

高等学校交流讲义

焊接接头和结构的 試驗方法

Г·И·鮑戈金-阿历克謝夫

С·Т·納扎洛夫 編著

М·Н·卡普欽科

过孟輝譯

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书叙述了各种现代的焊接接头和结构的X射线透视检查、磁性检验、超声波检验、磷光检验以及金相的和机械的试验方法；书中也叙述了具有代表性的各种焊接接头的缺陷和查明它们的方法，以及工厂中的焊接技术检查组织。

本书读者对象为高等机器制造工业学校焊接专业师生和一般焊接工作者。

为了节约纸张，本书在重印时版面作了某些调整，故页码从第5页开始。

Г. И. Погодин-Алексеев, С. Т. Назаров, М. Н. Гапченко

Методы испытаний сварных соединений и конструкций

Машгиз 1952

* * *

焊接接头和结构的试验方法

过孟辉译

(根据机械工业出版社纸型重印)

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑 (北京复兴门外三里河第一机械工业部)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $11 \frac{10}{16}$ · 字数 279,000

1958年11月北京第一版

1961年9月北京新一版·1962年5月北京第二次印刷

印数 2,014—5,083 · 定价(10-5) 1.60元

*

统一书号: K 15165 · 869(一机-193)

原
书
缺
页

原
书
缺
页

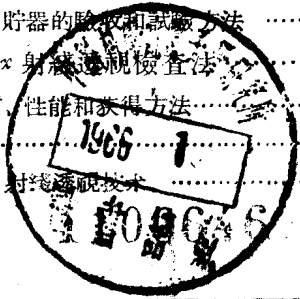
原 书 缺 页

原
书
缺
页

77.7
901

目 次

原序	7
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. 焊接設備、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. 焊接石油制品貯器的驗收和試驗方法	126
第四章 焊缝的 α 射綫透視檢查法	129
1. α 射綫的本質、性能 and 获得方法	129
2. α 射綫机	136
3. 焊接接头的 α 射綫透視技術	142



4. 焊接接头的 α 射线透视方法	158
5. 根据 α 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 用鐳的 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 α 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、超音波和磷光检验法	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. 金属的超音波探伤法	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

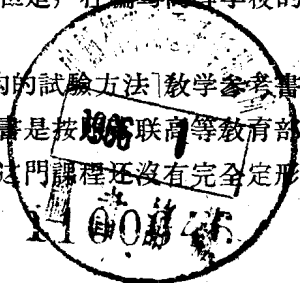
原 序

無論在焊接应用的範圍上，或是在焊接过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 и К. К. Хренов 等)、接觸焊 (А. С. Гельман, К. И. Кислюк, 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1956年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



要的这门课程的教科書，就还有很大的困难。因而，作者們抱定了这样的一个目的来編写本書，那就是它基本上要能反映出教学大綱的要求，包括有焊接接头和結構的試驗方法、焊接生产的先期檢驗和日常檢驗方法中的諸基本問題，以作为高等学校焊接專業的教材。

这本教材的主要部分，是作者們在下列各高等学校焊接專業中的講稿：波戈金-阿历克謝耶夫（Г. И. Погодин-Алексеев）在奥尔忠尼啓則（即今貝日茨克）机器制造工业学院和里沃夫工学院；納札洛夫（С. Т. Назаров）在莫斯科鮑曼高等工业学校；卡普欽柯（М. Н. Гапченко）在基輔工学院以及以前出版的作者們有关这类問題的書籍：納札洛夫的〔焊接接头質量檢驗〕（Машгиз, 1950）和波戈金-阿历克謝耶夫与卡普欽柯的〔焊接工作檢驗〕（Машгиз, 1950）。

和作者們前述的各書一样，在本書中，根据出版的各种定期刊物、手册和学术文献的資料，闡述了苏联各先进工厂和科学研究机关的經驗；同时，也采用了作者們在工厂和高等学校實驗室中，关于焊接檢驗方法研究中个人的經驗。

