

机械零件和钢铁材料事故例集

—原因与措施—

〔联邦德国〕冯·弗里德里希·卡尔·瑙曼 编著

机械工业出版社

本书以事故例集形式从设计、材料、加热和热处理、焊接、钎焊和铆接、机械加工、酸洗和表面处理、装配和搬运、修理、铸造、机械过载、热过载和化学过载等方面的不当而造成各种破坏事故，并分析了产生破坏事故的原因和防止措施。是科技人员的一本必读参考书。

可供各行业的工程技术人员和大专院校师生参考。

機械部品・鉄鋼材料の事故例集

——原因と対策——

辻 栄一 訳

丸善株式会社

昭和56年12月15日発行

* * *

机械零件和钢铁材料事故例集

——原因与措施——

〔日〕 辻 栄一 译

〔联邦德国〕 冯·弗里德里希·卡尔·瑙曼 编著

陈祝同 蔡德洪 王英加 郭瑞林 李本松 译

蔡德洪 姚忠凯 高彩桥 王英加 校

*

责任编辑：王兴垣

封面设计：方 芬

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 25 1/4·字数 602 千字

1987年12月北京第一版·1987年12月北京第一次印刷

印数 0,001—3,950·定价：6.50 元

*

统一书号：15033·7071

5
4
3
2
1

中译本序言

随着科学的日益进步和生产的不断发展,对机械零件和钢铁材料的可靠性要求就显得越来越突出了。弄清机械零件和钢铁材料发生损坏事故的原因,以便采取相应的措施,防止和避免事故的发生,从而使事故造成的损失尽可能的减小是当今世界各国科技工作者的重要研究课题之一。

机械零件在使用中往往发生磨损、腐蚀和变形,甚至有时发生断裂。这些状况都影响设备的正常运行,特别是突然断裂。如疲劳断裂、应力腐蚀断裂、低应力脆断等,都有可能造成严重危害。引起断裂的因素很多,有设计的不当、材料选用不当和材质存在缺陷、加工的状态、装配的精度和操作条件等等。这些特点和断裂的整个发展过程,都将直接或间接地反映在断口的形貌上。因此,通过断口分析,再辅以其他物理和化学检验,进行综合研究,最后有可能找出断裂发生的原因,并据此提出措施,以防止类似事故的再次发生。

《机械零件和钢铁材料事故例集——原因和措施》一书是以事故例集的形式,从设计、材料、塑性加工、加热和热处理、焊接、钎焊和铆接、机械加工、酸洗和表面处理、装配和搬运、修理、铸造、机械过载、热过载和化学过载等方面的不当而造成的破坏事故,并分析了产生损坏事故的原因和防止措施。它以具体的事例给读者以明确的概念和全过程,从而掌握正确解决问题的能力。是科研人员和现场工程技术人员的一本必读的参考书。

该书原作者是联邦德国 Von Friedrich Karl Naumann, 于 1980 年出版,后来由美国和日本相继翻译出版。我社是根据日文 1981 年 12 月版组织翻译的,愿它能在广大读者工作中起到积极的作用。

编 者

1986 年 11 月

日 译 本 序

象事物有表里那样，世界上在材料工程学的领域内，为研制具有新性能和更好性质的材料而做了不懈努力，于是为了充分或更充分达到某种目的的产品由此大量开发，从而对科学技术的发展做出重大贡献。

回顾日本的情况，则是新材料日益增多，其发展是惊人的。如以半导体为例，可以说现在在某意义上是优于世界对手的。但是，铁氧体是日本首先发明的，可是当时日本没有充分认识，而外国企业采用了这项技术，日本在实际应用时要引进外国技术，象这样，日本科学技术的领域，在某意义上说是外国处于优势，明治维新以后文明开化了，为了迅速赶上外国技术，首先要仿效和引进外国技术，学者也很快地参阅外国发表的著作，或以此为基点进行研究和发展的，在那个时代形成的感觉到今天还残存着。

近几年，有关材料的研究著作的确是数量多质量也好，但是，真正基于独创见解的研究著作不见得多。结果是各种研究著作，特别是单行本多为解说性的，多以解说的技巧如何作为行销和评价的基准。

