

含铌钢板(带) 国内外标准使用指南

侯豁然 主编

马克斯·斯图尔特 副主编

冶金工业出版社

含铌钢板(带) 国内外标准使用指南

侯豁然 主编

马克斯·斯图尔特 副主编

北 京

冶金工业出版社

2012

内 容 简 介

本指南选取了与含铌钢有关的 132 项国内外常用钢板和钢带最新版本标准, 摘录并翻译了标准的主要技术要求, 按产品的用途不同划分章节, 汇编成本使用指南。

本指南共分为十一章和一个附录。第一章介绍了各国标准中对正火轧制和热机械轧制的权威定义、常用国家标准简介及常用符号说明; 第二章至第十一章, 按低合金结构用、船体结构用、管线用、汽车用、涂镀用、建筑结构用、压力容器用、桥梁用、耐候用、搪瓷等用途摘录了各国标准的主要技术指标并进行说明; 附录选取并摘录了 7 项主要的基础标准。

在使用过程中, 如有疑问, 均应以原版本标准为准。

本指南可作为含铌钢板生产、加工企业与设计单位的工具书, 并可供钢铁企业技术人员在生产、科研、设计及国内外贸易中参考。

图书在版编目(CIP)数据

含铌钢板(带) 国内外标准使用指南/侯豁然主编. —北京:
冶金工业出版社, 2012. 5

ISBN 978-7-5024-5904-8

I. ①含… II. ①侯… III. ①铌合金—合金钢—钢板—标准
—世界—指南 IV. ①TG146. 4—65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012) 第 085829 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 李 梅 李 臻 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5904-8

三河市双峰印刷装订有限公司印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012 年 5 月第 1 版, 2012 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 37 印张; 894 千字; 577 页

138.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

编译委员会

主 编：侯豁然

副主编：马克斯·斯图尔特（Marcos Stuart）

编 委：付俊岩 王伟哲 王厚昕 张永青 张 伟

（中信微合金化技术中心）

朴志民 刘徐源 管吉春 陈 玥 （鞍钢股份有限公司）

王丽敏 王晓虎 （冶金工业信息标准研究院）

姜尚清 （中国钢铁工业协会）

师 莉 （首钢总公司）



近年来铌钢在中国发展迅猛，其产量已从1990年的3万多吨，发展到2011年的4000万吨以上，钢板用铌量占总钢材用铌量的78%。含铌钢板的广泛应用、铌微合金化技术的推广普及，为中国提供了大量高性能的钢板，铌已经在中国钢铁生产中占有不可或缺的重要位置。为使铌钢的科研成果商品化、标准化，进一步被设计、生产、使用单位所采用，本书将国内外含铌钢板现行标准归纳成使用指南，利于形成中国科学合理的含铌钢板标准体系，对含铌钢板进一步推广、应用及其标准的发展完善起到积极的促进作用。

本使用指南收录了各国和国际标准化组织、协会的最新标准及各个专业用钢的材料牌号、化学成分、尺寸规格、力学性能和相关性能等。按产品用途不同可分为：结构钢板、汽车用钢板、船舶用钢板、桥梁用钢板、压力容器用钢板、管线用钢板及其他专用钢板。本使用指南收集了中国标准（GB、YB）、欧洲标准（EN）、欧洲不同国家标准（DIN、BS）、美国标准（ASTM、API）、日本工业标准（JIS）、国际标准化组织标准（ISO）等国家和地区标准132个。

本使用指南可作为含铌钢板生产、加工企业与设计单位的工具书，可满足钢铁企业在生产、使用、科研、设计及国内外贸易等工作中的需要，可使读者系统地了解含铌钢板国内外标准的要求及发展状况，方便相关技术人员查阅，同时也为含铌钢板标准的制定和修订及完善提供方向，以期对中国含铌钢板发展起到积极的促进作用。

