

工业用钢

孔 敬 尔
〔德意志民主共和国〕 基 尔 格 著
毕 格 勒

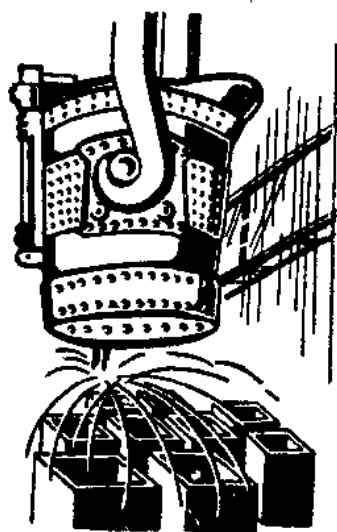
中国工业出版社

工业用钢

Küntschner, Kilger, Biegler 著

冶金工业部钢铁研究院组织翻译

孙德和 蒋 和 总校对



中国工业出版社

Kuntscher, Kilger, Biegler
Technische Baustähle
3. AUFLAGE
VEB WILHELM KNAPP VERLAG
HALLE (SAALE) 1958

* * *

工 业 用 钢

冶金工业部钢铁研究院组织 翻译

孙德和 蒋 和 总校对

(根据原冶金工业出版社纸型重印)

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑
(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张49·插页3·字数1,000,000

1959年7月北京第一版

1965年3月北京新版·1965年3月北京第一次印刷

印数0001—3,680·定价(科六)(按原价) 5.60元

*

统一书号: 15165·3565 (冶金-575)

出 版 說 明

本书为德意志民主共和国孔歇尔教授等根据三十年来实际工作经验写成的精心著作。内容包括目前各国通用的鋼种、合金鋼种及其他特殊鋼种的技术条件、性能与檢驗方法和规范等，对使用者极为需要。德意志民主共和国限于资源条件而尽量节约合金元素，使用代用鋼种，所以本书对于結合我国资源情况，建立我国合金鋼体系具有重大参考价值。党号召我們在科学技术方面尽速赶上世界先进水平。工农业大跃进要求急速增长各种工业用及工程用鋼种，品种也要求大大增加。本书将会提供我們丰富的知識与参考資料。例如，目前化学工业用的鋼种，耐热耐高溫的鋼种，碳素鋼和合金結構鋼鋼种以及其他具有特殊物理性能的鋼种等都有簡明的叙述。

本书可供科学研究工作者、工程技术人員、設計人員和教学人員参考。

参加本书翻譯工作的有：

史通、李文采、邱世荣、阮智成、欧阳可强、陆达、黃富維、張穎、張桂耕、賀玉生、蔣和、魏寿昆、儲一眞、薛光模、戴礼智、顧青芳等同志。

总校对：孙德和、蔣和两位同志。

中文版序言

中国工业建设的速度超过了现在世界上任何一个国家。因而，以简明易懂的形式向中国介绍科学知识和经验便显得特别重要。本书所述工业用钢种情况主要系德国的情况。与世界其他国家不同，本书介绍的主要是不含镍和含少量铬的低合金钢种。这一特点对中国目前情况亦具有一定的意义。

我曾先后到过中国各地许多冶金工厂和钢材用户，结识了许多优秀的工程技术人员。结合中国的实际情况将本书的内容再加以补充和发挥是很必要的，而且亦是中国技术人员足以胜任的。现今科学技术的迅速发展迫切需要此项工作。

特此对参加本书翻译的同志们致以敬意。自然，冶金工业出版社在这方面亦做了许多工作，为此表示感谢。

孔 歇 尔

1959年2月12日

初 版 序 言

对工业用鋼没有一个部門如同大型化学工业提供这么多种的广泛用途。第二次世界大战之后专业知識和專門書籍日益感到缺乏，因之把本人經驗和三十多年来积压在卷宗內的研究結果按材料观点加以整理并和广大讀者見面，感觉到有迫切的需要。这样便写出来这本輔助性的参考書；在工厂工作的工程師們从這本書內可以很快地并扼要地找到关于工业用鋼的性能、处理方法、用途及檢驗方法等方面他們应当知道的資料。除去室溫的强度性能外，書中还介紹到高溫和低溫、时效、腐蝕性能（特別是碳素鋼）、加工性能以及在德国标准規定內一般找不到的其他資料。這本書不企图将所有各方面的資料无遺漏地一一提出，也不想对科学上的爭論表示意見。它把公認的經驗用尽可能簡明的形式写出来，并且特別注意地指出那些在实际应用上已經証明很重要的各点。对于非本专业的人們，例如化学家、工商业家、特別是下一代的工程師，這本書也提供了深入学习工业用鋼广大領域的可能，而不致使他們在学术問題上負担过重。