这种土壤还表现在对待机器等产生的缺陷及以其为起因的损坏事故等的观点上。对于与其说地下资源缺乏莫如说等于没有的日本来说，虽然消除这种缺陷，避免重复发生事故是重要的，可是这些被一个劲儿地隐瞒的事故不是重复发生吗？因此，象本书这样，以实例为基础汇总归纳，在日本是非常困难的，并且我担任会长的学会也尝试编写这一类的书，别人也有同样的尝试，都没有眉目。但是，谁都感到在企业或在教育方面需要这类书。作为一个例子，1935年我发表了称为“金属材料的制造、加工、使用中产生的缺陷及其原因”的小著，被指定为当时的学术振兴优良图书。其前半部分只不过叙述了方法等，后半部分列举了实例，在五、六年的时间内出了16版，我想这一点是当时需要这类书的一个证据。大概即使在古旧书店也买不到它。要说我为什么写这样的书，可以说是由于受了从1926年到1929年的期间作为研究员逗留在德国时，在当时的凯泽·韦尔赫尔姆钢铁研究所（现在的马克斯·普朗克钢铁研究所）的见闻的影响。我当时在该研究所庞佩教授指导下，探讨了材料产生缺陷的原因。当时发生了齐伯林飞艇从德国飞往美国的途中在葡萄牙上空偶然发生发动机曲轴破坏事故，因而返航到腓德烈斯哈芬的事故。当时，研究所说要发生事故的零件，不久就送来了发生事故的零件。研究所立即探讨材料产生缺陷的原因，并做了答复。有了齐伯林飞艇这样的事件，从这一事件受到了强烈刺激。在这类事件中也有完全秘密事项，可是庞佩教授作为共同的问题发表了，不用说这是避免重复发生事故的预防措施。根据这种传统，在该研究所诺伊曼博士和施皮斯先生至今仍共同以称为实用金相学的小册子发表事故实例。

去年年初偶尔收到施皮斯先生寄赠的原著，一看就想到这本书对日本来说实在是良好的实例，如果翻译出版有益于日本的企业，也有益于大学和高等专门教育。很快和丸善株式会社商谈，该社也有同样的计划，并得到东北大学横堀武夫名誉教授及常常和我谈到同样事情的东京大学宫川松男教授的赞同，使日本版得以刊行。

译者是原金属材料技术研究所研究室长、在马克思·普朗克研究所工作一年擅长德语的

VI

东京工业高等专门学校的辻荣一教授。看了该氏的译文,的确易于理解,准确地进行了翻译,对此表示感谢。

根据前述的意义,本书将被广泛利用。在教育上将是运用实例的生动教材,对于企业也是放在身边很有用的书。在美国,该国的金属学会最近也翻译出版了,这一点也表明本书是好书。

我作为与这类问题有关的人员,为本书出版感到高兴,同时衷心希望本书在日本被广泛应用。

感谢为出版而做出努力的丸善株式会社出版部及直接推进出版的该社的各位,同时衷心感谢辻荣一博士的努力。

橋本宇一

1981年10月

原 作 者 序

本书对于从事各种机械和装置的制造与设计的技术人员，以及作为用户，关心调查机械零件损坏事故，查明其原因的人们，提供若干实例。其中，多数实例首先基于作者本身的经验，所以只限于钢铁制零件的破坏事故。但是，在这样宽广的领域内，完全地记述多样的现象是全然不可能的。因此，对一般还不熟知的破坏事故，但在技术和经济上是重要的特别事故实例，以及特殊领域事故实例，特别作了详细说明。

再者，在本书中补充了下列的内容。即指出了，为了获得最大的效果，做什么准备，进行调查是达到目的最佳方法。

在记述事故实例时，按照发生构成事故原因的缺陷的顺序，以从设计及制造阶段起到该零件在实际中使用为止的时间经过为基础，进行排列。

本书从以材料学和金相学为专业的作者的视野进行记述。在执笔时受到 Zeitschrift Praktische Metallographie (实用金相学会志) 的主笔 G. 佩措夫 (G. Petzow) 教授、博士的鼓励。

