

高等学校教学用书

焊接接头和結構 的試驗方法

鮑戈金、阿歷克謝夫、納扎洛夫、卡普欽科編著



机械工业出版社

高等学校教学用书



焊接接头和结构的試驗方法

过孟辉 译

机械工业出版社

1958

出版者的話

本書敘述了各種現代的焊接接頭和結構的 x 射線透視檢查、磁性檢驗、超聲波檢驗、磷光檢驗以及金相的和機械的試驗方法；書中也敘述了具有代表性的各種焊接接頭的缺陷和查明它們的方法，以及工廠中的焊接技術檢查組織。

本書讀者對象為高等機器製造工業學校焊接專業師生和一般焊接工作者。

蘇聯 Г. И. Погодин-Алексеев, С. Т. Назаров, М. Н. Гап-
ченко 著 ‘Методы испытаний сварных соединений и кон-
струкций’ (Машгиз 1952 年第一版)

* * *

NO. 1958

1958 年 11 月第一版 1958 年 12 月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字數 279 千字 印張 11 0,001—4,500 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價 (10) 1.60 元

目 次

原序	5
緒論	9
第一章 焊接接头的缺陷	15
1. 缺陷的分类	15
2. 焊接前工件准备和装配的缺陷	16
3. 焊缝形状的缺陷和尺寸的偏差	17
4. 焊缝和接头的外部缺陷及内部缺陷	23
5. 焊接零件和结构的变形及翘曲	39
6. 焊接接头組織、成分和性能的缺陷	41
7. 用各种焊接方法焊成的焊接接头缺陷的特征及其区别	44
第二章 焊接前准备工作的檢驗和焊接生产檢驗	48
1. 原材料質量的檢驗	48
2. 毛坯、装配和夹具的檢查	78
3. 焊接设备、仪器和工具的檢驗	85
4. 焊工技艺的考查	91
5. 焊接生产的日常檢驗	99
第三章 焊成零件和产品及结构的驗收	113
1. 驗收—驗交試驗	113
2. 外部檢查和測量	114
3. 成品和结构的机械强度試驗	116
4. 水压試驗	118
5. 利用煤油、空气或氨的試驗方法	122
6. 焊接石油製品貯器的驗收和試驗方法	126
第四章 焊缝的 $\times$ 射綫透視檢查法	129
1. $\times$ 射綫的本質、性能和获得方法	129
2. $\times$ 射綫机	136
3. 焊接接头的 $\times$ 射綫透視技术	142

4. 焊接接头的 x 射线透视方法	158
5. 根据 x 射线照片确定缺陷真实尺寸的计算方法	166
6. 焊接接头质量的评定	171
第五章 用镭的 γ 射线的焊接接头质量检验	175
1. γ 射线的本质和特性	175
2. 焊接接头的 γ 射线透视技术	181
3. 用 x 射线和 γ 射线作焊接接头工厂检验的实际方法	195
第六章 焊接接头的磁性、超声波和磷光检验法	207
1. 用磁性检验法显示金属缺陷的物理实质	207
2. 焊缝的磁粉检验法	211
3. 焊接接头的磁感应检验法	222
4. 磷光检验法	227
5. 金属的超声波探伤法	228
第七章 焊接接头的金相分析	236
1. 焊缝金属和热影响区金属的组织	236
2. 焊接接头的粗晶组织分析	240
3. 焊接接头的显微组织分析	253
第八章 焊接接头的机械试验方法	275
1. 机械试验方法的特征和分类	275
2. 焊缝金属和焊接接头机械试验的试件	278
3. 焊接接头的静力试验	288
4. 焊接接头其它的机械试验形式	302
第九章 焊缝的化学分析和腐蚀试验	320
1. 化学分析	320
2. 腐蚀试验	324
第十章 焊接技术检查的组织	335
1. 工厂中的焊接技术检查	335
2. 焊接方面的国家标准和规章	340
3. 技术文件	345
附录	346

原 序

無論在焊接应用的範圍上，或是在焊接過程領域中所作的科學研究的深度和廣度上，蘇聯都在世界上占第一位。為了培養焊接方面的專家，蘇聯已在創辦焊接課目和編寫教材方面，進行了巨大的工作。

