



铸造 表面粗糙度

陈捷
毕林丽 编
姜莉

机械工业出版社

91.2.17
C. 1. 3

铸造表面粗糙度

陈捷 毕林丽 姜莉 编

任善之 主审



机械工业出版社

(京) 新登字054号

本书是 GB6060.1—85《表面粗糙度比较样块 铸造表面》发布、实施以来宣标、贯标经验的汇总。它详细地介绍了与该标准有关的表面粗糙度基础标准,样块标准,仪器及检测标准。对铸造表面粗糙度比较样块的特征、分类、特点及研制进行了较详细的论述。对铸造表面粗糙度的测量及有关仪器也进行了介绍。同时结合铸造生产的特点列举了影响铸造表面粗糙度的因素,并就铸造表面粗糙度对机械零件及设备的影响进行了初步的探讨。

本书可供工程技术人员,广大铸造工作者及大、中专院校师生学习参考。

铸造表面粗糙度

陈捷 毕林丽 姜莉 编
任善之 主审

•
责任编辑:劳瑞芬

封面设计:郭景云

•
机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市大兴兴达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•
开本787×1092¹/₃₂·印张9¹/₈·字数201千字
1993年7月北京第1版·1993年7月北京第1次印刷
印数0 001—3 000·定价:7.60元

•
ISBN 7-111-03808-8/TG·835

前 言

过去,铸造表面一直被人们认为过于粗糙而不加以评定,随着科学技术和生产工艺水平的不断发展,对铸件表面质量要求不断提高。铸造表面粗糙度不仅涉及铸件的外观质量,更重要的是直接影响其使用性能。铸造表面粗糙度对铸件的抗疲劳性能、抗弯性能、耐腐蚀性、耐磨性等诸多性能的影响已越来越引起了人们的重视。对提高铸件质量,通过各种途径降低铸造表面粗糙度数值,以提高铸件的商品竞争能力,已成为铸造行业工程技术人员不得不考虑的问题。

本书旨在帮助大家了解铸造表面粗糙度,从而掌握影响铸造表面粗糙度的各种因素,以期达到以最经济的成本生产出优质的铸件。

参加本书编写工作的还有机械标准化研究所王欣玲及哈尔滨科学技术大学赵密、左锋等。

由于铸造行业贯彻实施表面粗糙度标准时间不长,经验不足,编者水平所限,错漏难免,务望读者指正。

编 者

1992年12月于哈尔滨

目 录

第 1 章 概述	(1)
第 2 章 表面及其参数的术语与定义	(12)
2.1 表面、轮廓和基准的术语	(12)
2.2 与微观不平度高度特性有关的表面粗糙度参数	(24)
2.3 与微观不平度间距特性有关的表面粗糙度参数	(29)
2.4 与微观不平度形状特性有关的表面粗糙度参数	(30)
第 3 章 铸造表面粗糙度的评定基准与参数	(32)
3.1 评定基准	(32)
3.2 取样长度与评定长度	(33)
3.3 评定参数	(34)
第 4 章 铸造表面粗糙度的代 (符) 号及标注	(38)
4.1 新旧标准介绍	(38)
4.2 粗糙度符号	(42)
4.3 粗糙度符号的标注	(45)
4.4 图样上的标注	(51)
第 5 章 铸造表面的几何形状误差	(58)
5.1 铸造表面的几何形状误差	(59)
5.2 优先数和优先数系	(64)
第 6 章 铸造表面粗糙度比较样块及铸造表面粗糙度的评定	(70)
6.1 铸造表面粗糙度比较样块的特征	(73)
6.2 铸造表面粗糙度比较样块的分类	(76)
6.3 铸造表面粗糙度比较样块的特点	(78)
6.4 铸造表面粗糙度比较样块的检验	(79)
6.5 铸造表面粗糙度比较样块的研制	(88)
6.6 铸造表面粗糙度的评定方法	(97)
第 7 章 铸造表面粗糙度测量及仪器	(101)