大部分调查和研究是作者在杜塞尔多夫市的马克斯·普兰克钢铁研究所进行的。向在进行这些调查和研究时给予协助的共同研究人员各位致以深厚谢意。特别向不但承担检查，而且在破坏事故例子的选择和照相上给予大力协助的费迪南德·施皮斯 (Ferdinand Spies) 先生致以深厚谢忱。

作 者

附表 材料成分表 1

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分										备 注
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他	
2		1.4571	X10CrNiMoTi1810	耐蚀不锈钢	≤0.10	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.50~ 18.50	2.00~ 2.50	10.50~ 13.50	0.20~ 0.30	Ti≥5×%C	
4		1.3956	X10CrNi1812	不锈钢	≤0.10	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.00~ 19.00		12.00~ 14.50			
4		1.4300	X12CrNi188	不锈钢	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0~ 19.0		8.00~ 10.0			
7	17200	1.7225	42CrMo4	调质钢	0.38~ 0.45	0.15~ 0.40	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	0.9~1.2	0.15~ 0.30	≤0.6			
9		1.7779	20CrMoV135	高压釜用钢	0.17~ 0.23	0.15~ 0.35	0.30~ 0.50	≤0.035	≤0.035	3.00~ 3.30	0.50~ 0.60		0.45~ 0.55		
17		1.0501	C35	调质钢	0.32~ 0.39	0.15~ 0.35	0.50~ 0.80	≤0.045	≤0.045						
20		1.7033	34Cr4	调质钢 (Cr0.30~ 0.37)	0.30~ 0.37	0.15~ 0.40	0.60~ 0.90	≤0.035	≤0.035	0.90~ 1.20					
24	17200	1.1191	Ck45	调质钢	0.42~ 0.50	0.15~ 0.35	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035						
25		相当于 2.4630	Nimonic75	耐热合金	0.12					19.5		75.0		Ti0.4, Fe4.0	美国
26		1.0150	RS134-1		≤0.17	0.03~ 0.30	0.20~ 0.50	≤0.080	≤0.050						相当于材料 No. 1.0057
29		1.2063	145Cr6	冷作工具 钢	1.40~ 1.60	0.15~ 0.30	0.50~ 0.70	≤0.035	≤0.035	1.30~ 1.50			(0.10)		
30	17100	1.0052	Si50		≈0.25	0.03~ 0.30	0.20~ 0.50	≤0.080	≤0.050						和Si50-1同
34		1.4401	X5CrNiMo1810	耐蚀不锈钢	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.50~ 18.50	2.00~ 2.50	10.50~ 13.50			
38	17100		USi34		≤0.17	痕迹	0.20~ 0.50	≤0.080	≤0.050						相当于USi34-1 材料No. 1.0055
36	17210	1.5920	18CrNi8	渗碳钢	0.15~ 0.20	0.15~ 0.40	0.40~ 0.60	≤0.035	≤0.035	1.80~ 2.10		1.80~ 2.10			

(续)

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分										备 注
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他	
41		1.4846	G-X40CrNi Si2 614	可焊耐热不 锈钢及铸钢	0.34					24.5		22.5			
45		1.0845	19Mn5	耐热结构用 Mn钢	0.17~ 0.22	0.30~ 0.60	1.00~ 1.30	≤0.045	≤0.045	≤0.30				N ≤0.007	相当于材料 No.1.0482
45		1.7225	42CrMo4	调质钢	参见最先出处 P. 7										
47		1.4301	X5CrNi18 9	耐腐蚀不锈钢	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.00~ 20.00		8.50~ 10.50			
48		1.4401	X5CrNiMo18 10	耐腐蚀不锈钢	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.50~ 18.50	2.00~ 2.50	10.50~ 13.50			
48		1.4301	X5CrNi18 9	耐腐蚀不锈钢	参见最先出处 P. 47										
50	17200	1.7225	42CrMo4	调质钢	参见最先出处 P. 7										
52	17440	1.4034	X40Cr13	13% Cr 的 不锈钢	0.40~ 0.50	≤1.00	≤1.00	≤0.045	≤0.030	12.0~ 14.0					
52		1.7335	13CrMo4 4	耐热结构钢 (锅炉用钢)	0.10~ 0.18	0.10~ 0.35	0.40~ 0.70	≤0.040	≤0.040	0.80~ 1.15	0.45~ 0.65				
54		1.8550	34CrAlNi7	氮化钢	0.30~ 0.37	0.15~ 0.40	0.40~ 0.70	≤0.030	≤0.035	1.50~ 1.80	0.15~ 0.25	0.85~ 1.15		A10.80~1.20	
56		1.4301	X5CrNi18 9	耐腐蚀不锈钢	参见最先出处 P. 48										
57		1.4006	X10Cr13	耐热13%Cr 的不锈钢	0.08~ 0.12	≤1.00	≤1.00	≤0.045	≤0.030	12.00~ 14.00					
59			St145/160	PC钢棒	0.53~ 0.62	0.90~ 1.20	0.90~ 1.10	≤0.045	≤0.045	≤0.30		≤0.30		Cu0.30	成分见St140/160(民 主德国标准)
68		1.4571	X10CrNiMoTi18 10	耐腐蚀不锈钢	参见最先出处 P. 48										
71		1.4034	X40Cr13	刃具用及耐 蚀不锈钢	参见最先出处 P. 52										