然而，焊接接头和結構的試驗方法，也还是基于一般的机械、金相和其它金屬試驗方法的基础之上的；在本書內，主要只是闡明焊接接头和結構的試驗方法的性質和特点。有关金屬各种試驗方法和研究方法中的一般性的問題，則只是在对理解某种焊接接头試驗方法有必要时才加以敘述。

要想更詳尽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献。在苏联的資料里，这些問題已全面地敘述在各种課程和專題論文中。其中机械的和金相的試驗方法已很好地在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〔金屬的机械試驗〕（Машгиз, 1951）；达維金柯夫（Н. Н. Давиденков）的〔金屬的动力試驗〕（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) 两書中。

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, 将这一部分另辟專章闡述。为了选择适当的、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; 考虑到这一点, 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

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實驗室〔莫斯科鮑曼高等工业学校（МВТУ им. Баумана），烏克蘭蘇維埃社会主义共和国科学院巴东（Е. О. Патон）电焊研究所^①，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〕，进行过过的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

^① 以后即簡称为巴东电焊研究所。——譯者

焊缝和产品的外部檢查及測量，和最簡單的工艺試驗及水压試驗这样一些試驗方法；个别的試驗性的产品則作靜載强度試驗和冲击强度試驗；在很多的研究工作中，還曾用金相的方法对焊接接头进行过考查。

从30年代开始，由于党、政府和斯大林同志不断的关怀，工业和国民經济开始以特別快的速度發展起来，在焊接技术中也来了一个急剧的轉变。焊接被广泛地运用到重要結構的生产、建筑、車輛制造、起重运输結構的生产、鍋爐制造和国民經济的其它各个部門当中。各种焊接接头和結構的試驗方法，也被大量地采用到实际的焊接生产中去。1930年首先頒布了焊缝試驗試件的OCT 2406和用弯曲来試驗可焊性的OCT 1685；1935年实施了焊缝的靜載机械試驗方法的OCT 7687/663。在1940年，对接焊缝和焊着金屬的冲击韌性試驗方法也标准化了(OCT 26040)。1938年頒布了焊接接头的 x 射綫透視檢查法的OCT 20019。1940年施行了焊着金屬化学分析試料的取样方法的OCT 26045。上述各种方法已广泛地应用在实际的焊接生产中。同时，金相檢驗法也改进和被大量采用了，并且还研究出各种不破坏焊缝的物理的焊接檢驗方法及焊接接头的腐蝕試驗方法。

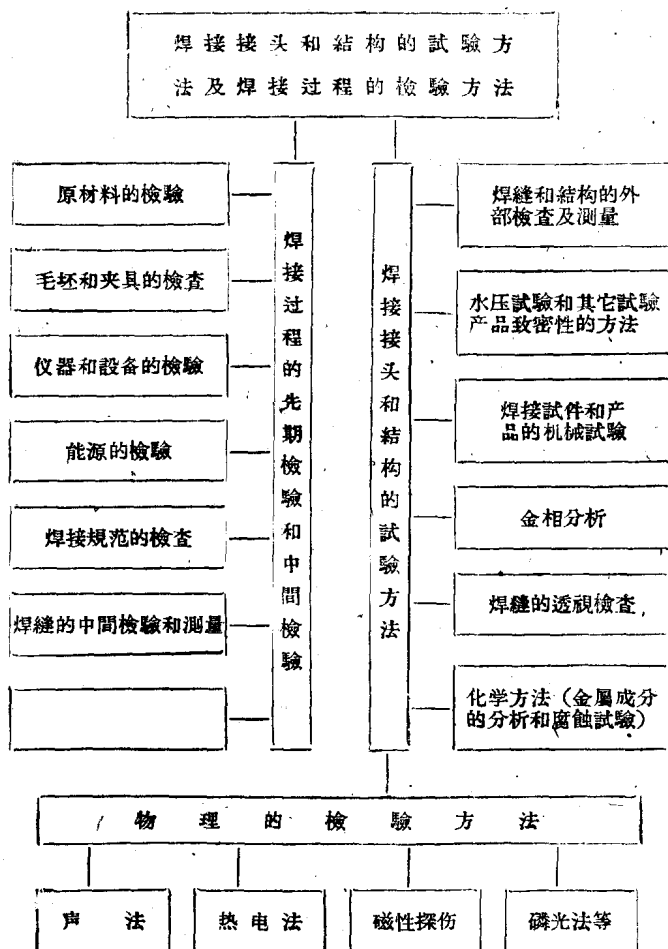
1935年苏联科学院出版了第一本焊接檢驗方面的書籍，那就是齐霍杰耶夫(Г. М. Тиходеев)的[焊接質量檢驗]。从1930年起，先是苏联重工业部人民委员会在1930年8月13日的№270專門法令，以后又有一系列其它的章程，規定了焊工技艺考試規則；而且，焊芯和焊条也都标准化了。

