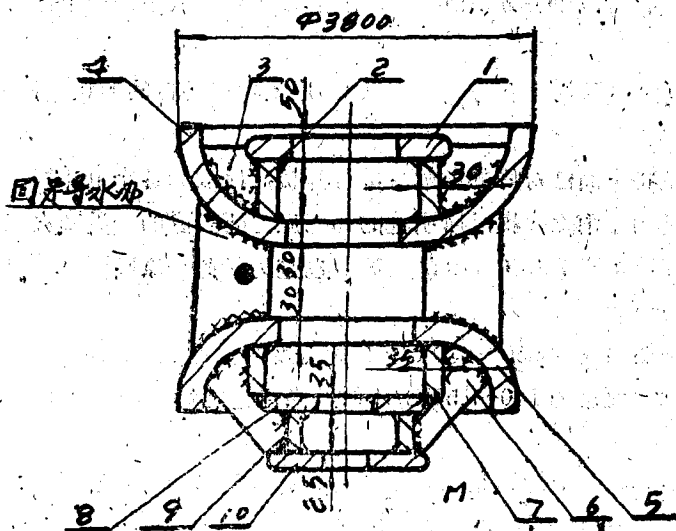


图 4-2 焊接座环。



均要比鑄鋼件好，至于变薄的具体数字乃是我們根据經驗而估計出来的。

由图 4-2 可知，焊接的座环是由单体(1)~(10)并合而成。其中的(1)~(4)組成了座环的上环，(5)~(10)組成了座环的下环，而上环与下环的中間則是一个鑄鋼的固定导水办。

## 2. 座环的焊接工艺

座环的焊接是按照表 4-1 的順序进行。

表 4-1

工序	名称	内 容	工序	名称	内 容
1	下料	将单体(1)~(10)分别下料(見表 2)	6	鉚焊	将各单体分别焊成上体与下体
2	鉚工	煨形及并合各单体	7	热处理	将上环、下环进行焊后回火
3	焊工	焊接各单体	8	鉚焊	将上环、下环与八个固定导水办焊成一体
4	热处理	将各单体进行焊后回火	9	热处理	焊完后进行整体回火
5	鉚工	加工各接縫处的坡口			

## 3. 工序內容之解釋

工序 1 是下料工序，从表 4-2 中可以看出，每个单体(1)~(10)本身也都是由数块鋼板組合而成的(鋼板为 Cr. 3)。

表 4-2

件 号	鋼板厚度	組成块数	下料作据	件 号	鋼板厚度	組成块数	下料作据
1	60毫米	6	样板	6	20	16	样板
2	30	2或3	划綫	7	35	2或3	划綫
3	20	16	样板	8	45	6	样板
4	30	8	样板	9	25	2或3	划綫
5	30	8	样板	10	38	6	样板

备注：(一)凡用样板下料的，其加工留量均已包括在样板内。

(二)凡划綫下料的，均为实际尺寸。

这样分散下料的目的是为了：(一)可以有效地利用鋼板的剪裁面积；(二)适应車間現有的煨形设备及工具(因为没有大的焊炉及模子)。

工序 2 是将所裁下各分散的单块，按照划綫并合成每一个单体(1)~(10)(見图 4-2)以待焊接：

其中(2)、(4)、(5)、(7)、(9)应先弯成各自的形状(按模子和样板)，然后再对合在一起。

工序 3 是将上面已对好的各单块进行焊接，使成为各个单体“(1)~(10)”。

工序 4 是为了消除焊接时所引起的局部应力而設置的一道回火工序。

同样道理，工序 7 和工序 9 的設置，也是为了此一原因。

回火的规范如下：

(一)加热温度为 650~680°C，在此温度内保温 2~3 小时。

(二)升温速度为 140~150°C/小时，降温是随炉冷却，待温度降至 350°C 时，取出进行自然冷却。

工序 5 是加工各个待焊处的坡口(按图紙規定)。8 个固定导水办的上下坡口系事先澆鑄出，在对焊之前須用砂輪将坡口表面磨光。