附表 材料成分表 2

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分 %									
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他
73		1.4021	X20Cr13	低碳耐蚀不 锈钢	0.17~ 0.22	≤1.00	≤1.00	≤0.045	≤0.030	12.00~ 14.00				
78		2.4869	NiCr8020	电热丝	≤0.15	0.50~ 2.00	≤1.00	≤0.025	≤0.020	19.00~ 21.00		≤76.00		Cu≤0.50
79	17100	1.0037	Si37		0.17~ 0.20	≤0.30	—	≤0.050						电炉钢 N≤0.009 与 Si37-2同
79	17100 1623	1.0075	Si42		≤0.25	痕迹	0.20~ 0.50	≤0.080	≤0.050					电炉钢 N≤0.007 与 USi42-1同等
79	17100	1.0052	Si50		参见最先出处 P. 30									
85	17100	1.0037	Si37		参见最先出处 P. 79									
86	17245	1.0619	GS-C25		0.18~ 0.23	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	≤0.030	≤0.030					Cr≤0.30 参考GS-34CrMo44 (材料No. 1.7341)
87			GS-35CrMo5 3		0.32~ 0.37	0.30~ 0.50	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	≈1.2% ~	0.3%			
88	17200	1.7225	42CrMo4	调质钢	参见最先出处 P. 7									
101	17200	1.5122	37MnSi5	调质钢	0.33~ 0.41	1.10~ 1.40	1.10~ 1.40	≤0.035	≤0.035					
106	17100	1.0065	USi37		≤0.20	痕迹	0.20~ 0.50	≤0.070	≤0.050					
109		1.4823	G-X40CrNi27 4	耐热铸钢	0.30~ 0.50	1.00~ 2.50	0.50~ 1.50	≤0.045	≤0.030	25.00~ 28.00		3.50~ 5.50		G-X40CrNiSi 274 的成分 (材料 No. 1.4823)
109	17200	1.1191	Cr45	调质钢	0.42~ 0.50	0.15~ 0.35	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035					
111		1.6513	28CrNiMo4	调质钢	0.24~ 0.34	0.15~ 0.40	0.30~ 0.60	≤0.035	1.00~ 1.30	0.20~ 0.30	1.00~ 1.30			
116		1.7210	16MnCr5	渗碳钢, 冷 挤加工用钢	0.14~ 0.19	0.15~ 0.40	1.00~ 1.30	≤0.035	≤0.035	0.80~ 1.10				

(续)