7.1	轮廓仪的原理及分类	(103)
7.2	铸造表面粗糙度测量仪器介绍	(129)
7.3	国内其他类型轮廓仪	(149)
7.4	国外轮廓仪简介	(159)
7.5	三维表面粗糙度测量及仪器	(162)
7.6	印模法间接测量表面粗糙度	(168)
7.7	表面粗糙度的其他测量方法	(170)
第8章	影响铸造表面粗糙度的因素	(185)
8.1	型砂颗粒组成对铸造表面粗糙度的影响	(185)
8.2	涂料对铸造表面粗糙度的影响	(188)
8.3	铸型对铸造表面粗糙度的影响	(201)
8.4	铸造工艺装备对铸造表面粗糙度的影响	(217)
8.5	影响铸造表面粗糙度的其他因素	(221)
第9章	铸造表面粗糙度对铸件性能及精度的影响	(250)
9.1	表面粗糙度对机械零件使用性能的影响	(250)
9.2	表面粗糙度对机械设备的影响	(256)
9.3	表面粗糙度与尺寸公差	(258)
第10章	铸造表面粗糙度参数值的选定	(260)
10.1	国外铸件表面粗糙度的状况	(260)
10.2	国内铸件表面粗糙度普查	(262)
10.3	铸造表面粗糙度参数值的选定	(265)
附录1	美国合金铸造学会对铸件表面外观检查的标准规范	(269)
附录2	机械工业部重型矿山机械工业局企业标准 大型铸钢件铸造表面粗糙度的评定	(276)
附录3	中华人民共和国国家标准 铸造表面粗糙度评定方法	(282)
	参考文献	(285)

第 1 章 概 述

本世纪20年代已有谈到表面状况对零件功能影响的文章，但对粗糙度没有定量的描述，只是在图样上对表面有所要求，并以特定的符号加以标注。如德国标准DIN—140—1931规定不加工表面符号为“∞”，加工表面符号有： ∇ ， $\nabla\nabla$ ， $\nabla\nabla\nabla$ 等，分别代表粗加工表面、细加工表面和精加工表面。这种标注没有规定参数和数值，不同等级的符号所代表的加工表面粗糙度情况，只是靠目测来区分。

到30年代，开始对表面粗糙度的数值进行研究，并出现了测量仪器。如美国的 E. J. Abbott 和 F. A. Firestone 研制成能记录表面轮廓的轮廓仪，并提出了用距表面轮廓峰顶深度和支承长度率的关系曲线来表征表面粗糙度。1936年德国 C. S. Chmaltz 出版了较全面论述表面粗糙度的专著，并对表面粗糙度的参数和数值提出了建议。建议使用三个参数，即轮廓全高 H ；平均高度 $h_m = \frac{1}{L} \int_0^L Y dx$ ，它

是以轮廓谷底线作为基准来确定；形状因子 $K = \frac{h_m}{H}$ 。在参数值上，他建议在 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 范围内优先用 R_5 系列，而在小于 $1 \mu\text{m}$ 和大于 $100 \mu\text{m}$ 的优先用 R_{10} 系列。

参数和数值标准在40年代开始出现，美国于1940年制定了标准：ASAB46.1—1940。1947年修订。该标准采用中线制，高度参数并列有四个：微观不平度的最大高度；平均高

度;均方根偏差和算术平均偏差。同时还列有系列数值。1955年该标准又经修订。在参数方面提出使用轮廓对中线的均方根偏差 rms (即 R_a) 和轮廓对中线的算术平均偏差 AA (即 R_a) , 并规定了波纹度波高的推荐数值。1978年再次修订并成为美国国家标准 ANSI B46.1, 1978。该标准提出用 R_a 作为主要评定参数, 并在附录中列出了其它表征粗糙度参数的定义, 以供特殊需要的场合选用。