为使用方便起见，本書分为三篇：（一）“材料性能記要录”；（二）“热处理”；（三）“鋼的鑑定及檢驗”。从上述目的来看，本書重点放在“材料性能記要录”方面，后者尽可能做到有总结性、統一性，并且簡單扼要。如果本書在結構上和新的德国标准規定有某些相似之处，那更可証实，原来的标准規定并不完善。虽然有些相似，但我們不能做出这样的結論：有了這本書便不需要国家标准規定了。作为公認的工业規格，国家标准規定是工业用鋼交易的根据，因之对生产工厂和用戶同样地都是不可缺少的。這本書在好多方面敘述的比較深入，而国家标准規定只是純粹按材料观点編写的。

書中提到了好多工厂标号，这样，作者可能受到不少的責难，因为提出工厂标号会从中找出一些质量的評價。事实上作者並沒有这种企图。在多数工厂和他們鋼的标号中只能举出一些最著名的例子。完全避免这些标号并且代以现行的标准命名会减少本書的价值，因为旧鋼种的著名标号所起的作用往往比人們一般想像的更大。在有經驗的技師腦海中，通过旧的图表以及作为材料标志的某些形状或顏色，好些旧鋼号都已变成定型的概念。V 2 A 可作为最明显的例子；甚至只使工业界习惯于現今 X 12 Cr Ni 188 的命名，都还需要很長的时间。为了避免对鋼的来源作超过需要的敘述，生产工厂在書內用数字代表。

作者对供給資料的 Leuna 城的 “Walter Ulbricht” 厂表示謝意。那些資料主要是在总工程师 Wyszomirski 博士和代理总工程师 Biegler 领导下几十年来进行材料檢驗所得的寶貴經驗。作者相信，这些資料的公开发表将促进工业的进步。此外，作者对协助或促进本書出版的各机关和同事們表示謝意。最后，由于出版社在与作者的密切协作中克服了无数的困难，滿足了作者的所有要求，作者特向他們致謝。

Leuna 及 Hennigsdorf, 1952 年 2 月

作者

再 版 序 言

大量需要使得本書很快地再版。借此机会本書作了一些变更和补充，这些变更和补充主要涉及到 DIN 17155、17175、17200 和 17245 以及附件。DIN 17007 内“材料号”的采用也很重要。此外，讀者的好多意見和启发均已加以考虑。作者对所有参与者的热誠合作表示衷心的感謝，并希望今后多提批評意見。本書是活的材料，只有密切与实际結合才能保證完成本書应負的使命。

Leuna 及 Hennigsdorf, 1952 年 12 月

作者

三 版 序 言

鋼的知識在最近几年已獲得進一步的發展，研究家及工程師們的研究工作已經增加了好幾倍，因之想得一全面了解愈益感覺困難。由此很容易理解廣大群眾要求本書再出新版。由於目前好多新的東西仍在發展，現在出新版在時間上不一定適宜；雖然如此，作者仍決定再出新版，因為實際從事生產的人必須繼續工作而不能再等待新的 DIN 標準或其他文件的完成。

除充份地保留以前的內容和形式外，本書對個別章節作了新的補充和修改。這些章節是：加固鋼筋鋼和預應力鋼筋鋼、造船用鋼、“普通工程用鋼”的最近發展、焊接補加料、大鍛件用鋼及含硼合金鋼。高鉻鋼及鉻鎳鋼資料內加入了很多內容豐富的圖表資料。應該着重提出的是耐熱和耐高溫的鋼及合金，它們的發展使得燃氣輪機、噴氣發動機和原子核反應堆獲得很高的成就，並且引起廣大工程界的注意。在本書的第二及第三篇，讀者也可找到好多新的內容，例如：鐵碳平衡圖、附有采色圖的熱處理方法總表，以及對大鍛件日益重要的超聲波檢驗方法。