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分									
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他
120		1.0902	46Si7	弹簧钢	0.42~ 0.50	1.50~ 1.80	0.50~ 0.80	≤0.050	≤0.050					N≤0.007
122			MuK7	结构钢	0.04~ 0.10	≤0.06	0.40~ 0.65	≤0.030	≤0.030	≤0.020		≤0.030		Cu≤0.25
125		1.4841	X15CrNiSi25 20	耐热钢	≤0.20	1.50~ 2.50	≤2.00	≤0.045	≤0.030	24.00~ 26.00		19.00~ 21.00		
127		1.3333	S-3-3-2	高速钢	0.95~ 1.03	≤0.45	≤0.40	≤0.030	≤0.030	3.80~ 4.50	2.50~ 2.80			V 2.20~2.50 W 2.70~3.00
127			St50.11		≈0.25	0.03~ 0.30	0.20~ 0.50	≤0.080	≤0.050					见 St50-1 的成分(材料 No. 1.0052)
129	17200	1.0501	C35	调质钢	0.22~ 0.39	0.15~ 0.35	0.50~ 0.80	≤0.045	≤0.045					
129	17200	1.0402	C22	调质钢	0.18~ 0.25	0.15~ 0.35	0.30~ 0.60	≤0.045	≤0.045					
131		1.4821	X20CrNiSi25 4	半铁素体系 耐热钢	0.10~ 0.20	0.80~ 1.50	≤2.00	≤0.045	≤0.030	24.00~ 27.00		3.50~ 5.50		
131			St35.29		≤0.18	≤0.35	≥0.40	≤0.050	≤0.050					电炉钢 N≤0.007 见 St35 的成分(材料 No. 1.0308)
131		1.1213	Ch53		0.50~ 0.57	0.25~ 0.50	0.40~ 0.70	≤0.035	≤0.035					电炉钢 N≤0.007 Ck53 (材料 No. 1.1210), Cf53(材料 No. 1.1213)
138			St37		参见最先出处 P. 79									
143	17200	1.7228	50CrMo4	调质钢	0.46~ 0.54	0.15~ 0.40	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	0.90~ 1.20	0.15~ 0.30	≤0.60		
143		1.7225	42CrMo4	调质钢	参见最先出处 P. 7									
144		1.8515	31CrMoV9	氮化钢	0.26~ 0.34	0.15~ 0.35	0.40~ 0.70	≤0.025	≤0.025	2.30~ 2.70	0.15~ 0.25		0.10~ 0.20	
147		1.7035	41Cr4	调质钢	0.38~ 0.45	0.15~ 0.40	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	0.90~ 1.20				

附表 材料成分表 3

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分										备 注
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他	
148		1.5415	15Mo3	耐热结构用 Mo 钢	0.12~0.20	0.10~0.35	0.40~0.80	≤0.040	≤0.040	≤0.30	0.20~0.35				
150	1623 Blat12-1	1.0110	TUST37	T-碱性转炉钢 U-沸腾钢 非合金薄钢板	0.17~0.20	≤0.30	—	≤0.050	≤0.050						见 S137 成分
150	17200	1.8155	50CrV4	调质钢	0.47~0.55	0.15~0.40	0.70~1.10	≤0.035	≤0.035	0.90~1.20			0.20		
158		1.3501	105Cr2	球轴承钢	0.95~1.10	0.15~0.35	0.25~0.40	≤0.030	≤0.025	0.40~0.60		≤0.30		Cu ≤0.30	
158	17200	1.7035	41Cr4	调质钢	0.38~0.45	0.15~0.40	0.50~0.80	≤0.035	≤0.035	0.90~1.20					
159		1.1540	C100W1	非合金工具钢	0.95~1.05	0.10~0.25	0.10~0.25	≤0.020	≤0.020						
162		1.3505	100Cr6	球轴承钢	0.95~1.10	0.15~0.35	0.25~0.40	≤0.030	≤0.025	1.40~1.65		≤0.30		Cu ≤0.30	
164			St70	结构钢	0.55			≤0.080	≤0.060						民主德国
166		1.3343	S6-5-2	高速钢	0.86~0.94	≤0.45	≤0.40	≤0.030	≤0.030	3.80~4.50	4.70~5.20		1.70~2.00	W6.00~6.70	
167		1.3318	S12-1-2	高速钢	0.90~1.00	≤0.45	≤0.40	≤0.030	≤0.030	3.80~4.50	0.70~1.00		2.30~2.60	W11.50~12.50	
168	17210	1.7131	16MnCr5	渗碳钢, 冷作用 工具钢	参见最先出处 P. 116										
171		1.4401	X5CrNiMo1810	耐蚀不锈钢	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.50~18.50	2.00~2.50	10.50~13.50			
174		1.2235	80CrV2	冷作用工具钢	0.75~0.85	0.25~0.40	0.30~0.50	≤0.030	≤0.030	0.40~0.70			0.15~0.25		
176		1.1213	Cf53	表面硬化钢	0.50~0.57	0.10~0.35	0.40~0.70	≤0.025	≤0.035						
176 17210, 1652		1.0301	C10	渗碳钢	0.07~0.13	0.15~0.35	0.30~0.60	≤0.045	≤0.045					Pb0.15~0.30	