由于引用的标准数量较多，加之编者学识和精力有限，书中若有不妥之处，敬请读者批评指正，以便今后改之。

编者

2012年1月

含铌钢板（带）国内外标准使用指南



第一章 概论	3
第一节 术语及定义	3
一、正火轧制	3
二、热机械轧制	4
第二节 各国家和地区常用标准代号说明	6
一、中国标准	6
二、美国标准	6
三、欧洲标准	7
四、SEW 标准	7
五、日本标准	7
六、国际标准	7
七、加拿大标准	7
八、澳大利亚标准	8
九、船级社规范	8
第三节 符号及说明	8
第二章 低合金结构钢	13
第一节 中国标准	13
GB/T 1591—2008 低合金高强度结构钢（概要）	13
GB/T 16270—2009 高强度结构用调质钢板（概要）	20
第二节 美国标准	23
ASTM A242/A242M-04（09）高强度低合金结构钢（概要）	23
ASTM A283/A283M-03（09）低中抗拉强度碳素钢板（概要）	24
ASTM A514/A514M-05（09）可焊接淬火和回火高屈服强度 合金钢板（概要）	25
ASTM A529/A529M-05（09）结构级高强度碳锰钢（概要）	27
ASTM A572/A572M-07 高强度低合金铌-钒结构钢（概要）	28
ASTM A573/A573M-05（09）高韧性碳素结构钢板（概要）	30
ASTM A656/A656M-10 改进可成型性的热轧高强度低合金 结构钢板（概要）	31
ASTM A1008/A1008M-10 碳素结构钢、高强度低合金及改善	

成型性的固溶强化和烘烤硬化高强度低合金冷轧薄钢板 (概要)	33
ASTM A1011/A1011M-10 碳素结构钢、高强度低合金钢、改善成型性的高强度 低合金钢和高强度钢热轧薄钢板和钢带 (概要)	37
ASTM A1018/A1018M-10 普通钢、深冲钢、结构钢、高强度低合金钢、 改善成型性的高强度低合金钢及高强度钢热轧厚钢带 (概要)	42
第三节 欧洲标准	47
EN 10025-1: 2004 结构钢热轧产品 第1部分: 一般交货技术条件 (概要)	47
EN 10025-2: 2004 结构钢热轧产品 第2部分: 非合金结构钢交货 技术条件 (概要)	51
EN 10025-3: 2004 结构钢热轧产品 第3部分: 正火/正火轧制可焊接 细晶粒结构钢交货技术条件 (概要)	57
EN 10025-4: 2004 结构钢热轧产品 第4部分: 热机械轧制可焊接 细晶粒结构钢交货技术条件 (概要)	60
EN 10025-5: 2004 结构钢热轧产品 第5部分: 改进型耐大气腐蚀 结构钢交货技术条件 (概要)	63
EN 10025-6: 2004 结构钢热轧产品 第6部分: 调质高屈服强度 结构钢交货技术条件 (概要)	65
EN 10149-1: 1995 冷成型用高屈服强度热轧扁平材 第1部分: 一般交货技术条件 (概要)	70
EN 10149-2: 1995 冷成型用高屈服强度热轧扁平材 第2部分: 热机械轧制钢交货技术条件 (概要)	73
EN 10149-3: 1995 冷成型用高屈服强度热轧扁平材 第3部分: 正火或正火轧制钢交货技术条件 (概要)	75
第四节 日本标准	77
JIS G3106: 2008 焊接结构用热轧钢材 (概要)	77
第五节 加拿大与澳大利亚标准	81
CAN/CSA G40. 21—2004 结构钢 (概要)	81
AS/NZS 3678—1996 热轧钢板、花纹板和板坯 (概要)	87
第六节 国际标准	90
ISO 4995: 2008 结构级热轧薄钢板 (概要)	90
ISO 4997: 2011 结构级冷轧碳素薄钢板 (概要)	93
ISO 6316: 2008 结构级热轧钢带 (概要)	95
ISO 14590: 2005 高抗拉强度低屈服强度改善成型性的冷轧薄钢板 (概要)	98
第三章 船体用结构钢	103
第一节 中国标准	103
GB 712—2011 船舶及海洋工程用结构钢 (概要)	103
第二节 中国船用规范	110
CCS—2010 中国船级社材料与焊接规范 (钢板要求节选)	110