50年代,各工业国相继颁布了有关标准。如英国标准 BS. 1134—1950《表面结构的评定》。该标准也采用中线制, 参数是轮廓的中心线平均值, 即 R_a 。联邦德国于1952年2月颁布了 DIN4760《表面结构的概念》和 DIN4762《二至五次表面结构偏差的内容》。日本于1955年发布了 JIS B0601—1955《表面粗糙度》。前苏联1945年颁布标准 ГOC T2789—45《表面光洁度、表面微观几何形状、分级和表示法》。1951年、1959年都经修订, 主要用轮廓的算术平均偏差 R_a 代替轮廓的均方根偏差 $H_{a.1}$, 用微观不平度平均高度 R_z (十点平均高度) 代替原来的微观不平度平均高度 $H_{a.2}$ 。1973年该标准再次修订为 ГOC T2789—73, 除原来的 R_a 和 R_z 参数外又增加了四个参数, 即轮廓不平度最大高度 $H_{m.x}$ (R_y), 轮廓微观不平度的平均间距 S_m , 轮廓的单峰平均间距 S 和轮廓支承长度率 f_z 。该标准和现行的表面粗糙度国际标准 ISO468—1982是一致的。

国际标准化组织 (ISO) 的《表面的性能和计量》技术委员会 (TC57) 于1954年开始制定表面粗糙度国际标准。同年11月提出第一个草案, 最后于1966年2月正式通过为建议标准, 即 ISO R468。到1993年才取得ISO理事会的正式批准。在ISO R468 颁布后, ISO/TC57 又相继制订了有关表面粗

糙度测量仪和比较样块等标准。

我国的表面粗糙度标准就是在这一时期开始制订的。1956年颁布了《机50—56》标准。该标准与TOCT2789—51完全一致。到1960年修改为JB178—60《表面光洁度等级及代号》。此标准基本上与《机50—56》相同，只是将代号改为汉语拼音字母。1963年我国开始制订表面粗糙度国家标准，于1968年颁布GB1031—68《表面光洁度》。该标准主要参考了1962年11月在北京举行的社会主义国家标准化机构代表会议上通过的K07/北京1962/4统一建议《表面粗糙度 粗糙度级别》，并与ISO后来公布的建议标准ISO R468基本一致。至此，我国在表面粗糙度标准方面与国际标准基本一致。

由于从60年代以来，对表面质量和零件功能关系的研究，以及对表征表面质量微观几何参数、测试手段等研究的拓宽及深入，自70年代起主要工业国相继对表面粗糙度标准进行了修订。国际标准化组织的工作也全面展开，制订了一些有关表面粗糙度的测量仪和比较样块的标准。它们有：

1) ISO1878—1983《测量与评定表面几何参数的仪器和装置分类》，代替ISO1878—1974。

2) ISO1879—1981《轮廓法测量表面粗糙度的仪器——术语》，代替ISO1879—1974。

3) ISO1880—1979《轮廓法表面粗糙度测量仪——接触（触针）式轮廓转换器——轮廓记录仪》，代替ISO1880—1974。

4) ISO3274—1975《轮廓法表面粗糙度测量仪——接触式连续轮廓转换器——M制轮廓计》。

5) ISO2632/I—1985《表面粗糙度比较样块——第1部分：车、磨、镗、铣、刨和插》，代替ISO2632/I—1975。

6) ISO2632/Ⅱ—1985《表面粗糙度比较样块—第2部分:电火花侵蚀,喷丸、喷砂和抛光》,代替ISO2632—1977。

7) ISO2632/Ⅲ—1979《表面粗糙度比较样块—第3部分:铸造表面》。

8) ISO4287/I—1984《表面粗糙度 术语—第2部分:表面粗糙度参数测量》。

9) ISO5436—1985《标准样块—触针式仪器—样块的类型,标定和使用》。

为适应现代科学技术发展的需要,便于国内外技术交流、产品贸易,我国原国家标准总局规定于1988年1月1日起实施下列标准:

