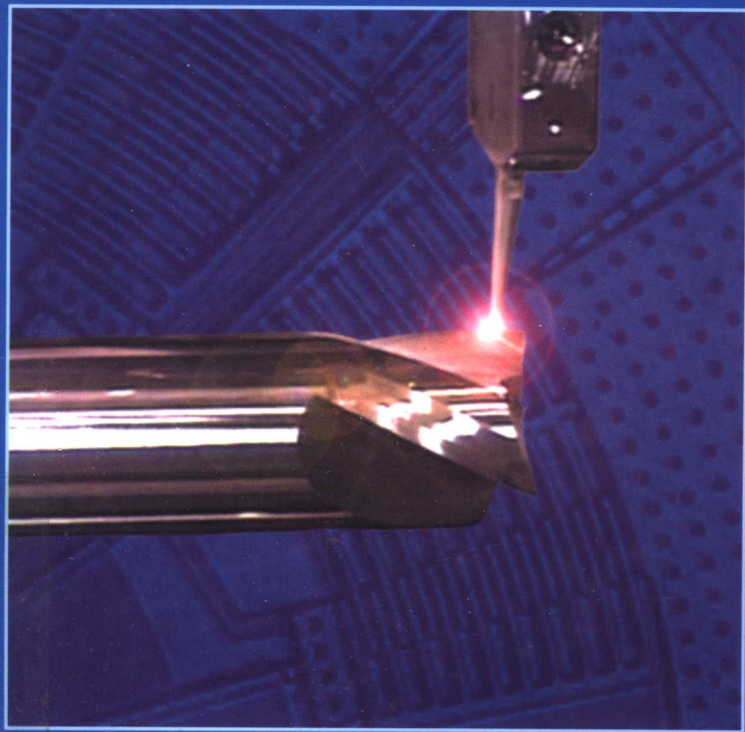


传感器应用丛书

制造业传感器

[德] H. K. 屯肖夫 [日] I. 稻崎 编著
丛书主编: J. 黑塞 J. W. 加德纳 W. 戈佩尔
杨树人 刘瑞平 李泽 译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

传感器应用丛书

制造业传感器

[德] H. K. 屯肖夫 编著

[日] I. 稻崎

丛书主编: J. 黑塞 J. W. 加德纳 W. 戈佩尔
杨树人 刘瑞平 李泽 译



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

制造业传感器/[德] 屯肖夫 (Tönshoff, H. K.), [日] 稻崎 (Inasaki, I.) 编著;
杨树人, 刘瑞平, 李泽译. —北京: 化学工业出版社, 2005. 6

(传感器应用丛书)

书名原文: Sensors in Manufacturing

ISBN 7-5025-7292-9

I. 制… II. ①屯…②稻…③杨…④刘…⑤李… III. 制造业-传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 064234 号

Sensors in Manufacturing/Edited by H. K. Tönshoff, I. Inasaki

ISBN 3-527-29558-5

Copyright ©2001 by Wiley-VCH Verlag GmbH D-69469 Weinheim. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Wiley-VCH Verlag GmbH D-69469 Weinheim.

本书中文简体字版由 Wiley-VCH 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-3638

传感器应用丛书

制造业传感器

[德] H. K. 屯肖夫 编著

[日] I. 稻崎

丛书主编: J. 黑塞 J. W. 加德纳 W. 戈佩尔

杨树人 刘瑞平 李泽 译

责任编辑: 丁尚林 邢 涛

文字编辑: 廉 静

责任校对: 郑 捷

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 22¼ 字数 409 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7292-9

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

在现代化的制造系统中,可靠的传感器的监测技术越来越重要,本书首先介绍了传感器的基本原理,其中包括传感器在制造业中的作用和应用范围、传感器的分类和检测目标等;接着介绍了机床和机器人中的传感器、工件中的传感器、过程监控传感器等;最后简单介绍了制造业的发展及其对传感器的影响。