(续)

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分										备 注
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他	
178		相当于 1.7225	SAE4140	结构钢, 工具钢	0.38~ 0.43	0.15~ 0.30	0.75~ 1.00	≤0.035	≤0.040	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25				美国
179		1.0502	C45	调质钢	0.42~ 0.50	0.15~ 0.35	0.50~ 0.80	≤0.045	≤0.045						
183		1.7147	20MnCr5	渗碳钢	0.17~ 0.22	0.15~ 0.40	1.10~ 1.40	≤0.035	≤0.035	1.00~ 1.30					
187		1.8504	34CrAl6	氮化钢	0.30~ 0.37	0.15~ 0.35	0.60~ 0.90	≤0.035	≤0.035	1.20~ 1.50				Al0.80~1.10	
188		1.8507	34CrAlMo5	氮化钢	0.30~ 0.37	0.20~ 0.50	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	1.00~ 1.30	0.15~ 0.25			Al0.8~1.10	
188		1.3255	S-18-1-2-5	高速钢	0.75~ 0.83	≤0.45	≤0.40	≤0.030	≤0.030	3.80~ 4.50	0.50~ 0.80		1.40~ 1.70	C0.4.50~5.00 W17.50~18.50	
193		1.4401	X5CrNiMo18 10	耐腐蚀不锈钢	参见最先出处 P. 34										
195			St45.25		≤0.25	0.03~ 0.30	≥0.45	≤0.05	≤0.05					N≤0.007	见 St45 的成分 (材料 No. 1.0408)
195		1.4571	X10CrNiMoTi18 10	耐腐蚀不锈钢	参见最先出处 P. 2										
199	1629		St45.29		≤0.25	0.03~ 0.30	≥0.45	≤0.050	≤0.050					N≤0.007	见 St45 的成分 (材料 No. 1.0408)
199	001717. 43720	1.0305	St35.8		≤0.17	≤0.35	0.4~0.8	≤0.045	≤0.045						
203	1629	1.0580	St52	Mn 钢	≤0.20	≤0.55	≤1.50	≤0.050	≤0.050					N≤0.007	
203		1.8905	StE47	结构细晶粒钢	≤0.20	0.10~ 0.50	1.20~ 1.60	≤0.035	≤0.035			0.25~ 0.60	0.12~ 0.20	Cu0.30~0.40	
205		1.8907	StE51	结构细晶粒钢	≤0.21	0.10~ 0.50	1.30~ 1.70	≤0.025	≤0.035			0.40~ 0.70	0.10~ 0.20		
207			St170	结构钢	参见最先出处 P. 164										

[illegible]

(续)