蘇維埃的焊接學者們，遵循着自己同胞——電弧和金屬焊接領域中卓越發明的創造者，最先闡述電弧放電和焊接問題的經典著作的創作者，別特洛夫（В. В. Петров）和斯拉汶諾夫（Н. Г. Славянов）——的傳統，著作了大量焊接方面的、反映蘇維埃焊接技術杰出成就的科學著作和教科書。

在蘇聯，還在組織培養焊接專家的最初年代里，就已編著了所有主要焊接課目的教科書和教學參考書：如電弧焊機器（В. П. Никитин, И. Я. Рабинович）、焊接結構學（Г. А. Николаев, Н. О. Очерблом）、接觸電焊（А. А. Алексеев, А. И. Ахун）、電弧焊（К. К. Хренов, М. К. Гусельщиков, М. В. Поплавко）等。在偉大的衛國戰爭時期，特別是在戰後的年代里，焊接文獻里有大量新的、關於自動焊（Е. О. Патон 和 К. К. Хренов 等）、接觸焊（А. С. Гельман, К. И. Крслук, К. А. Кочергин）和焊接的熱原理及冶金原理（Н. Н. Рыкалин, К. В. Любавский, Г. И. Погодин-Алексеев, А. А. Алов 等）方面的專題論文和教材補充了進去。這樣一來，在培養焊接專業工程師的教學計劃中，大部分的課目基本上都已有教學參考書供應了；但是，在編寫高等學校的標準教科書方面，還需要做很多工作。

、[焊接接頭和結構的試驗方法]教學參考書的編寫，還是我們首先來着手嘗試。本書是按照蘇聯高等教育部批准的這門課程的教學大綱寫成。由於這門課程還沒有完全定形，編寫完全合乎需

要的這門課程的教科書，就還有很大的困難。因而，作者們抱定了這樣的一個目的來編寫本書，那就是它基本上要能反映出教學大綱的要求，包括有焊接接頭和結構的試驗方法、焊接生產的先期檢驗和日常檢驗方法中的諸基本問題，以作為高等學校焊接專業的教材。

這本教材的主要部分，是作者們在下列各高等學校焊接專業中的講稿：波戈金-阿歷克謝耶夫（Г. И. Погодин-Алексеев）在奧爾忠尼啓則（即今貝日茨克）機器製造工業學院和里沃夫工學院；納札洛夫（С. Т. Назаров）在莫斯科鮑曼高等工業學校；卡普欽柯（М. Н. Гапченко）在基輔工學院以及以前出版的作者們有關這類問題的書籍：納札洛夫的「焊接接頭質量檢驗」（Машгиз, 1950）和波戈金-阿歷克謝耶夫與卡普欽柯的「焊接工作檢驗」（Машгиз, 1950）。

和作者們前述的各書一樣，在本書中，根據出版的各种定期刊物、手冊和學術文獻的資料，闡述了蘇聯各先進工廠和科學研究機關的經驗；同時，也採用了作者們在工廠和高等學校實驗室中，關於焊接檢驗方法研究中個人的經驗。

然而，焊接接頭和結構的試驗方法，也還是基於一般的機械、金相和其它金屬試驗方法的基礎之上的；在本書內，主要只是闡明焊接接頭和結構的試驗方法的性質和特點。有關金屬各種試驗方法和研究方法中的一般性的問題，則只是在對理解某種焊接接頭試驗方法有必要時才加以敘述。

要想更詳盡地熟悉金屬一般試驗方法的讀者，應該利用金屬試驗方面的專門文獻。在蘇聯的資料里，這些問題已全面地敘述在各种課程和專題論文中。其中機械的和金相的試驗方法已很好地在此下列各書里得到闡明：奧金格（И. А. Одинг）的「現代金屬試驗法」（Металлургиздат, 1944）；沙波什尼柯夫（Н. А. Шапошников）的「金屬的機械試驗」（Машгиз, 1951）；達維金柯夫（Н. Н. Давиденков）的「金屬的動力試驗」（ОНТИ, 1936）；弗利德曼（Я. Б.