本书主要为从事传感器开发、应用及研究的科技人员参考,也可作为制造业领域的科技人员和工程人员的参考书籍。

丛书前言

微电子的运用在测量和控制技术中变得日益重要,因此,对合适的传感器的需求也日益增加。自 20 世纪 70 年代中期起,传感器技术在十年内飞速发展,以至于迫切需要出版一些书籍来说明迄今为止传感器技术到底获得了哪些成就。应出版者 WILEY-VCH 要求,由德国 Tübingen 大学的 Wolfgang Göpel、德国 Carl Zeiss 公司的 Joachim Hesse 和美国 Philadelphia 大学的 Jay Zesity 负责编辑,在 1995 年和 1998 年出版了名为《传感器》的系列丛书,共 8 卷,内容覆盖了当今不同的应用领域。这些材料均根据基本的物理定律收集和编写,反映了相关方法和产品各自的发展和成熟程度。此书主要是从设计工程师和研究人员的角度编写的,新的技术发展都会通过每年的 1~2 期名为《现代传感器》的增刊发布。

然而,丛书出版者和编辑们从一开始就同意这样的观点,即最终的传感器用户只想看到涉及他们各自专门技术或科学领域的文章。可以肯定地说,20 世纪 90 年代以来,传感器技术在应用中得到重大发展,现在已经成为许多工业过程和系统中不可或缺的部分。因此,推出一个新的系列丛书《传感器应用》是十分必要的。WILEY-VCH 再次委托 Wolfgang Göpel 和 Joachim Hesse 起草这一丛书,但不幸的是 Wolfgang Göpel 在 1999 年 6 月死于一场车祸,他没有看到本书的出版。Warwick 大学的 Julian Gardner 已经接替了他的工作,但为了纪念 Wolfgang,仍将他列入合作编辑的名单中。

《传感器应用》系列丛书主要研究在关键技术、经济部门和系统中的传感器应用:传感器在制造业、智能建筑、医疗保健、汽车、航空航天、环境工程及家用电器中的应用。丛书每一册都由各行业专家编写。每一册书可能在某些方面(如主题叙述上)存在不同,但不论哪个方面,丛书都会强调有关过程和系统中的如下问题:使用什么样的传感器,在哪儿使用,为什么使用,如何使用以及会为用户带来什么好处。当然,对过程和系统本身也会在本书中进行概括介绍,而且本书还会密切关注和预测未来可能的发展和应用。实际的传感器功能只有在了解它们与过程和系统的关系时才能清楚。基本定律可以在早期的《传感器》和《现代传感器》中看到。

系列丛书的编辑们对贡献专业知识并担任本书编辑或写作的专家们表示衷心的感谢。我们也对出版商表示深深的感谢,尤其要感谢 Peter Gregory 博士,

Jörn Ritterbusch 博士和 Claudia Barzen 博士，他们对本书的细节编辑提出了许多建设性的意见，为整部书的出版提供了帮助。相信我们的努力一定会受到读者的认可。

Oberkochen 和 Coventry, 2000. 11

Joachim Hesse

Julian W. Gardner

前 言

为了提高精度和生产率，在过去的十年里，制造业经历了重大的发展。1952年，数控（NC）技术为满足这些需求做出了重大的贡献。数控机床的实际应用刺激了刀具更智能化的技术发展，使机器程序以更高的可靠性被执行。今天，由于传感器和计算机技术的重大发展，通过监控系统的帮助，可以说为了达到加工程序适合的控制，必要的刀具是可用的，这在19世纪50年代还是一个梦。

由于以下原因，在现代化的制造系统中，可靠的传感器的监测技术将变得越来越重要。

- 机床的运行速度不允许人工干预，然而，碰撞或者程序的失效可能会引起极大的破坏。

- 制造系统在比例上变得越来越大，一些大规模的监测系统已超出了人类的能力。

- 日益增加的劳动成本和熟练工的缺乏要求用最少的人工干预对制造系统进行操作，这就需要采用高级的监控系统。

- 高精度的加工只有在高级测量技术和监测工艺程序的帮助下才能达到。

- 精密机床的应用需要监控系统的综合利用来预防机器的失效。

- 从安全上考虑，耗费较多能量的重载加工程序应该用最少的人工干预进行操作。

- 当代制造业中的环保要求对加工过程中的排放物进行监测。

本书涉及在各种各样加工程序中的监控技术，提供在这些领域中的最近的发展状况和这些发展的基本理论。我们相信，不管是在研究机构还是在制造业，本书读者都能得到关于他们研究和开发工作的必要的信息。

编者非常感谢贡献出他们专业技术和在各种准备阶段中非常有耐心的专家。除作者的帮助以外，我们还十分感谢 Wiley-VCH 出版社所有员工的支持。

汉诺威和横滨

H. K. 屯肖夫

T. 稻崎

译者的话

如本书原作者所述，传感器发展十分迅速，在制造业中的地位越来越重要。本书比较全面地介绍了制造业中所应用的传感器的基础知识。翻译本书，对国内读者了解这方面的知识很有帮助。