第三节 美国船用规范	116
ABS—2011 钢质海船入级与建造规范 (钢板要求节选)	116
第四节 法国船用规范	122
BV—2011 法国船级社钢质海船用材料与焊接入级规范 (钢板要求节选)	122
第五节 挪威船用规范	128
DNV—2011 挪威船级社船舶、高速轻型船舶和海军水面 舰艇规范 (钢板要求节选)	128
第六节 德国船用规范	134
GL—2009 德国船级社钢质海船入级与建造规范 (钢板要求节选)	134
第七节 韩国船用规范	141
KR—2011 韩国船级社船用钢材入级规范 (钢板要求节选)	141
第八节 英国船用规范	147
LR—2010 英国船级社钢质海船入级与建造规范 (钢板要求节选)	147
第九节 日本船用规范	154
NK—2011 日本船级社钢质海船入级与建造规范 (钢板要求节选)	154
第十节 意大利船用规范	161
RINA—2011 意大利船级社船体结构及入级规范 (钢板要求节选)	161
第四章 管线钢	169
第一节 中国标准	169
GB/T 14164—2005 石油天然气输送管用热轧宽钢带 (概要)	169
GB/T 21237—2007 石油天然气输送管用热轧宽厚钢板 (概要)	175
第二节 美国标准	177
API SPEC 5L 第 44 版 (概要)	177
第五章 汽车用钢	185
第一节 中国标准	185
GB/T 3273—2005 汽车大梁用热轧钢板和钢带 (概要)	185
GB/T 20887.1—2007 汽车用高强度热连轧钢板及钢带 第 1 部分: 冷成形用高屈服强度钢 (概要)	188
YB/T 4151—2006 汽车车轮用热轧钢板和钢带 (概要)	190
GB/T 5213—2008 冷轧低碳钢板及钢带 (概要)	192
GB/T 20564.1—2007 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带 第 1 部分: 烘烤硬化钢 (概要)	195
GB/T 20564.2—2006 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带 第 2 部分: 双相钢 (概要)	197
GB/T 20564.3—2007 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带 第 3 部分: 高强度无间隙原子钢 (概要)	199
GB/T 20564.4—2010 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带	

第4部分: 低合金高强度钢 (概要)	201
GB/T 20564.5—2010 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带	
第5部分: 各向同性钢 (概要)	203
GB/T 20564.6—2010 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带	
第6部分: 相变诱导塑性钢 (概要)	205
第二节 美国标准	207
SAE J1392—2008 高强度钢热轧、冷轧和涂层薄钢板和钢带 (概要)	207
SAE J2329—1997 汽车用低碳钢薄钢板分类及性能 (概要)	211
SAE J2340—1999 高强及超高强汽车板的分类及抗凹陷性能 (概要)	213
SAE J403—2009 SAE 碳素钢化学成分 (概要)	219
第三节 欧洲标准	223
EN 10111: 2008 冷成型用低碳热连轧钢板和钢带交货技术条件 (概要)	223
EN 10130: 2006 冷成型用低碳钢冷轧钢板供货技术条件 (概要)	224
EN 10268: 2006 冷成型用高屈服冷轧带钢供货技术条件 (概要)	227
第四节 日本标准	230
JIS G3113: 2006 汽车结构用热轧钢板及钢带 (概要)	230
JIS G3131: 2010 热轧低碳钢板及钢带 (概要)	232
JIS G3134: 2006 汽车用加工性良好的热轧高强钢板及钢带 (概要)	234
JIS G3135: 2006 汽车用易加工冷轧高强钢板及钢带 (概要)	236
JIS G3141: 2009 冷轧钢板及钢带 (概要)	239
JFS A1001: 1996 汽车用热轧钢板及钢带 (概要)	245
JFS A2001: 1996 汽车用冷轧钢板及钢带 (概要)	255
JFS A3011: 1996 汽车用合金化热镀锌钢板及钢带 (概要)	263
第五节 德国标准	271
SEW 087—1981 耐候结构钢的供货、加工和使用说明 (概要)	271
SEW 092—1982 冷成型用热轧细晶粒钢质量规范 (概要)	273
SEW 093—1987 冷成型用较高屈服强度微合金钢冷轧钢板和 钢带供货技术条件 (概要)	275
SEW 094—1987 冷成型用高屈服强度含磷钢和烘烤硬化钢冷轧 钢板和钢带供货技术条件 (概要)	277
SEW 095—1987 冷成型用微合金软钢冷轧钢板和钢带 (概要)	279
第六节 国际标准	281
ISO 13887: 2004 改善成型性高屈服强度冷轧薄钢板 (概要)	281
第六章 涂镀板	287
第一节 中国标准	287
GB/T 2518—2008 连续热镀锌钢板及钢带 (概要)	287
第二节 美国标准	298
ASTM A653/A653M-10 热浸镀锌或镀锌-铁合金 (镀锌层退火处理)	