雖然如此，還有許多讀者的要求不能滿足。這裡應該參考其他有關文獻，如 DIN 標準、TGL 標準、鋼鐵材料標準等等。值得特別提出的是 Houdremont 著的“特殊鋼”和 Rapatz 著的“優質鋼”等有新價值的新著作，雖然這些典型著作主要是為科學家用的。

作者願向所有參加第三版工作的人們表示感謝。首先感謝 Poley 工程師在某些特殊領域的貢獻，感謝焊接工程師 Nietzsche 及 Winter 介紹他們豐富的專門經驗。最後感謝出版社和印刷廠，他們盡了一切的努力，使得本書能完滿地出版。

Leuna 及 Freiberg, 1957 年 7 月

作者

本書所用簡号說明

Alto-Stahl	加鋁鎮靜鋼
DVM=Deutscher Verband fuer Materialpruefung.....	德国材料檢驗协会
Flw=Fliegwerkstoff	航空材料
HgN=Heeresgerart Normen.....	軍用器具标准
KM=Kriegsmarine	海軍用鋼标号
LD-Stahl.....	純氧頂吹轉爐鋼
ND= Nenndruck	公称压力
PN-Stahl.....	低氮托馬斯鋼
SEL=Stahl Eisen Liste ..	鋼鉄目录
SES=Stahl Eisen Standard ..	鋼鉄标准目录
SK-Stahl	吹氧轉爐鋼
SIS	瑞典标准
VDEh=Verein Deutscher Eisenhuettenleute.....	德国鋼鉄学(协)会
VK-Stahl	改良轉爐鋼
W-Stahl	轉爐代用鋼

工 业 用 鋼

目 录

第 I 篇 各种工程用鋼的性能、处理方法及用途

导言	1
第 一 章 大量生产的鋼种	3
第 1 节 已列入标准的非合金碳素鋼 St00 至 St70, 鋼筋和預应力鋼筋用鋼种, 耐磨鋼种	9
第 2 节 高强度建筑用鋼种	53
第 3 节 普通工程用鋼的发展	59
第 4 节 造船用鋼种	62
第 5 节 鋼軌鋼	63
第 6 节 非合金工程用鋼的腐蝕	69
a) 蝕的表现形态	70
b) 气体的作用	72
c) 腐蝕值	79
第 二 章 特殊质量的非合金工程用鋼	87
第 1 节 保証高温强度性能的无缝鋼管鋼	87
第 2 节 非合金渗碳鋼	92
第 3 节 非合金調质鋼	97
第 4 节 鍋爐用鋼, 永韌鋼, 耐碱性腐蝕鋼	111
第 5 节 化工用鋼	121
第 6 节 特殊用途的鋼种:	128
a) 軟鉄	128
b) 鋼絲及鋼絲繩用鋼	130
c) 銀亮鋼	135
第 三 章 焊接补加料	137
第 1 节 电焊条	137
a) 电焊条用金屬絲	138
b) 焊药	139
c) 电焊条性能	141
d) 用途及分类	143
e) 标号	146
f) 材料性能記要录	147

第2节	气焊条	162
第3节	堆焊用补加料	166
第4节	其他	171
第四章	非合金铸钢	177
第五章	钢种的系统命名及钢材的标号	191
第1节	德国国家标准 DIN 17006 的标号	191
第2节	DIN 17007 的系统命名	194
a)	按材料强度的标号	195
b)	按化学成分的标号	195
c)	铸钢	197
第3节	关于简称和材料号的最終說明	198
第六章	螺母用钢, 易削钢	199
第七章	弹簧钢	204
第八章	低合金工程用钢	225
第1节	合金渗碳钢	225
第2节	低碳合金钢管钢	243
第3节	低碳合金锅爐鋼	257
第4节	调质钢	279
第5节	大锻件用钢	327
第6节	含硼钢种	339
第九章	滚珠轴承钢	345
第十章	电机钢	351
第十一章	化工用高压钢	357
第1节	抗氢侵蚀性能低的耐热钢	357
第2节	具有抗氢侵蚀性能的高压耐热钢	357
第十二章	渗氮钢	383
第十三章	耐酸不锈钢	389
第1节	铁素体和半铁素体耐酸不锈钢	397
第2节	珠光体-马氏体耐酸不锈钢	405
第3节	奥氏体耐酸不锈钢镍钢与铬锰钢	423
第4节	耐酸不锈钢的材料性能記要录	451
第十四章	耐高温不起皮钢	483
第十五章	特殊用途的合金钢	537
第1节	阀门钢	537
第2节	耐高温钢及耐热钢	542
第3节	原子反应堆用钢料	552
第4节	无磁性钢	554
第5节	热导体材料	559