Фридман) 的 [金屬的机械性能] (Оборонгиз, 1952); 格沃林格 (Н. В. Гевелинг) 等的 [金相实验] (Оборонгиз, 1939) 和波戈金-阿历克謝耶夫等的 [金屬学] (Оборонгиз, 1950)。

x 射綫透視檢查法和磁性檢驗法, 已詳盡地闡述在: 特拉別士尼柯夫 (А. К. Трапезников) 的 [x 射綫探伤学] (Машгиз, 1948) 和楊努斯 (Р. И. Янус) 的 [磁性探伤学] (Гостехиздат, 1946) 兩書中。

工厂中的技术檢查問題, 已在別洛烏索夫 (А. В. Белоусов) 的 [工厂中的技术檢查組織] (Оборонгиз, 1950) 一書中得到了全面的敘述。

焊接生产的先期檢驗方法和日常檢驗方法具有重大的意义, 作者們根据課程大綱, 將这一部分另辟專章闡述。为了選擇适当的、可以查明这种或那种焊接缺陷的試驗方法, 为了合理地选定防止缺陷出現的焊接过程的檢驗方法, 焊接接头各种缺陷的正确評定是非常重要的; 考慮到这一点, 正如大綱所規定, 在本書开头列有一章, 其中研討了焊接接头的各种主要缺陷, 它們产生的原因, 和查明及預防这些缺陷的一般方法。

本教材的第一、二、三章, 系由波戈金-阿历克謝耶夫和卡普欽柯共同編写而成; 第四、五、六章由納札洛夫写成; 第七章和第八章——波戈金-阿历克謝耶夫; 第九章和第十章——卡普欽柯。

作者們对在本書准备出版时提出宝贵意見的評閱者和編輯, 以及对以前出版的作者們关于焊接檢驗方面的書籍提出自己的意見的人們表示感謝。

同样, 作者們也将满怀感激地接受讀者們所有意在改善本書的批評。



緒 論

第十九次党代表大会的決議，和人民的領袖及導師斯大林同志的天才著作，作為建成共產主義社會鬥爭的綱領，在蘇聯人民面前展開了一個偉大的未來，鼓舞着人們去建立新的英雄的功勛。

第十九次党代表大会關於在1951~1955年發展蘇聯第五個五年計劃的指示明顯地表明：遵循着由斯大林同志所發現和科學地論證了的社會主義經濟發展法則，黨要實際地解決從社會主義經濟過渡到另一種高級經濟形態——共產主義經濟的偉大任務。黨的這些決議，在科學和工業技術工作者們的面前，特別是在焊接生產工作者們面前，對進一步發展焊接生產和提高產品質量方面，提出了一個新的更加重大的任務。由我們偉大的同胞的勞動所奠定的、並在現在為蘇維埃學者成功地發展了的、穩固地在世界上占有首位的焊接科學，應該獲得新的更加巨大的發展。

由於發展工業的重大任務，為生產出高質量產品的鬥爭就特別重要。在蘇聯這種鬥爭就更具有全國性的意義。根據蘇聯的法律，所有的企業都必須生產出符合國家標準和技術條件要求的、優質量的產品。提高工業產品的質量並減少廢品所造成的損失，有着重要的國民經濟意義，它能促使我們社會主義祖國的實力進一步的發展和加強，縮短建成共產主義社會的道路。

在我們的國家里，產品質量的提高，是用採取社會主義的勞動組織形式、改進工藝和生產資料，以及改進產品質量檢驗的方法和組織來達到的。

在焊接產品和結構的生產中，正確地選擇它們質量檢驗的方法具有重要的意義。利用簡單和靈便的方法，來查出焊縫內的缺陷並確定焊接產品的質量，對生產有着巨大的實際價值。保證查

明焊接产品制造过程中可能發生的缺陷，并最全面地反映出焊缝和整个結構工作运用情况的。焊缝質量可靠的檢驗方法，給將焊接广泛地应用到重要的結構中去开辟了新的可能性，它就能提高对焊接产品和結構質量的要求。

技术檢查作为企业中一种特殊的和不可缺少的职务，还并不太久。在革命前的俄国工厂中，技术檢查尙处在萌芽状态，并且，主要还只局限在由生产工長和班長执行的报廢职能上。

技术檢查科的組成和發展，已是第一个斯大林五年計劃苏維埃时代的事情了。那时，工业的蓬勃發展要求在工厂中有明确的生产組織，并将生产机构和檢查机构划分开来，設置不依賴生产人員的、專門的廢品檢查人員。