1) GB3505—83《表面粗糙度 术语 表面及其参数》;

2) GB1031—83《表面粗糙度 参数及其数值》;

3) GB131—83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》;

以上三个标准是我国表面粗糙度的三个基础标准。此外还有等效采用国际标准的样块标准,它们是:

1) GB6060.1—85《表面粗糙度比较样块 铸造表面》;

2) GB6060.2—85《表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及刨加工表面》;

3) GB6060.3—86《表面粗糙度比较样块 电火花加工表面》;

4) GB6060.4—88《表面粗糙度比较样块 抛光加工表面》;

5) GB6060.5—88《表面粗糙度比较样块 抛(喷)丸,喷砂加工表面》。

除上述5个比较样块标准外,还有仪器、检测标准,它们是:

- 1) GB6061—85《轮廓法测量表面粗糙度仪器—术语》;
- 2) GB6062—85《轮廓法触针式表面粗糙度测量仪轮廓记录仪及中线制轮廓计》;
- 3) GB7220—87《表面粗糙度 术语 参数测量》;
- 4) GB10610—89《触针式仪器测量表面粗糙度的 规则和 方法》;
- 5) GB12472—90《木制件表面粗糙度 参数及其数值》。

现上报待批的表面粗糙度国家标准还有《电子陶瓷件表面粗糙度 参数及其数值》;《塑料件表面粗糙度 参数及其数值》。现正在着手制定或准备制定的表面粗糙度国家标准是《木制件表面粗糙度比较样块》,《电子陶瓷件表面粗糙度比较样块》、《塑料件表面粗糙度比较样块》。

以上表面粗糙度国家标准构成了较完整的标准体系,对国内技术文件、出版物中的术语统一和国际间的科技交流起到了促进作用。在机械加工领域里,有了比较全面的定性,定量分析的依据。

铸造表面,长期被人们认为是过于粗糙的表面,所以对其粗糙度过去一般不加以评定,只在图样上标注不加工符号。但随着科学的进步、生产的发展、铸件表面质量的不断提高,对铸件表面粗糙度的评定已引起各方面的重视。铸件表面粗糙度不仅涉及外观质量,更重要的是直接影响其使用性能。如抗弯试棒的表面粗糙度对抗弯强度有明显影响,甚至可使抗弯试验方法不能作为评定的依据。又如水泵叶轮流道部位的表面粗糙度由 $R_a12.5\mu\text{m}$ 降到 $R_a6.3\mu\text{m}$,水泵的效率可提高3%~5%。汽轮机叶片的表面粗糙度对汽轮机的整机效率影响就更大了。铸造表面粗糙度对节省原材料、提高经济效益也有很大影响。某工厂的试验表明,铸铁件表面粗糙度由

R_a 12 μ m降到 R_a 8 μ m时，底漆消耗量可以减少一半以上。所以，不能正确掌握各种铸造方法和合金材质所能得到的铸造表面粗糙度，会造成极大的损失和浪费。

一些工业国家早就开始了铸造表面粗糙度的评定工作，制定了标准，制做了比较样块，甚至研制了测试仪器。50年代，美国航空工业协会就拟定了铸造表面粗糙度样块标准；60年代初，美国铸造学会型砂分会第八委员会于1962年在《现代铸造》杂志上发表了题为《铸件表面质量》的论文。文中将铸造表面粗糙度划分为九级，并制成铸铝样块，同时还提供了AN SI823分为五个等级的铸造表面粗糙度比较样块。美国在ANSI B46.1, 1978《表面结构——表面粗糙度，波度和加工纹理》标准中明确指出各种铸造方法所能达到的表面粗糙度数值。该标准中推荐的表面轮廓算术平均偏差 R_a 值见表1-1。