第6节 低温用钢	568
第7节 耐磨和耐腐蚀钢	570
第十六章 合金铸钢	571
第十七章 高速钢, 硬质合金	597

第Ⅱ篇 热处理

第1节 淬火	603
第2节 调质	606
第3节 消除应力退火	608
第4节 常化退火	611
第5节 软化退火	612
第6节 特殊热处理方法	613
第7节 永韧退火	614
第8节 补充	616

第Ⅲ篇 钢的评价和检验

第一章 化学检验	621
第1节 化学成份说明了什么?	621
第2节 简单滴定法	634
第二章 冶金工厂的简单检验方法	641
第三章 韧脆性的检验	646
第四章 奥氏体镍, 铬镍钢的腐蚀检验	648
第五章 X射线检验	650
第六章 超声波检验	652
第七章 可加工性及可变形性的检验	655
第八章 机械性能的检验	659
第1节 静载荷	659
a) 硬度试验	659
b) 室温时的抗张强度	662
c) 破裂强度	666
d) 抗压、弯曲、抗扭及耐剪强度	667
e) 低温下的拉力值	668
f) 高温下的拉力值	668
g) 高温蠕变试验	669
h) 冲裂倾向(脆性)的检验	679
第2节 动力载荷	690

a) 室溫下的动力强度.....	690
b) 高溫和低溫的动力强度.....	696
第3节 冲击載荷.....	696
第4节 得到計算根据的簡單途径.....	698
第九章 鋼材重要性能、状态及其鑑別方法.....	701
第十章 关于鋼的質量要求.....	704
第1节 公認的规定.....	704
第2节 操作經驗.....	706
第3节 損坏情况.....	707
第十一章 附录.....	711
鋼号目录	727

第 I 篇

各种工程用鋼的性能，处理方法及用途

以材料性能記要錄的方式叙述

导 言

材料性能記要录是对各种重要工程用鋼的綜合叙述，它簡要地概括了为每一鋼种加工与应用所必須掌握的基本資料。在叙述每一类鋼以前，都先作一些說明，以便查閱时能够尽速获悉該鋼种的性质与特征。

这里工程用鋼的概念应当作广义的理解，它实际上包括用于工程結構目的的全部鋼种。基于这种認識，耐化学腐蝕的鋼、滾珠軸承鋼、耐磨鋼和其他各种鋼皆屬於工程用鋼的范围。与工程用鋼概念相对的是工具鋼。但工具鋼有时也用于工程結構目的，因此在本書範圍內也簡略的予以叙述。

由于工程用鋼的种类很多，有必要把同类的或者相似的鋼种尽可能归併在同一記要录內。总的看来，这些鋼种是按照质量递增的次序排列的，而在同一质量等級內則按照鋼的主要性能排列。因此，对于大量生产鋼种，首先是以磷、硫含量的多少作为排列次序，然后是按照强度或者含碳量来排列。对于必須要求高純度的較高质量的鋼种，則逐漸改变为按照合金成份递增的次序排列，这些合金成份是具备一定的特殊性能的先决条件。例如高温强度、渗氮性能、不銹与耐酸性能，抗氧化性能等。某些鋼組，例如彈簧鋼仍是单独叙述的，以免拘于形式而把同类材料分散。由于有多种的可能，例如改变成份、生产方法、处理方法等，以滿足对鋼的一定要求，因此有时同种鋼不可避免地会多次談到。縱然有些交叉之处，但在短期使用本書以后，应当不难于自这些大量的工程鋼中迅速而确实地找到所需的鋼种。我們將很快地习惯于按照上述方法分类，找出所需的鋼。名詞索引提供了另一綫索。