本书的翻译过程中，刘瑞平、李泽利用宝贵的业余时间，放弃休息，参与了全部稿件的翻译工作，本人在此基础上进行了精心的加工整理。在此，对刘瑞平、李泽两位同志表示衷心的感谢。

由于本书涉及的知识面广，又是众多不同国籍的作者联合撰写的，他们的写作风格和用语习惯的不同，并且英文又不是大多数作者的母语，这给翻译带来较大的困难。加上我本人水平有限，时间较紧，译文中不当之处在所难免，敬请读者批评指正，并给予谅解。

杨树人

2005年8月

撰 稿 人 名 单

F. V. ALVENSLEBEN

Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Germany

E. BRINKSMEIER

Fachgebiet Fertigungsverfahren
und Labor für Mikrozerspanung
Universität Bremen
Badgasteiner Str. 1
28359 Bremen
Germany

K.-D. BOUZAKIS

Laboratory for Machine Tool
and Machine Dynamics
Aristoteles University Thessaloniki
54006 Thessaloniki
Greece

E. DOEGE

Institut für Umformtechnik
und Umformmaschinen
Universität Hannover
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Germany

D. DORNFELD

University of California
Berkeley
CA 94720-5800
USA

G. ERKENS

CemeCon GmbH
Adenauerstr. 20B1
52146 Würselen
Germany

H. D. HAERKAMP

Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover
Appelstr. 11
30167 Hannover
Germany

O. HILLERS

Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Germany

I. INASAKI

Faculty of Sciency & Technology
Keio University
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku
Yokohama-shi
Japan

B. KARPUSCHEWSKI

Faculty of Science & Technology
Keio University
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku
Yokohama-shi
Japan

F. KLOCKE
Lehrstuhl für Technologie
der Fertigungsverfahren
RWTH Aachen
Steinbachstr. 53
52056 Aachen
Germany

H. KLÜMPER-WESTKAMP
Stiftung Institut
für Werkstofftechnik IWT
Badgasteiner Str. 3
28359 Bremen
Germany

V. KRAL
Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Germany

T. MASUZAWA
I.I.S., University of Tokyo
Center for International Research
on Micromechatronics (CIRMM)
4-6-1 Komaba, Meguro-ku
Tokyo 153-8505
Japan

P. MAYR
Stiftung Institut
für Werkstofftechnik IWT
Badgasteiner Str. 3
28359 Bremen
Germany

F. MEINERS
Institut für Umformtechnik
und Umformmaschinen
Universität Hannover
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Germany

T. MENDE
Institut für Umformtechnik
und Umformmaschinen
Universität Hannover
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Germany

T. MORIWAKI
Dept. of Mechanical Engineering
Kobe University
Rokko, Nada
Kobe 657
Japan

M. NIEMEYER
Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover
Appelstr. 11
30167 Hannover
Germany

W. SPECKER
Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Germany

W. STRACHE
Institut für Umformtechnik
und Umformmaschinen
Universität Hannover
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Germany

H.K. TÖNSHOFF
Institut für Fertigungstechnik
und Spanende Werkzeugmaschinen
Universität Hannover
Schloßwender Str. 5
30159 Hannover
Germany

N. VIDAKIS
Laboratory for Machine Tool
and Machine Dynamics
Aristoteles University Thessaloniki
54006 Thessaloniki
Greece

J. W. YUN
Institut für Umformtechnik
und Umformmaschinen
Universität Hannover
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Germany

J. WEBER
Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover
Appelstr. 11
30167 Hannover
Germany

M. WECK
Laboratorium für Werkzeugmaschinen
und Betriebslehre
RWTH Aachen
Steinbachstr. 53
52056 Aachen
Germany

A. WECKENMANN
Lehrstuhl für Qualitätsmanagement
und Fertigungsmeßtechnik
Universität Erlangen-Nürnberg
Nägelsbachstr. 25
91052 Erlangen
Germany