焊接生产檢驗方法的發展和日臻完善，与焊接工艺过程及金屬試驗方法的發展有密切的联系。由于苏联学者和生产工作者的努力，無論是在焊接的工艺上，或是在焊接結構試驗方法的領域中，都获得了很多巨大的成就。苏联的焊接專家們，在用各种金屬和合金制造各种各样的产品和結構时，都达到了优异的質量。苏联的金相学者和金屬物理学者，大大地發展了金屬的試驗和研究技术，这就可以足够可靠地用来檢驗金屬、产品和結構的質量。

在这些工作和很多的研究机关及工厂实验室〔莫斯科鮑曼高等工业学校（МВТУ им. Баумана），乌克兰苏維埃社会主义共和国科学院巴东（Е. О. Патон）电焊研究所[●]，中央工艺及机器制造科学研究所（ЦНИИТМАШ），全苏科学院航空材料研究所（ВИАМ）及基洛夫工厂等〕，进行过焊接檢驗方面的專門研究的基础上；在苏联已研究出各式各样的焊接接头和結構的試驗方法，以及焊接工作的檢驗方法，并且还規定了焊接生产所有的基本要素。

在应用焊接的初期（30年代初以前），質量檢驗主要是借助于

● 以后即簡称为巴东电焊研究所。——譯者

焊縫和產品的外部檢查及測量，和最簡單的工藝試驗及水壓試驗這樣一些試驗方法；個別試驗性的產品則作靜載強度試驗和沖擊強度試驗；在很多的研究工作中，還曾用金相的方法對焊接接頭進行過考查。

從30年代開始，由於黨、政府和斯大林同志不斷的關懷，工業和國民經濟開始以特別快的速度發展起來，在焊接技術中也來了一個急劇的轉變。焊接被廣泛地運用到重要結構的生產、建築、車輛製造、起重運輸結構的生產、鍋爐製造和國民經濟的其它各個部門當中。各種焊接接頭和結構的試驗方法，也被大量地採用到實際的焊接生產中去。1930年首先頒布了焊縫試驗試件的OCT 2406和用彎曲來試驗可焊性的OCT 1685；1935年實施了焊縫的靜載機械試驗方法的OCT 7687/663。在1940年，對接焊縫和焊著金屬的沖擊韌性試驗方法也標準化了(OCT 26040)。1938年頒布了焊接接頭的 α 射線透視檢查法的OCT 20019。1940年施行了焊著金屬化學分析試料的取樣方法的OCT 26045。上述各種方法已廣泛地應用在實際的焊接生產中。同時，金相檢驗法也改進和被大量採用了，並且還研究出各種不破壞焊縫的物理的焊接檢驗方法及焊接接頭的腐蝕試驗方法。

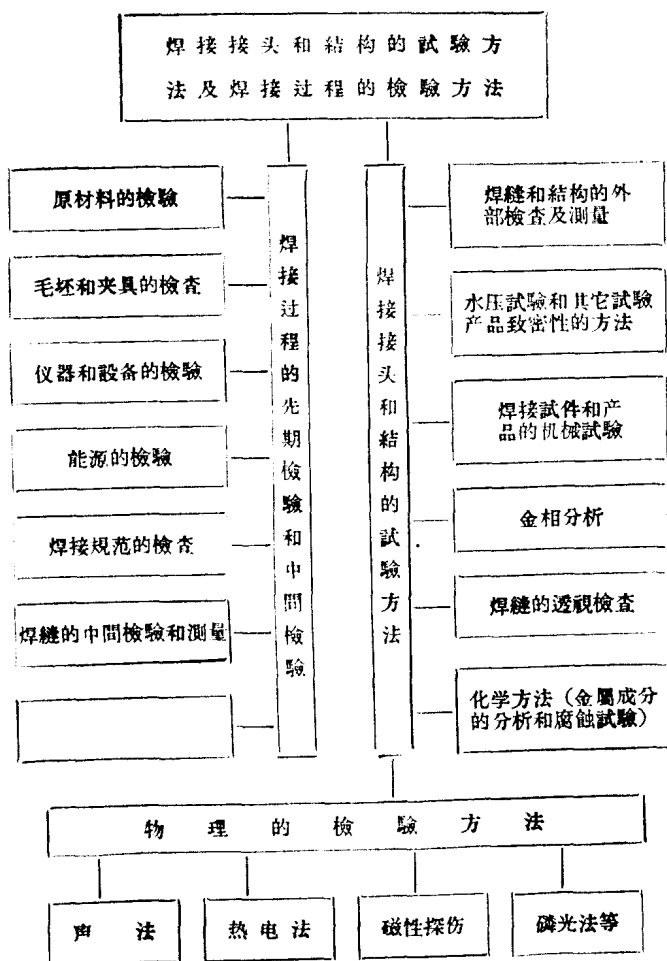
1935年蘇聯科學院出版了第一本焊接檢驗方面的書籍，那就是齊霍杰耶夫(Г. М. Тиходеев)的「焊接質量檢驗」。從1930年起，先是蘇聯重工業部人民委員會在1930年8月13日的№270專門法令，以後又有一系列其它的章程，規定了焊工技藝考試規則；而且，焊芯和焊條也都標準化了。