每一記要录內，首先在**特征**一項中叙述該記要录所包括的鋼种在材料方面的共同特点，以区别于以前或以后所列的鋼种。对于必然的要求，例如不应有冷脆性或紅脆性，仅当这些要求可能产生疑問时才加以叙述。

在**命名与标准**兩項內不仅可查到鋼的名称，也可找到工业标准的號碼，有时也列出与这些鋼材有重要关系的规范及类似规定。除 DIN 所规定的名称外，还列入了較著名的厂商标号以及一些大量用戶（包括过去軍用方面）所搜集的标号。现在已过时的航空材料編号，有时为了标志某些鋼种也加以引用。这里附帶說明一下：老的工业标准，（DIN），航空材料标准，HgN 标准（軍用器具标准）及其它已过时的标准已經不能再購得。

关于鋼的**用途**一項仅作总的叙述，而在可能範圍內用典型例子加以补充。不作全面

的叙述。

各种鋼种的**化学成份**，在 DIN 规范、德国鋼鐵学会的材料规范和其它基本文件中大都只对几种最重要的元素有所规定。可以得到的数据皆已列入。但不是經常有这样的数据，因此也列进了由經驗得来的近似数值；即使对这些数据有时有分歧的意见，但使用这些数值仍可相当准确地划清有关鋼种的范围。由于鋼的杂质元素与合金元素具有相互影响，将每种成份的极限值确定下来几乎不可能。关于这一点首先須参阅第三篇第一章第一节：“化学成份的意义。”虽然如此，列出标准规范范围以外的起参考作用的化学成份也是值得的，因为正是这些成份对于鋼的評價提供了可贵的指导。

在**热处理**項内所列出的溫度数据，乃是一般情况下的有效数据，它必須适应于工件的大小、特性以及所具备的热处理设备。除其它因素以外，爐子大小，測溫設備、測溫部位，爐子的安排和淬火槽以及运输条件等均起着重要的作用。加热時間主要視加热物的要求而定，其中特别是鋼种、壁厚、工件重量以及爐子的装料量（与爐子空額容量相比）。根据鋼种与工件尺寸之不同淬火剂亦将有所改变，关于各种不同的淬火剂茲不詳叙。

对于可能采取不同处理方法、因而相应地具有不同性能的鋼，特別需要有**交貨状态**的說明。在記要录中所陈述的是常用的状态。但在訂貨等情况下仍应以 DIN 规范或其它基本文件的规定为准。这些基本文件乃是使用与供应双方公認為有約束性的准則。

强度值綜合了从抗张試驗、硬度試驗（布氏）和缺口冲击韌性試驗所得到的，用以对鋼进行鑑定的质量指标，因而强度值包含着較广义的鋼的“强度”概念，这一概念也包括韌性与硬度在內。在屈服点下面所列出的数值代表屈服点的下限，即这种鋼残余伸长率为0.2%的屈服点。虽然在其它資料中所列的强度值比本記要录可能稍高，但是設計者如果遵循本录所列强度值則更为安全一些。由于同样理由，抗张强度也列的是下限值，虽然，列出的常常是一个較大的强度范围。将鋼材抗张强度的上限加以规定也是需要的，因为在既定成份下一旦超过了一定的强度，由于断裂的危險增长，这种鋼材就不适用了。如不特別注明，**延伸率**即指以下的条件而言：**圓短試棒**的长等于5倍直径（ $l=5d$ ），**方試棒**的长等于 $5.65\sqrt{F}$ （ F =試棒断面），并以符号 δ_5 表示之。**冲击韌性值**系指在室溫下受冲击的 DVM 試件 $10 \times 10 \times 55 \text{ mm}^3$ 的数值。它具有 3 mm 深，2 mm 的圓缺口。冲击韌性項表示在沒有指定规范时，一种鋼除了某几方面性質必須滿足之外尚須具备的一种性質。

其它附加的檢驗，主要是对于鉚釘，鋼板，鋼管等成形鋼材的工艺檢驗，在第三篇中談到檢驗方法时加以叙述。在記要录中只列出需要达到的条件。某些特殊檢驗方法有时也在有关鋼的記要录中加以說明。