薄板 (概要)	298
ASTM A792/A792M-10 热浸镀 55% 铝-锌合金镀层薄钢板	305
ASTM A1003/A1003M-10 冷成型结构件用金属、非金属涂层碳素钢板	308
第三节 欧洲标准	311
EN 10346: 2009 连续热镀锌扁平产品—交货技术条件	311
第四节 国际标准	319
ISO 4998: 2011 结构级连续热镀锌碳素钢板 (概要)	319
第七章 建筑结构用钢	325
第一节 中国标准	325
GB/T 19879—2005 建筑结构用钢板 (概要)	325
第二节 日本标准	330
JIS G3136: 2005 建筑结构用轧制钢材 (概要)	330
第八章 压力容器用钢	337
第一节 中国标准	337
GB 713—2008 锅炉和压力容器用钢板 (概要)	337
GB 3531—2008 低温压力容器用钢板 (概要)	341
GB 6653—2008 焊接气瓶用钢板和钢带 (概要)	343
第二节 美国标准	345
ASTM A285/A285M-07 压力容器用中、低强度碳素钢板 (概要)	345
ASTM A387/A387M-11 压力容器用铬-钼合金钢板 (概要)	346
ASTM A455/A455M-03 (07) 高强度锰碳钢压力容器用钢板 (概要)	350
ASTM A515/A515M-10 中、高温压力容器用碳钢钢板 (概要)	351
ASTM A516/A516M-10 中、低温压力容器用碳钢钢板 (概要)	353
ASTM A517/A517M-10 压力容器用高强度调质合金钢板 (概要)	355
ASTM A542/A542M-09 铬-钼及铬-钼-钒系压力容器用淬火及 回火合金钢板 (概要)	358
ASTM A612/A612M-07 中、低温压力容器用高强度碳素钢板 (概要)	361
ASTM A735/A735M-03 (07) 中、低温压力容器用低碳 Mn-Mo-Nb 合金钢板标准 (概要)	363
ASTM A737/A737M-09 压力容器用高强度低合金钢板 (概要)	365
ASTM A738/A738M-07 中、低温压力容器用 C-Mn-Si 热处理钢板 (概要)	367
第三节 欧洲标准	370
EN 10028-1: 2007 压力容器用钢板 第 1 部分: 一般要求 (概要)	370
EN 10028-2: 2009 压力容器用钢板 第 2 部分: 具有高温性能的 非合金钢和合金钢 (概要)	375
EN 10028-3: 2009 压力容器用钢板 第 3 部分: 经正火处理的 可焊接细晶粒钢 (概要)	384