R. WERTHEIM
ISCAR LTD.
P.O. Box 11
Tefen 24959
Israel

M. ZELT
Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover
Appelstr. 11
30167 Hannover
Germany

目 录

第 1 章 传感器的基本原理	1
1.1 传感器在制造业中的作用和应用范围	1
1.1.1 制造业	1
1.1.2 制造业中的加工单元	1
1.1.3 传感器	2
1.1.4 监控系统的需求和作用	3
1.1.5 发展趋势	4
1.1.6 参考文献	5
1.2 制造业中传感器的原理	5
1.2.1 绪论	5
1.2.2 基本传感器的分类	8
1.2.3 基本传感器的类型	10
1.2.3.1 机械传感器	10
1.2.3.2 热传感器	13
1.2.3.3 电传感器	14
1.2.3.4 磁传感器	14
1.2.3.5 辐射传感器	14
1.2.3.6 化学传感器	15
1.2.4 新趋势——信号处理和判定	15
1.2.4.1 背景	15
1.2.4.2 传感器组合	17
1.2.5 总结	18
1.2.6 参考文献	19
1.3 机械制造业中的传感器——要求、需求、限制条件、信号处理、 通讯技术和人机界面	19
1.3.1 绪论	19
1.3.2 传感器的作用和检测目标	19
1.3.3 对传感器和检测系统的要求	21
1.3.4 限制条件	25
1.3.5 信号处理和转换	26
1.3.5.1 模拟信号处理	26

1.3.5.2	A/D 转换	27
1.3.5.3	数字信号处理	29
1.3.6	识别和判定	32
1.3.6.1	识别和判定的策略	32
1.3.6.2	图形识别	33
1.3.6.3	神经网络	33
1.3.6.4	模糊推理	34
1.3.7	通讯和传输技术	35
1.3.8	人机接口	36
1.3.9	参考文献	36
第 2 章	机床和机器人中的传感器	37
2.1	位置测量	37
2.2	定向传感器	48
2.3	机床和机器人的校准	50
2.4	碰撞检测	52
2.5	机床的监控和诊断	55
2.6	参考文献	60
第 3 章	工件中的传感器	61
3.1	宏观几何特征	61
3.1.1	机械测量方法	61
3.1.1.1	游标卡尺	62
3.1.1.2	量角器	62
3.1.1.3	千分尺	62
3.1.1.4	百分表	64
3.1.1.5	度盘规比较仪	65
3.1.1.6	杠杆式百分表	65
3.1.2	电子测量方法	65
3.1.2.1	电阻位移传感器	66
3.1.2.2	电容式位移传感器	66
3.1.2.3	电感式位移传感器	67
3.1.2.4	电磁步进传感器	69
3.1.2.5	电容步进传感器	69
3.1.2.6	电感步进传感器	70
3.1.3	机电测量方法	70

3.1.3.1	接触式触发探测器	72
3.1.3.2	连续测量的探测器系统	72
3.1.4	光电测量方法	73
3.1.4.1	步进方法	73
3.1.4.2	绝对测量方法	75
3.1.5	光学测量方法	76
3.1.5.1	摄像机计量	76
3.1.5.2	投影方法	77
3.1.5.3	尖端三角测量	78
3.1.5.4	光截面方式	78
3.1.5.5	条形投影	78
3.1.5.6	经纬仪测量系统	79
3.1.5.7	照相测量方法	79
3.1.5.8	干涉仪距离测量	79
3.1.5.9	干涉仪外形测试	81
3.1.5.10	自动聚焦方式	81
3.1.6	气动测量系统	81
3.1.7	补充读物	83
3.2	微观几何特征	83
3.2.1	接触测量方法	83
3.2.1.1	参考面接触探测系统	84
3.2.1.2	滑动系统	84
3.2.1.3	双滑动系统	85
3.2.2	光学测量方式	85
3.2.2.1	白光干涉仪测量方法	86
3.2.2.2	散光方式	87
3.2.2.3	斑点相关	87
3.2.2.4	切线入射 X 射线反射计	89
3.2.3	探针测量方式	89
3.2.3.1	扫描电子显微镜	89
3.2.3.2	扫描隧道显微镜	91
3.2.3.3	扫描近场光学显微镜	92
3.2.3.4	扫描电容显微镜	93
3.2.3.5	扫描热显微镜	94
3.2.3.6	原子力显微镜	95
3.2.3.7	磁力显微镜	98