設計者可在每一个规范所述的高溫强度項下得到高溫强度值，以便为高溫載荷下計算变形之用，高溫强度主要是以有关鋼的高溫屈服点和 DVM 蠕变极限为依据的。在蠕变尚小的溫度范围内，用短期試驗所得到的高溫屈服点表示；在蠕变較大的較高溫度范围内則依照 DVM 规定用 25~35 試驗小时所得到的 DVM 蠕变极限表示。如果所引用的是長時間試驗（1000—1100 小时）的結果，則特別加以說明。詳情請参阅第三篇第八章第一节。

除高溫外，**低溫性能**有时也很重要，低溫下的危險在于断裂傾向逐漸增大。通常是用不同溫度下的冲击韌性值作为衡量鋼的低溫性能的相对尺度。如果未列出更詳細的数

据，則本項数值仅能作为有关鋼种的低溫性能的参考。

最后关于“焊接性能”的叙述只是对加工者指出：有关的鋼可能具有怎样的焊接性能，以及用怎样的措施能够較易地克服預計的困难。

第一章 大量生产的鋼种

大量生产的鋼种占应用鋼的主要部分。对于加工厂來說，这种鋼的热处理仅在特殊情况下才加以考虑。大部份鋼产品都是按鋼鐵生产厂最后制成的型状而使用的。因此大量生产鋼的炼鋼厂一般不装备特殊的热处理设备。最近开始有了新的認識，认为鋼軌、鋼梁和其他軋制品經過最終热处理可带来显著的优点；这些知識如何在实际中应用，尚有待于今后的发展。

对于使用者重要的問題乃是鋼的浇鑄方法。可以区分沸騰鋼与鎮靜鋼的浇鑄。近年以来，首先在美国出現了較多的半鎮靜鋼。沸騰鋼在浇鑄时鋼液仍然“沸騰”，即浇鑄时仍在产生气体。这时鋼液仍然含有氧，与碳起反应而产生一氧化碳。在鋼錠模中的凝固过程是借助于模子的冷却作用由外向内地进行。这时液态部份的碳、磷、硫不断富集，边缘层則較为純淨。即鋼錠获得一层較純的外层。在外层以后虽然有气孔带，但鋼錠不会产生縮孔，因为鋼錠在凝固时的收縮将由产生的内部气泡所抵消。以后热加工成型时气泡則被焊合。这种操作方法的成品率比鎮靜鋼浇鑄时的成品率为大。鎮靜鋼一般是在浇鑄前用矽使鋼鎮靜，矽能与較多的氧化合。还有其它元素，例如与氧起反应的鋁也适用作鎮靜剂。鎮靜浇鑄的鋼錠，虽然化学成份比較均匀，偏析較少，但产生縮孔。人們使縮孔集中在鋼錠的切头部分，以后予以切去，这样在随后加工时損失掉很大一部分鋼料。

对于用戶來說，这一浇鑄过程之所以重要，是因为用沸騰鋼軋出的型材或鋼板，其截面中部总含有性能不良的偏析区。这样中心部份就比較脆，有断裂敏感性，并有較大的时效脆性，偏析区可通过酸洗很容易地检查出来；由于加工和强度方面的原因我們必須对偏析区加以注意，在焊接时尤应特別注意，尽可能不要接近它，以使焊接件不致受损坏。特別当壁厚較大时这种不良的心部性能的危害性更大，因此沸騰鋼比較适于用在厚度薄的品种上。这种鋼的生产成本較低，因而在无特殊載荷的地方如果避而不用这种鋼种，从国民經济观点考虑是不負責的。对于鋼料表面必須进行大量加工的情况，例如：深冲薄鋼板，这种鋼甚至更佳。世界上大量产鋼的国家中所冶炼的大量生产鋼种，約60~70%是沸騰鋼。如名称所示，鎮靜鋼在浇鑄时沒有气体产生，因此它沒有像沸騰鋼那样的强烈的偏析。因而其心部較純，也比較堅韌。这种鋼却缺少“純淨的外层”，所以在表面大量加工时这种鋼却比較敏感。半鎮靜鋼的质量大約介于两者之間，这种鋼多半用于生产薄板。