EN 10028-4: 2009 压力容器用钢板 第4部分: 具有规定低温性能的镍合金钢 (概要)	389
EN 10028-5: 2009 压力容器用钢板 第5部分: 热机械轧制可焊接细晶粒钢 (概要)	393
EN 10028-6: 2003 压力容器用钢板 第6部分: 淬火和回火可焊接细晶粒钢 (概要)	396
EN 10120: 2008 焊接气瓶用钢板和钢带 (概要)	399
第四节 日本标准	400
JIS G3103: 2007 锅炉及压力容器用碳素钢及钼合金钢板 (概要)	400
JIS G3115: 2011 压力容器用钢板 (概要)	403
JIS G3116: 2010 高压气体容器用钢板和钢带 (概要)	408
JIS G3118: 2010 中、常温压力容器用碳素钢钢板 (概要)	410
JIS G3119: 2007 锅炉和压力容器用锰钼钢和锰钼镍钢钢板 (概要)	413
JIS G3124: 2009 中、常温压力容器用高强度钢钢板 (概要)	416
JIS G4109: 2008 锅炉及压力容器用铬钼钢钢板 (概要)	419
JIS G4110: 2008 高温压力容器用高强度铬钼钢及铬钼钒钢钢板 (概要)	422
第五节 国际标准	424
ISO 9328-1: 2011 压力设备结构用扁平钢材供货技术条件第1部分: 一般要求 (概要)	424
ISO 9328-2: 2011 压力设备结构用扁平钢材供货技术条件第2部分: 规定高温性能的非合金和合金钢 (概要)	429
ISO 9328-3: 2011 压力设备结构用扁平钢材供货技术条件第3部分: 焊接用细晶粒正火钢 (概要)	441
ISO 9328-4: 2011 压力设备结构用扁平钢材供货技术条件第4部分: 规定低温性能的镍合金钢 (概要)	448
ISO 9328-5: 2011 压力设备结构用扁平钢材供货技术条件第5部分: 可焊接细晶粒热机械轧制钢材 (概要)	453
ISO 9328-6: 2011 压力设备结构用扁平钢材供货技术条件第6部分: 可焊接细晶粒淬火回火钢 (概要)	458
第九章 桥梁钢	465
第一节 中国标准	465
GB/T 714—2008 桥梁用结构钢 (概要)	465
第二节 美国标准	470
ASTM A709/A709M-11 桥梁用结构钢 (概要)	470
第十章 耐候钢	475
第一节 中国标准	475
GB/T 4171—2008 耐候结构钢 (概要)	475

第二节 美国标准	478
ASTM A588/A588M-10 屈服强度最低为 50ksi (345MPa)、具有耐大气 腐蚀性能的高强度低合金结构钢 (概要)	478
ASTM A606/A606M-09a 改进耐大气腐蚀性的低合金高强度钢热轧和 冷轧钢板和钢带 (概要)	480
第三节 日本标准	482
JIS G3114: 2008 焊接结构用热轧耐候钢 (概要)	482
JIS G7102: 2000 结构用耐候钢热轧钢板及钢带 (概要)	485
第四节 国际标准	489
ISO 5952: 2011 改善耐大气腐蚀性结构用热连轧钢板 (概要)	489
第十一章 搪瓷钢	493
第一节 中国标准	493
GB/T 13790—2008 搪瓷用冷轧低碳钢板及钢带 (概要)	493
第二节 日本标准	495
JIS G3133: 2009 搪瓷用低碳钢板及钢带 (概要)	495
附 录	501
ASTM A6/A6M-10a 结构用轧制棒材、钢板、型钢和钢板桩的 一般要求 (节选)	501
ASTM A568/A568M-09a 碳素钢、结构钢及高强度低合金钢热轧和 冷轧薄板的一般要求 (节选)	526
ASTM A635/A635M-09b 碳素钢、结构钢、高强度低合金钢和改善 成型性的高强度低合金钢热轧厚钢带的一般要求 (节选)	542
EN 10029: 2010 厚度大于等于 3mm 的热轧钢板——形状及尺寸公差	550
EN 10051: 1992 + A1: 1997 非合金钢和合金钢无涂层连续热轧钢板及 钢带尺寸及外形偏差 (节选)	556
EN 10131: 2006 冷成型用无涂层低碳钢及高屈服强度钢冷轧钢板尺寸 和形状偏差	562
JIS G3193: 2008 热轧钢板及钢带的形状、尺寸、重量及其允许偏差	568