3.2.3.8 侧力显微镜	99
3.2.3.9 相位检测显微镜	99
3.2.3.10 力调制显微镜	101
3.2.3.11 电力显微镜	102
3.2.3.12 扫描近场声学显微镜	102
3.2.4 补充读物	103
3.3 物理属性中的传感器	103
3.3.1 绪论	104
3.3.2 试验室参考技术	106
3.3.3 过程参量传感器	106
3.3.3.1 力传感器	106
3.3.3.2 功率传感器	108
3.3.3.3 温度传感器	109
3.3.3.4 声学传播传感器	110
3.3.4 刀具中的传感器	114
3.3.5 工件中的传感器	115
3.3.5.1 涡电流传感器	116
3.3.5.2 微磁传感器	116
3.3.6 参考文献	120
第4章 过程监控传感器	122
4.1 铸造和粉末冶金	122
4.1.1 铸造	122
4.1.1.1 绪论	122
4.1.1.2 与熔体接触的传感器	122
4.1.1.3 不与熔体接触的传感器	126
4.1.1.4 总结	133
4.1.1.5 参考文献	133
4.1.2 粉末冶金	135
4.1.2.1 绪论	135
4.1.2.2 金属粉末的混合	136
4.1.2.3 金属粉末的压制	138
4.1.2.4 烧结过程	141
4.1.2.5 参考文献	147
4.2 金属成型	147
4.2.1 冲压过程中的传感器	147

4.2.1.1	传感器和过程信号	148
4.2.1.2	传感器位置	149
4.2.1.3	传感器应用	150
4.2.2	金属板件成型过程中的传感器	156
4.2.2.1	深冲压过程和信号	156
4.2.2.2	材料性质	157
4.2.2.3	润滑油	158
4.2.2.4	深冲压加工中的过程控制	160
4.2.3	锻造过程中的传感器	164
4.2.3.1	传感器在锻造过程中的应用	164
4.2.3.2	传感器的应用和界限	168
4.2.3.3	力和路径的典型信号	170
4.2.3.4	过程监控	171
4.2.4	参考文献	174
4.3	切削过程	175
4.3.1	绪论	175
4.3.2	在切削和监控需求中的问题	175
4.3.3	过程量中的传感器	176
4.3.3.1	力传感器	176
4.3.3.2	扭矩传感器	180
4.3.3.3	功率传感器	182
4.3.3.4	温度传感器	183
4.3.3.5	振动传感器	185
4.3.3.6	声学传播传感器	186
4.3.4	刀具传感器	191
4.3.5	工件传感器	196
4.3.6	切屑控制传感器	199
4.3.7	适应控制系统	201
4.3.8	切削过程中的智能系统	204
4.3.9	参考文献	205
4.4	研磨过程	206
4.4.1	绪论	206
4.4.2	研磨过程和监测中的问题	206
4.4.3	用于过程参量的传感器	207
4.4.3.1	力传感器	207
4.4.3.2	功率传感器	209

4.4.3.3	加速度传感器	209
4.4.3.4	声学传播系统	209
4.4.3.5	温度传感器	211
4.4.4	砂轮中的传感器	214
4.4.4.1	宏观几何量中的传感器	215
4.4.4.2	微观几何量中的传感器	216
4.4.5	工件传感器	217
4.4.5.1	宏观几何学中接触式工件传感器	218
4.4.5.2	微观几何学中的接触式工件传感器	220
4.4.5.3	表面完整性中的接触式工件传感器	221
4.4.5.4	非接触式工件传感器	221
4.4.6	外围设备系统中的传感器	224
4.4.6.1	用于调整过程监测的传感器	224
4.4.6.2	用于监测切削液供给的传感器	227
4.4.7	自由研磨过程中的传感器	229
4.4.7.1	抛光过程	229
4.4.7.2	用于非常规自由研磨过程的传感器	231
4.4.8	适应控制系统	232
4.4.9	研磨过程中的智能系统	235
4.4.10	参数文献	237
4.5	激光加工	238
4.5.1	绪论	238
4.5.2	参数监测传感器	239
4.5.2.1	识别工件几何外形的传感器	239
4.5.2.2	识别工件质量的传感器	239
4.5.2.3	光束特性传感器	240
4.5.2.4	聚焦位置和气体压力	240
4.5.3	质量监测传感器	240
4.5.3.1	光学传感器	240
4.5.3.2	声学传感器	241
4.5.3.3	基于视觉的传感器	241
4.5.4	结论	241
4.5.5	参考文献	242
4.6	放电加工	242
4.6.1	绪论	242
4.6.2	放电加工的原理	243