表1-1 美国ANSI B46.1标准中推荐的 R_a 值

加工方法	可达到的粗糙度数值 $R_a(\mu\text{m})$							
	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	
砂型铸造	—	—	—	—	—	—	—	
金属型铸造	—	—	—	—	—	—	—	
熔模铸造	—	—	—	—	—	—	—	
压力铸造	—	—	—	—	—	—	—	

日本铸物协会于1958年在《铸物》第九期发表了“关于铸件粗糙度的标准块”一文，介绍了日本学术振兴会24次委员会在1949年确定的粗糙度表示法及据此法制作的标准样块，并于1957年颁布的日本工业标准JIS B0657。该标准后修订为JIS B0659—1973，并根据该标准制订了JIS B0601—1976《铸造表面粗糙度标准片》和《精密铸件表面粗糙度标

准片。JIS B0659给出了铸造表面和精密铸造表面粗糙度比较样块的 R_{max} 值，见表1-2。

表1-2 日本 JIS B0659标准中推荐的 R_{max} 值 (μm)

铸造表面	S	18	25	35	50	70	100	140	200	400
	☉	○	○	○	○	○	○	○	○	○
精密铸造面	S	6.3	12.5	25	35	50	70	100	280	400
	☉	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注，S为粗糙度代号，○为代表该数值的样块。

德国标准DIN4766第二部分《用不同加工方法可达到的表面粗糙度——平均粗糙度数值》，见表1-3。

德国标准DIN4766第一部分《用不同加工方法可达到的表面粗糙度——平均粗糙度深度 R_z 》，见表1-4。

表1-3 德国DIN4766第二部分推荐的 R_z 值

加工方法	可达到的算术平均偏差 R_z (μm)							
	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	
砂型铸造								
壳型铸造								
金属型铸造								
压力铸造								
熔模铸造								

表1-4 德国DIN4766第一部分推荐的 R_z 值

加工方法	可达到的粗糙度深度 R_z (μm)												
	4.0	6.3	10	16	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
砂型铸造													
壳型铸造													
金属型铸造													
压力铸造													
熔模铸造													

前苏联标准ГОСТ2789—73《表面粗糙度参数和特征》规定了工业中用表面粗糙度参数及其数值系列和优先选用的数值系列，并在附录中保留了原14个粗糙度级别的规定，在1980年的修订本中取消了原分级的规定。

英国标准BS1134—1972《评定表面特征的方法》第2部分：概论与导则中，提出多种铸造方法所能达到的表面粗糙

表1-5 英国BS2634标准中推荐的 R_a 值

算术平均偏差 $R_a(\mu\text{m})$												
钢铁铸造				有色金属铸造								
钢		铁		铝合金			铜合金			镁和锌合金		
砂型铸造	壳型铸造	熔模铸造	砂型铸造	壳型铸造	砂型铸造	金属型铸造	压力铸造	砂型铸造	金属型铸造	压力铸造	砂型铸造	压力铸造
							0.4*					0.2°
							0.4*					0.4°
		0.8*				0.8*	0.8*					0.8
	1.6*	1.6*		1.6*		1.6*	1.6				1.6*	1.6
	3.2*	3.2	3.2*	3.2*	3.2*	3.2	3.2		3.2*	3.2	3.2*	3.2
	6.3	6.3	6.3*	6.3	6.3*	6.3	6.3	6.3*	6.3	6.3	6.3	6.3
12.5°	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5*	12.5	12.5	12.5	12.5
25°	2.5		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
50			50		50	50		50	50	50	50	50
100			100		100			100	100		100	
200			200		200						200	
400												

注：按ISO1302，表中带“*”的数值是最小极限值，不作为图样上的限值。

度。与美国ANSI B46.1—1978中的推荐值完全一致，见表1-1。BS2634/Ⅲ《表面粗糙度比较样块 第3部分：铸造表面》与国际标准ISO2632/Ⅲ推荐的数值相同，见表1-5。