評价大量生产鋼种的依据是它們在供应状态下的强度性能，这些性能在 DIN 规范中以及在大量用戶的技术供应条件和技术規程中已有明确規定。当有害杂质元素（如磷、硫、有时也有氮）的最高容許含量能够保証鋼具有一定的质量时，用戶所关心的首先是强度值，特別是抗张强度和延伸率。值得注意的是：人們在作計算时都优先考虑抗张强

度的最低值作为依据,而只在安全系数内考虑屈服强度,并且极少保证冲击韧性值。对于大量生产钢来说只有在特殊情况时才要求知道冲击韧性值,例如当牵涉到需要检查破损事故原因、判定来源不明的材料及其它情形的时候。在这种情况下掌握冲击韧性值,与掌握全部成份、抗张强度、屈服点等等因素同等重要。

除强度外,对于用户来说,可加工性,特别是可焊接性具有特别重要的意义,有时具有决定性的意义。虽然布赫荷尔兹^①业已成功地几乎任何一种抗张强度低于 60kg/mm^2 的较少钢样,利用适当的焊条完善地焊接起来,但这并不能说明钢具有“对复杂结构的可焊性”,因为在复杂的焊接结构中,钢料由于附加的变形或者由于焊接时夹固的状况是处于一种不能自由伸缩的状态。我们把这种由许多因素所组成的性能叫做焊接敏感性。结合着用 St 52 制造的建筑物所发生过的严重损坏事故,可以把焊接敏感性解释为:在电弧焊接时——特别是在填焊时——焊缝附近的钢有一种性能改变的倾向,这种在焊接时产生的性能改变不能通过变形予以消灭,反而形成了应力裂纹。即使强度与韧性相同、因而性质也似乎一样的钢,由于其冶炼方法之不同,所以在可焊性方面、特别是在“对复杂结构的可焊性”方面实际上可有很大的差异。因此用户还必须关心这一情况与标志着这一情况的钢内的杂质元素。

除特殊情况外,大量生产的钢种是在托马斯转炉或平炉中冶炼的。由于产煤的鲁尔区靠近产高磷铁矿的洛林与卢森堡,所以与其它国家相反,德国钢几乎半数是用托马斯法生产的转炉钢。除其它优点以外,转炉的生产能力高(在不足半小时内可用 30 吨生铁炼出 27 吨钢),副产的托马斯炉渣可以作为贵重的肥料用于农业。与经济上的优点相对,托马斯钢具有时效敏感性的缺点,因而在应用上受到一定限制。下面简短叙述其原因及其对于大量生产的碳素钢的新发展的影响。

普通的托马斯钢通常含有比平炉钢高一倍的氮量。氮与磷和氧化物夹杂共同形成钢的断裂敏感性,因此这种钢较易冷脆,具有时效敏感性以及在焊接时易于产生裂纹。在上述“重要”性能中也包括碱脆性和可冲性。前者与抗时效性有平行的关系。但所有这些性能不单纯是由于含氮量的原因,因含氮相同的钢,其性能可以有很大差别。例如电炉钢有时也含有和托马斯钢同样高的氮,但并不发生困难。关于这个问题弗雷(FRY)所作的基本研究工作已经予以阐明,这些工作指出:在各种因素中,首先是非金属夹杂物、即氮化物和氧化物的分布情况对钢的性能起着决定性的作用。

图 1 以几个有代表性的例子,用不同试验温度下所测定的冲击韧性值说明普通托马斯钢与平炉钢的基本区别。从冲击韧性值突然降低的相关温度,我们可以看出平炉钢的优越性。以上情况系指经过正火的状态而言。经过冷变形和时效处理后,冲击韧性值也降低,而且托马斯钢比平炉钢降低得更多。这是普通托马斯钢的第二个重要缺点。托马斯钢还有一种倾向:在冷变形后不久冲击韧性值便降到最低值。这种情况通过随后的回火也难以改变。平炉钢则在时效处理后才产生这种现象。因为材料在矫直时的冷变形和焊接时的局部受热是不可避免的,在这些过程中普通托马斯钢会比平炉钢受到更大的损伤。加以各种钢种的上述性能有很大的波动,其真正的性能不能自一般的化学分析结果

① BUCHHOLTZ, H: Zur Schweissbarkeit der Windfrischstabe und ihre Verwendung in der Schweisskonstruktion; "Schweissen und Schneiden" 2.Jg. (1950) Heft 2 und 3.