第一章 概 论

第一节 术语及定义	3
第二节 各国家和地区常用标准代号说明	6
第三节 符号及说明	8

第一章 概 论

第一节 术语及定义

根据作者多年来应用标准的经验，把易于混淆争论较多的术语进行汇总比较。

一、正火轧制

1. GB/T 1591 定义的正火轧制

最终变形是在某一温度范围内进行，使材料获得与正火后性能相当的轧制工艺。

2. EN 10025-3 定义的正火轧制

在一定的温度范围内进行最后变形的轧制工艺，可导致材料的状态等于正火后得到的状态，即使在正火后也可保持力学性能的特定值。

注：在国际出版物中，对于正火轧制和热机械轧制两种情况，可能用“控制轧制”表示。然而，从产品不同适用性的观点来看，对这两种术语加以区别是必要的。

3. EN 10149-1 定义的正火轧制（N）

在一定温度下进行最终变形，材料状态等同于正火后的状态，与正火后的力学性能保持相当。交货状态简写为 N。

注：在国际出版物中，用控制轧制来定义正火轧制、热机械轧制，然而，从不同产品用途的观点来看，需要加以区分。

4. EN 10028-1 定义的正火轧制（N）

在一定的温度下进行的最终变形，等同于正火后等到的材料状态，即使正火后仍可保持规定的力学性能值。

5. ABS 规范定义的正火轧制

控制轧制 CR（也称为正火轧制 NR）

控制轧制是一种将过程最终的轧制温度控制在正火热处理常用的温度范围内的方法，这样奥氏体可以完全再结晶。即控制轧制导致材料的状态通常与正火热处理后的状态相同。

6. BV 规范定义的正火轧制

控制轧制 CR（也称为正火轧制 NR）

控制轧制是在正火温度区间内进行最终轧制成型，材料的状态通常相当于正火所得到的状态。

7. DNV 规范定义的正火轧制

正火轧制 NR

终轧温度在高于 A_3 的某一温度范围内，奥氏体发生完全再结晶。终轧后，空冷产生

细晶铁素体-珠光体显微组织，该显微组织与正火热处理后的显微组织相当。

8. GL 规范定义的正火轧制

正火轧制 NW（也称控制轧制）是一种轧制工艺，要求在规定的温度范围内进行最后轧制成型，可使钢材的状态与正火处理后的状态相同，即使再次进行正火处理，也能保持要求的力学性能值。