在国际标准ISO2632/Ⅲ—1979发表前后，国内一些大院校、科研单位和厂矿企业也开展了对铸造表面粗糙度的研究工作，并相继制定了一些企业标准和行业标准。有些单位还制作了比较样块。如清华大学进行了“铸件表面粗糙度检测方法”的研究，哈尔滨科技大学进行了“型砂粒度和模具粗糙度对铸件表面粗糙度影响”的研究，并对测量铸造表面粗糙度的仪器设计、制造进行了大量的研究和探讨。沈阳水泵研究所和沈阳铸造厂提出了水泵行业标准《泵用铸件表面光洁度检验方法——样块比较法》——B005—79，并制作了水泵行业使用的六块样块。该标准推荐的数值见表1-6。

表1-6 水泵行业标准B005-79推荐的 R_z 值

铸造表面光洁度符号	ω_1	ω_2	ω_3
湿型铸造方法“样块”不平度平均高度 $R_z(\mu\text{m})$	360	250	160
干型铸造方法“样块”不平度平均高度 $R_z(\mu\text{m})$	400	290	210

沈阳重型机器厂制定了工厂标准《铸钢件表面粗糙度检验标准——样块比较法》——BZD001—81，并制作了该厂使用的五种样块。推荐的参数值 R_z 见表1-7。

上海第一纺织机械厂为纺机行业试制了铸件表面光洁度样块12种，推荐的参数值见表1-8。

上海缝纫机三厂为缝纫机行业提供了两种样块。华南工学院研制了铸件表面光洁度比较样块共7种，参数值见表1-9。

长春第一汽车厂进行了模具表面粗糙度对精密铸件表面粗糙度影响的研究。吉林工业大学开展了真空造型法对铸件

表1-7 沈阳重型机器厂BZD001—81标准推荐的 R_z 值

级 别	符 号	样块不平度平均高度 R_z (μm)
特 级	ω_6	300
四 级	ω_4	600
三 级	ω_3	900
二 级	ω_2	1100
一 级	ω_1	1300

表1-8 纺机行业推荐的 R_z 值

级 别	R_z (μm)
ω_1	0.27~0.35
ω_2	0.22~0.27
ω_3	0.18~0.22
ω_4	0.14~0.18
ω_5	0.10~0.14
ω_6	0.06~0.10

表1-9 华南工学院研制的样块的 R_z 值

表面粗糙度级别	细分级别	细分级别代号	不平度平均值 R_z (μm)
1	a	∇_{1a}	240~260
	b	∇_{1b}	200~220
2	a	∇_{2a}	140~160
	b	∇_{2b}	100~120
3	a	∇_{3a}	70~80
	b	∇_{1b}	50~60
4		∇_4	30~40

表面粗糙度影响的研究。清华大学、哈尔滨科技大学、沈阳铸造研究所等单位进行了涂料、耐火粉料粒度级配量和型砂级配对铸件表面质量影响的研究。

从国内外有关铸造表面粗糙度的标准和样块的概况不难看出,各国对铸造表面粗糙度的评定与研究工作的重视,但与机械加工行业相比,铸造行业的这项研究工作还是刚刚开始。为统一我国对铸造表面粗糙度的评定,1982年原机械部正式下达了编制有关铸造表面粗糙度国家标准任务。由哈尔滨科技大学、清华大学、沈阳铸造研究所、沈阳铸造厂、沈阳重型机器厂、哈尔滨量具刀具厂组成标准起草小组,经广泛征询全国各部门铸造行业的意见,等效采用ISO2632/Ⅲ《表面粗糙度比较样块 第3部分:铸造表面》。于1985年发布了GB6060.1—85《表面粗糙度比较样块 铸造表面》,随后研制了与该标准配套使用的样块。铸造表面粗糙度标准已成为我国新的表面粗糙度标准体系中的一部分。本书旨在按国家标准体系介绍与铸造表面粗糙度有关的基本概念、评定方法和标注方法,分析影响铸造表面粗糙度的因素,并提出降低表面粗糙度数值的途径。