



TECHNOLOGY OF MACHINE TOOLS

Sixth Edition

**KRAR
GILL
SMID**



* S K N 0 0 4 1 9 1 *

M c G R A W - H I L L I N T E R N A T I O N A L E D I T I O N

TECHNOLOGY of MACHINE TOOLS

sixth edition

Steve F. Krar

Arthur R. Gill

Peter Smid



Higher Education

Boston Burr Ridge, IL Dubuque, IA Madison, WI New York San Francisco St. Louis
Bangkok Bogotá Caracas Kuala Lumpur Lisbon London Madrid Mexico City
Milan Montreal New Delhi Santiago Seoul Singapore Sydney Taipei Toronto



contents

Preface vii

About the Authors viii

Acknowledgments ix

SECTION 1

Introduction to Machine Tools 2

UNIT 1

History of Machines 4

SECTION 2

Machine Trade Opportunities 16

UNIT 2

Careers in the Metalworking Industry 18

UNIT 3

Getting the Job 27

SECTION 3

Safety 30

UNIT 4

Safety in the Machine Shop 32

SECTION 4

Job Planning 38

UNIT 5

Engineering Drawings 40

UNIT 6

Machining Procedures for Various Workpieces 48

SECTION 5

Measurement 56

UNIT 7

Basic Measurement 60

UNIT 8

Squares and Surface Plates 66

UNIT 9

Micrometers 71

UNIT 10

Vernier Calipers 80

UNIT 11

Inside-, Depth-, and Height-Measuring Instruments 85

UNIT 12

Gage Blocks 96

UNIT 13

Angular Measurement 102

UNIT 14
Gages 108

UNIT 15
Comparison Measurement 115

UNIT 16
The Coordinate Measuring System 126

UNIT 17
Measuring with Light Waves 131

UNIT 18
Surface Finish Measurement 135

SECTION 6

Layout Tools and Procedures 140

UNIT 19
Basic Layout Materials, Tools, and
Accessories 142

UNIT 20
Basic or Semiprecision Layout 150

UNIT 21
Precision Layout 154

SECTION 7

Hand Tools and Bench Work 160

UNIT 22
Holding, Striking, and Assembling Tools 162

UNIT 23
Hand-Type Cutting Tools 168

UNIT 24
Thread-Cutting Tools and Procedures 175

UNIT 25
Finishing Processes—Reaming, Broaching, and
Lapping 181

UNIT 26
Surface Finishing Processes 188

SECTION 8

Metal-Cutting Technology 194

UNIT 27
Physics of Metal Cutting 196

UNIT 28
Machinability of Metals 203

UNIT 29
Cutting Tools 208

UNIT 30
Operating Conditions and Tool Life 219

UNIT 31
Carbide Cutting Tools 223

UNIT 32
Diamond, Ceramic, and Cermet Cutting
Tools 241

UNIT 33
Polycrystalline Cutting Tools 252

UNIT 34
Cutting Fluids—Types and Applications 261

SECTION 9

Metal-Cutting Saws 272

UNIT 35
Types of Metal Saws 274

UNIT 36
Contour Bandsaw Parts and Accessories 279

UNIT 37
Contour Bandsaw Operations 286

SECTION 10

Drilling Machines 298

UNIT 38
Drill Presses 300

UNIT 39
Drilling Machine Accessories 305

UNIT 40
Twist Drills 311

UNIT 41
Cutting Speeds and Feeds 320

UNIT 42
Drilling Holes 324

UNIT 43
Reaming 332

UNIT 44
Drill Press Operations 339

SECTION 11

The Lathe 346

UNIT 45

Engine Lathe Parts 351

UNIT 46

Lathe Accessories 356

UNIT 47

Cutting Speed, Feed, and Depth of Cut 368

UNIT 48

Lathe Safety 374

UNIT 49

Mounting, Removing, and Aligning Lathe Centers 377

UNIT 50

Grinding Lathe Cutting Tools 381

UNIT 51

Facing Between Centers 384

UNIT 52

Machining Between Centers 389

UNIT 53

Knurling, Grooving, and Form Turning 397

UNIT 54

Tapers and Taper Turning 405

UNIT 55

Threads and Thread Cutting 417

UNIT 56

Steady Rests, Follower Rests, and Mandrels 438

UNIT 57

Machining in a Chuck 444

UNIT 58

Drilling, Boring, Reaming, and Tapping 455

SECTION 12

Milling Machines 462

UNIT 59

The Vertical Milling Machine 464

UNIT 60

Cutting Speed, Feed, and Depth of Cut 467

UNIT 61

End Mills 474

UNIT 62