本书 页码	DIN No.	材料 No.	钢 号	钢 种	化 学 成 分										备 注
					C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	其 他	
297		1.3520	100CrMn6	球轴承钢	0.90~ 1.05	0.50~ 0.70	1.00~ 1.20	≤0.030	≤0.025	1.40~ 1.65		≤0.30		Cu≤0.30	
307		1.4860	NiCr30 20	电热丝	≤0.20	2.00~ 3.00	≤1.50	≤0.045	≤0.030	20.00~ 22.00		28.00 ~ 31.00			
313	17175	1.7380	10CrMo9 10	耐热结构钢	0.08~ 0.15	0.15~ 0.50	0.40~ 0.70	≤0.040	≤0.040	2.00~ 2.50	0.90~ 1.20				
314		1.4841	X15CrNiSi25 20	耐热钢	参见最先出处 P. 125										
316	17200	1.7035	41Cr4	调质钢	参见最先出处 P. 158										
318		1.4846	G-X40CrNiSi26 14	可焊耐热不 锈钢及铸钢	0.34					24.5		22.5			
319		1.4823	G-X40CrNiSi27 4	耐热铸钢	0.30~ 0.50	1.00~ 2.50	0.50~ 1.50	≤0.045	≤0.030	25.00~ 28.00		3.50~ 5.50			半铁素体铸钢
320		1.4821	X20CrNiSi25 4	耐热钢	0.10~ 0.20	0.80~ 1.50	≤2.00	≤0.045	≤0.030	24.00~ 27.00		3.50~ 5.50			压延模, 轧辊
323		1.4865	G-X40NiCrSi36 16	耐热铸钢	0.30~ 0.50	1.00~ 2.50	0.50~ 1.50	≤0.045	≤0.030	17.00~ 19.00		36.00 ~ 39.00			见 G-X40NiCrSi 36 18 的成分 (材料 No. 1.4865)
325		2.4869	NiCr80 20	电热丝	参见最先出处 P. 78										
340		1.4002	X7CrAl13	耐热不锈钢	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.045	≤0.045	12.00~ 14.00				A10.10~0.30	
342		1.4571	X10CrNiMoTi18 10	耐热不锈钢	参见最先出处 P. 2										
353		1.4057	X22CrNi17	耐热不锈钢	0.15~ 0.23	≤1.00	≤1.00	≤0.045	≤0.030	16.00~ 18.00		1.50~ 2.50			
372		1.4571	X10CrNiMoTi18 10	耐热不锈钢	参见最先出处 P. 2										

注: 引自 C. W. Wegst 著, Stahlschlüssel 1980, Stahlschlüssel Verlag (Marbach 市) 发行。

目 录

1. 事故调查	1
1.1 事故调查的准备	1
1.2 事故调查的经过和方法	4
第1章参考文献	11
2. 损坏事故的种类	12
2.1 事故的展望	12
2.2 裂纹和断裂损坏事故	12
第2章参考文献	28
3. 设计错误引起的损坏事故	29
3.1 形状的缺陷	29
3.2 材料选择不当和弄错材料	36
3.3 制造方法选择不当	49
第3章参考文献	60
4. 材料缺陷引起的事故	62
4.1 金属夹杂物与非金属夹杂物	62
4.2 偏析: 钢锭偏析, 结晶偏析, 气孔偏析	69
4.3 钢中的气体	78
4.4 铸造缺陷	104
第4章参考文献	117
5. 塑性加工时产生的缺陷引起的损坏事故	120
5.1 热加工引起的缺陷	120
5.2 冷加工引起的缺陷	133
第5章参考文献	141
6. 加热和热处理时产生的缺陷引起的损坏事故	142
6.1 加热引起的缺陷	142
6.2 热处理引起的缺陷	161
第6章参考文献	191
7. 焊接、钎焊和铆接时产生的缺陷引起的损坏事故	193
7.1 连接缺陷、焊缝根部缺陷和熔透缺口	193
7.2 热裂和焊接裂纹	198
7.3 热影响区硬化和焊接裂纹的敏感性	203
7.4 气割时产生的缺陷	207
7.5 热处理引起的缺陷	208
7.6 钎焊缺陷	210
7.7 铆接缺陷	212
第7章参考文献	213

8. 机械加工中的缺陷引起的损坏事故	215
8.1 切削条痕	215
8.2 磨削热	217
第8章参考文献	224
9. 酸洗和表面处理时产生的缺陷引起的损坏事故	225
9.1 酸洗缺陷	225
9.2 表面处理缺陷	230
第9章参考文献	241
10. 装配和搬运时的缺陷引起的破坏事故	242
第10章参考文献	246
11. 修理时产生的缺陷引起的损坏事故	247
11.1 修理焊接和堆焊	247
11.2 金属电镀和钎焊	254
第11章参考文献	256
12. 铸铁件的破坏事故	257
12.1 铸造缺陷: 缩孔, 缩松, 气孔	260
12.2 冷却过程产生的缺陷: 收缩应力, 过冷	261
12.3 化学成分不合适	266
12.4 热处理引起的缺陷	270
12.5 操作造成的缺陷	271
第12章参考文献	275
13. 机械过载引起的损坏事故	276
13.1 拉伸、弯曲、剪切及扭转载荷	276
13.2 压应力及剪切应力	285
13.3 在滚动摩擦、压缩载荷下的磨损	290
13.4 滑动摩擦、摩擦热	294
13.5 腐蚀	304
第13章参考文献	305
14. 热过载引起的损坏事故	307
第14章参考文献	312
15. 化学过载(腐蚀)引起的损坏事故	313
15.1 高温腐蚀	313
15.2 脱碳和氢脆性	328
15.3 电解液中的腐蚀	334
第15章参考文献	383