9. LR 规范定义的正火轧制

正火轧制 NR，也称控制轧制，最终变形在正火温度范围内进行，因此材料的状态等于正火。

10. RINA 规范定义的正火轧制

控制轧制 CR 或正火轧制 NR：最终变形在正火温度区间内，奥氏体发生完全再结晶，使材料的状态通常相当于正火所得到的状态。

11. ISO 9328-1 定义的正火轧制

最终变形过程被控制在特定的温度范围之内，以使材料达到相当于正火处理之后获得的状态，给定的力学性能规定值即使在正火之后也能保持，见图 1。

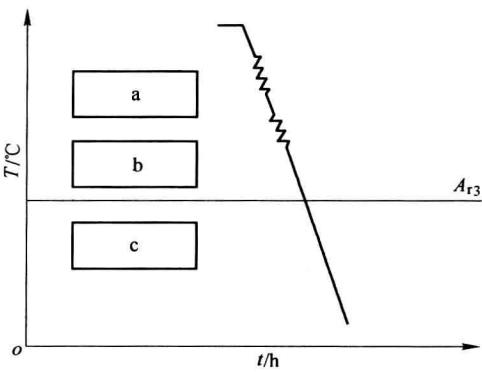


图 1 正火轧制时间-温度曲线

A_{r3} —冷却过程中铁素体开始形成的温度；

a—奥氏体再结晶区域；b—奥氏体非再结晶区域；c—奥氏体加铁素体区域

注：这种交货状态和正火状态的符号为“N”。

二、热机械轧制

1. GB/T 1591 定义的热机械轧制

最终变形是在某一温度范围内进行，使材料获得仅仅依靠热处理不能获得的特定性能的轧制工艺。

注 1：轧制后如果加热到 580℃ 可能导致强度值的降低。如果确实需要加热到 580℃ 以上，则应由供方进行。

注 2：热机械轧制交货状态可以包括加速冷却、或加速冷却并回火（包括自回火），但不包括淬火或淬火加回火。

2. EN 10025-4 定义的热机械轧制

在一定的温度范围内进行最后变形的轧制工艺，导致材料的性能和状态不能仅由热处理来获得或重现。

注1：后续的 580℃ 以上的加热可能会降低强度值。如果温度在 580℃ 以上需要供应商提供参考。

注2：交货状态热机械轧制（M）应包括提高冷却速率后，有或没有回火（包括自回火）工艺，但不包括直接淬火或调质处理。

注3：在一些出版物中 TMCP（热机械控制工艺）也同样被使用。

3. EN 10149-1 定义的热机械轧制

在一定的温度范围内进行最终变形，导致材料的性能只通过热处理不能获得或重现。交货状态简写为 M。

注1：连续加热到 580℃ 以上会降低强度值。如果需要高于 580℃ 的温度，应向供货商提供参考。

注2：导致交货状态为 M 的控制轧制可包括提高冷却速率后，有或没有回火（包括自回火）工艺，但不包括直接淬火或调质处理。

4. ISO 9328-1 定义的热机械轧制

在一定的温度范围内进行最后变形的轧制工艺，导致材料的性能和状态不能仅由热处理来获得或重现（见 ISO4885）。

热机械轧制（M）可以包括提高冷却速率、回火或没有回火处理（可以含自回火），但绝不包括直接淬火和回火。

注：在国际出版物中可用控制轧制来描述正火轧制和热机械轧制。但是，对于产品不同的应用，仍需要加以区分。

5. ABS 规范定义的热机械轧制

热机械轧制 TM（热机械控制工艺 TMCP）

热机械控制工艺需要严格控制钢的温度和轧制变形量。通常，高轧制变形量发生在靠近或低于 A_3 转变温度，也可以涉及在临界两相区这种更低的温度范围内，因此允许极少量奥氏体发生再结晶。与控制轧制（CR）不同，TM（TMCP）工艺得到的性能是不能用后续的正火处理或其他热处理方法重现的。

经船级社同意，允许使用轧制完成后的加速冷却工艺。

6. BV 规范定义的热机械轧制

热机械轧制 TM（热机械控制轧制 TMCP）

该工艺严格控制钢的温度和轧制压下量。通常，轧制大压下量是在接近 A_3 转变温度时进行，并可包括在两相区内轧制。不同于控制轧制（正火轧制），TM（TMCP）工艺得到的性能不能由随后的正火处理或其他热处理方法重现。

经船级社同意，可以在 TM 轧制后进行加速冷却。在 TM 轧制完成后可以进行回火。

7. DNV 规范定义的热机械轧制

热机械轧制（TM）：需要控制轧制温度、压下量和加速冷却条件。通常，在接近 A_3 温度时完成大部分轧制压下量，并在奥氏体-铁素体两相区轧制。轧制后，进行空冷或加速冷却，但不进行淬火。热机械轧制（TM）可以认为是终轧温度与正火轧制（NR）在相同的范围但随后进行加速冷却。TM 产生的性能不能被随后的正火热处理方法重现。

8. GL 规范定义的热机械轧制

热机械轧制（TM）是一种轧制工艺，要求认真地监视轧制温度和每个道次的压下量。当可以在两相区进行轧制时，轧制大压下量都是在接近相变温度 A_3 上限时完成的。与正