Vertical Mill Operations 482

UNIT 63

Special Milling Operations 498

UNIT 64

Horizontal Milling Machines and Accessories 506

UNIT 65

Milling Cutters 516

UNIT 66

Milling Machine Setups 523

UNIT 67

Horizontal Milling Operations 530

UNIT 68

The Indexing, or Dividing, Head 537

UNIT 69

Gears 546

UNIT 70

Gear Cutting 553

UNIT 71

Helical Milling 561

UNIT 72

Cam, Rack, Worm, and Clutch Milling 569

SECTION 13

The Jig Borer and Jig Grinder 578

UNIT 73

The Jig Borer 580

UNIT 74

The Jig Grinder 585

SECTION 14

Computer-Age Machining 596

UNIT 75

The Computer 598

UNIT 76

Computer Numerical Control 601

UNIT 77

CNC Turning Center 621

UNIT 78
CNC Machining Centers 642

UNIT 79
CAD/CAM 662

SECTION 15

Grinding 670

UNIT 80
Types of Abrasives 672

UNIT 81
Surface Grinders and Accessories 693

UNIT 82
Surface Grinding Operations 705

UNIT 83
Cylindrical Grinders 719

UNIT 84
Universal Cutter and Tool Grinder 730

SECTION 16

Metallurgy 744

UNIT 85
Manufacture and Properties of Steel 746

UNIT 86
Heat Treatment of Steel 760

UNIT 87
Testing of Metals and Nonferrous Metals 776

SECTION 17

Advanced Manufacturing Technology 788

UNIT 88
Instant Digital Manufacturing 790

UNIT 89
Cryogenic Treatment/Tempering 795

UNIT 90
QQC Diamond Coating 803

UNIT 91
Direct Metal Deposition 808

UNIT 92
e-Manufacturing 812

UNIT 93
STEP-NC and Internet Manufacturing 817

UNIT 94
Optical/Laser/Vision Measurement 824

UNIT 95
Electrical Discharge Machining 831

UNIT 96
Robotics 840

UNIT 97
Manufacturing Intelligence: Can a Company Survive Without Real-Time Knowledge? 846

UNIT 98
Multi-Tasking Machines 853

SECTION 18

GLOSSARY 860

APPENDIX OF TABLES 871

INDEX 899

Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

Hãy đến Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn !

Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !

Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !



Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại
Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: thuvienspkt@hcmute.edu.vn
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

A decorative template for lined paper. It features a large, detailed black and white line drawing of a flower with multiple petals and leaves in the upper left corner. The top and left edges are adorned with elegant, swirling scrollwork. The right side of the page is filled with horizontal lines, each consisting of a solid top line, a dashed middle line, and a solid bottom line, providing a guide for handwriting practice.



Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

Hãy đến Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn !

Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !

Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !



Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại
Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: thuvienspkt@hcmute.edu.vn
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

A decorative template for lined paper. It features a large, detailed black and white line drawing of a flower with multiple petals and leaves in the upper left corner. The top and left edges are adorned with elegant, swirling scrollwork. The central area is filled with horizontal lines, each consisting of a solid top line, a dashed midline, and a solid bottom line, typical of primary writing paper. A faint, large spiral watermark is visible in the background.

[illegible]