在偉大的衛國戰爭時期和戰後的恢復年代，焊接接頭的試驗方法和結構的焊接檢驗方法，繼續大步地發展和完善了：焊接的 γ 射線透視檢查方法已被研究出，並廣泛應用於實際；建立了很多控制接觸點焊的方法；各種測定鋼的可焊性的方法也已研究出和運用到實際中。新的國家標準規定了焊條塗料的各種組成成分，焊芯和焊條。在研究階段中的，還有焊接試件和結構的各種新的

靜載、冲击和疲勞試驗方法，它們是最能全面地反映出焊接產品和結構的工作運用情況。

這樣一來，目前焊接生產的檢驗，就擁有了各種的焊接接頭和結構的試驗方法以及焊接過程的先期檢驗方法和中間檢驗方法。

從所列的焊接生產的檢驗方法的分類表可以看出，除各種為評定成品質量的焊接接頭和結構本身的試驗方法以外，焊接過程的各種先期檢驗方法和中間檢驗方法，也占有很大的比重，它們緊密地和全部的焊接接頭的試驗方法銜接起來，保證所製焊接產品的質量優良穩定，並預先防止廢品的產生。先期檢驗和中間檢驗的方法，在很多情形下，是和成品的試驗方法一樣，都是以實驗性的和技術性的方法為基礎。例如，原材料和焊縫金屬的化學分析，基本金屬和填充金屬的機械試驗和焊接性能的測定，毛壞、焊縫和結構構件的先期檢查、中間檢查及測量等。同時，也應注意到不少試驗方法的特點，是越出了普通的試驗方法的範圍的。如設備和能源的檢驗和焊接規範的校核等。很多的試驗方法既在驗收產品時採用，也在中間工序內使用，如在產品作多層焊時的逐層透視和驗收成品時整個焊縫厚度的最終透視等。焊接試件的機械試驗，和焊着金屬的化學分析及腐蝕試驗，實際上是在開始焊接某種結構時進行，而在驗收成品時再將該項試驗的結果加以考慮。物理的檢驗方法在中間檢驗和最終檢驗間占有過渡的地位，物理方法中的某一些，如焊點的热電控制，是在焊接過程中進行；另外的一些，如磷光法是在剔除產品時使用；再者，如磁性檢驗法則既在施行焊接時採用，也在驗收成品時採用。在這種情形下，最後這一類檢驗方法最好是能和X射線透視檢查相配合使用。對於預先在致密性和強度或耐蝕性上規定有特殊要求的結構，就還要採用能反映該產品或結構的工作運用情況的專門試驗方法。一般說來，焊接接頭性能和工作運用要求的多樣性，通常都不能只局限於採用某一種質量的檢驗方法，而是要求綜合地使



用各种焊接过程的检验方法和焊接接头及结构的试验方法。例如，焊接合金钢的化学设备时同时要求焊缝有优良的致密性，这可用透视的方法来检查，还要求保证焊接接头有一定的化学耐久性和强度；那么为了检验这些性能，就需要再补充作机械试验和腐蚀试验，以及焊缝金属的金相分析。