1. 事 故 调 查

损坏事故的调查，不仅是事故原因鉴定专家为了编制作为裁判依据的报告所需要，由于弄清了事故原因，为了排除说不定将来会发生的损坏事故的原因，寻求防止事故发生所必要的措施也是不可缺少的。

不仅是这样，由于处理损坏事故，在作者的研究中也受到许多启发。例如，通过对由于锅炉钢板和锅炉钢管的时效引起的损坏事故，以及腐蚀引起的损坏事故的调查所激发的研究活动，从其结果所得如何充实了对于偏析过程及腐蚀过程的知识，请充分予以理解。

1.1 事故调查的准备

调查开始之前，必须明确进行哪些准备。金相学专家或材料试验专家取得从发生损坏事故的机械零件上切下的一块钢，接受鉴定其化学成分、机械强度或其他性能的委托，这决不稀罕。但是，专家们当初对这种委托关系到损坏事故的情况，什么也不知道。因此，即便这些人是专家，也不一定从开始就抱有查明事故原因的目的，进行检查。委托者随意解释事故原因，只要求其证实。但也有连这种鉴定也不进行的情况。让材料专家看一看发生事故的零件，比不符合目的的错误委托事项更为有用。

作为实例提出下列的例子。某一链条制造厂商送来了一段长 3mm 的钢丝。委托检查该线材是平炉钢，还是碱性转炉钢。经向该厂商询问之后，结果才知道这种钢丝虽经用电阻对焊机焊接但没有焊好。根据作者的要求，厂商送来了用焊接不良的链环连成的一段链条。但是，没有一起送来为对比检查所必需的经过良好焊接的钢丝。原因是该厂商在这次采用的制造工艺中，几乎所有的链环全未焊好。

一看送来的链环时，发现完全是严重的焊接缺陷。这已由金相检查证实了。图 1.1 所示

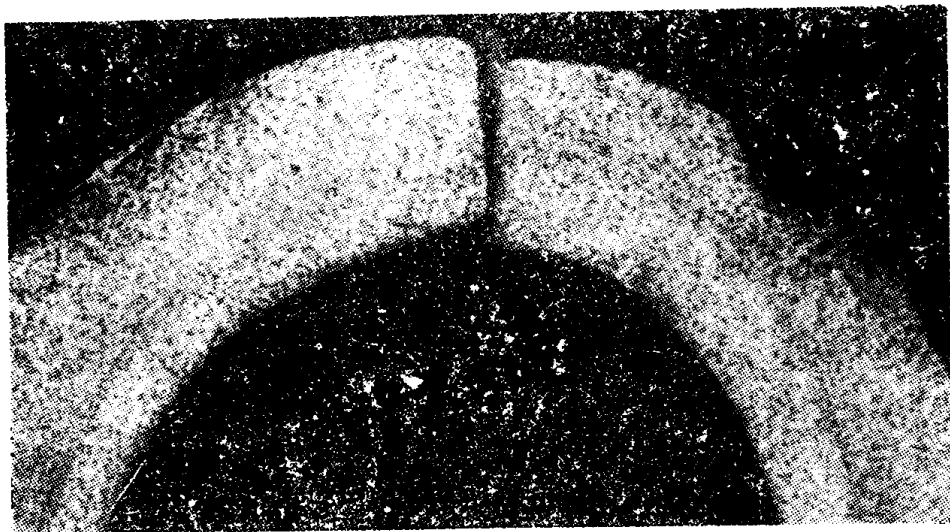


图1.1 宏观，放大倍数10，未连接的对接的两端面 and 因过热而产生初期熔化的通电部