在偉大的衛國战争时期和战后的恢复年代，焊接接头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 射綫透視檢查方法已被研究出，并广泛应用于实际；建立了很多控制接触点焊的方法；各种測定鋼的可焊性的方法也已研究出和运用到实际中。新的国家标准規定了焊条塗料的各种組成成分、焊芯和焊条。在研究阶段中的，还有焊接試件和結構的各种新的

靜載、冲击和疲勞試驗方法，它們是最能全面地反映出焊接产品和結構的工作运用情况。

这样一来，目前焊接生产的檢驗，就拥有了各种的焊接接头和結構的試驗方法以及焊接过程的先期檢驗方法和中間檢驗方法。

从所列的焊接生产的檢驗方法的分类表可以看出，除各种为評定成品質量的焊接接头和結構本身的試驗方法以外，焊接过程的各种先期檢驗方法和中間檢驗方法，也占有很大的比重，它們紧密地和全部的焊接接头的試驗方法銜接起来，保証所制焊接产品的質量优良稳定，并預先防止廢品的产生。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样，都是以实验性的和技术性的方法为基础。例如，原材料和焊縫金屬的化学分析，基本金屬和填充金屬的机械試驗和焊接性能的測定，毛坯、焊縫和結構构件的先期檢查、中間檢查及測量等。同时，也应注意不少試驗方法的特点，是越出了普通的試驗方法的范围的。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产品时采用，也在中間工序內使用，如在产品作多層焊时的逐層透視和驗收成品时整个焊縫厚度的最終透視等。焊接試件的机械試驗，和焊着金屬的化学分析及腐蝕試驗，实际上是在开始焊接某种結構时进行，而在驗收成品时再将該項試驗的結果加以考虑。物理的檢驗方法在中間檢驗和最終檢驗間占有过渡的地位，物理方法中的某一些，如焊点的热电控制，是在焊接过程中进行；另外的一些，如磷光法是在剔除产品时使用；再者，如磁性檢驗法則既在施行焊接时采用，也在驗收成品时采用。在这种情形下，最后这一类檢驗方法最好是能和 α 射綫透視檢查相配合使用。对于預先在致密性和强度或耐蝕性上規定有特殊要求的結構，就还要采用能反映該产品或結構的工作运用情况的專門試驗方法。一般說来，焊接接头性能和工作运用要求的多样性，通常都不能只局限于采用某一种質量的檢驗方法，而是要求綜合地使



用各种焊接过程的檢驗方法和焊接接头及结构的試驗方法。例如，焊接合金鋼的化学設備时同时要求焊縫有优良的致密性，这可用透視的方法来檢查，还要求保証焊接接头有一定的化学耐久性和强度；那么为了檢驗这些性能，就需要再补充作机械試驗和腐蝕試驗，以及焊縫金屬的金相分析。

要保証焊接接头的性能稳定，那就只有在对原材料質量、工艺和焊接規範作系統的檢驗的情形下才能达到。

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。这些方法的知識将有助于未来的焊接工程师們，正确地应用和执行焊接生产的检验工作，以保证完成我們工业的基本要求——以最少的廢品損失，生产出优等质量的产品，并促使先进的苏維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 (ТУ) 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、零件的重要性和产品的工作情况而定。因此 ТУ 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 ТУ 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。在焊接生产中絕大多數的情形下，废品都是可以修补的。为此，多半是将不适用的焊缝鑿