要保证焊接接头的性能稳定，那就只有在对原材料质量、工艺和焊接规范作系统的检验的情形下才能达到。

这样，为了保证焊接产品和结构质量优良，就要求将焊接过程的先期检验和中间检验，与成品的试验方法这些措施配合使用。这些措施的正确应用与遵守，既是生产人员（工艺师和焊接工长）的职责，也是检查机构（技术检查科）工作人员的职责。

[焊接接头和结构的试验方法]这门课程的目的，就在于学习现代的焊接过程的检验方法和焊接接头、产品及结构的试验方法。这些方法的知识将有助于未来的焊接工程师们，正确地应用和执行焊接生产的检验工作，以保证完成我们工业的基本要求——以最少的废品损失，生产出优等质量的产品，并促使先进的苏维埃技术进一步的提高。

第一章 焊接接头的缺陷

1 缺陷的分类

现代的焊接技术可以得到高质量的焊缝金属、焊接接头和整个的焊接结构。尤其是采用埋弧自动焊焊成的金属，更具有高的机械性能。

焊接产品优良的质量，是由仔细地遵守规定的工艺和从原材料、毛坯的检验开始直到最终成品的试验为止，经常的和全面的生产检验来保证的。

违反规定的工艺，就会在焊缝、接头和结构内形成缺陷。

能使焊接接头金属的机械、物理-化学性能和其它性能恶化的不良标志，称为焊接接头和结构的缺陷或疵病。

对焊接接头金属所要求的性能，通常是由制造该项产品的技术条件（TY）来预先规定的，而在大量生产中则由国家标准（ГОСТ）规定。说明性能的数值并非一成不变，而是依所采用的工艺过程的完善程度、零件的重要性的产品的工作情况而定。因此 TY 和 ГОСТ 要定期地修改，并对产品质量规定出新的、通常是更高的要求。

质量低于 TY 和 ГОСТ 规定的产品称为废品。产品的报废是由于在产品当中有一定的缺陷所引起。然而，这也并不是说在产品中存在某些个别的缺陷，就一定要将产品报废；只是那些不良标志在数量上的积累才要将产品报废。所以，将各种缺陷对产品性能的影响作出数量上的评定就非常重要了。因为这样的评定，就决定了这种或那种缺陷在该产品内是否可以容许。

废品分为可修补的和不可修补的。在焊接生产中绝大多数的情况下，废品都是可以修补的。为此，多半是将不适用的焊缝整

掉，再焊补好。但是，廢品的修补要額外地多耗時間、人力和材料使制造的費用增加，并降低了劳动生产率。所以，及时地采取措施預防缺陷产生或加以查明，并在生产循环开始时就將它消除，这样要比在成品上再来修补更为經濟和簡單。

焊接时所見到的缺陷可分为下列几个基本类别：

1. 焊接前工件准备和装配的缺陷；
2. 焊縫形状的缺陷和尺寸的偏差；
3. 焊縫和接头的外部缺陷及内部缺陷；
4. 焊接零件和結構的变形及翘曲；
5. 焊接接头組織的缺陷；
6. 焊接接头的机械性能低劣；
7. 焊縫金屬和焊接接头的耐蝕性低和物理-化学性能低劣。

其中 1、2、4 和一部分 3 类的缺陷，用肉眼或簡單的測量方法就可作在焊縫的外部檢查时發現，所以它們又常叫做外部缺陷。几乎所有剩下的缺陷在作外部檢查时都是看不出来的，或者是不够明显，因此就必须使用更精确的檢驗方法来發現它們：如 x 射綫透視檢查或磁性檢驗，化学分析和腐蝕試驗，粗晶組織和显微組織的分析及应变測量等。

2 焊接前工件准备和装配的缺陷

焊接前毛坯的准备和装配，对随后焊縫、接头和整个結構的质量有很大的影响。焊前的毛坯应按圖紙准确地制成。在装配时，焊边間和其它被焊构件間的間隙都应遵守技术条件和圖紙的規定。焊边应除去熔渣、鏽和其它的各种污垢。

焊接前工件准备和装配代表性的缺陷有：

1. 焊边坡角不正确；
2. 焊边坡角不恒定；
3. 鈍边过大或过小；