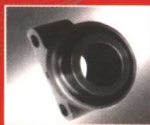
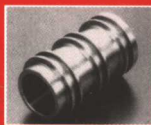


谢水生 刘静安 黄国杰 编著

铝加工生产技术 500问



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

谢水生 刘静安 黄国杰 编著

铝加工生产技术 500问



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

铝加工生产技术 500 问/谢水生, 刘静安, 黄国杰编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 4

ISBN 7-5025-8577-X

I. 铝… II. ①谢…②刘…③黄… III. ①炼铝-问答②铝合金-生产工艺-问答 IV. ①TF821-44②TG146. 2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 038733 号

铝加工生产技术 500 问

谢水生 刘静安 黄国杰 编著

责任编辑: 丁尚林

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 九九设计工作室

*

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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市万龙印装有限责任公司装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 21 $\frac{3}{4}$ 字数 605 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8577-X

定 价: 45.00 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

前 言

由于铝及铝合金材料具有一系列的优良特性，已广泛应用于国民经济的各个领域，如航空航天、交通运输、电子通讯、建筑装饰、包装容器、机械电气、石油化工、能源动力、家电五金、文体卫生等行业，成为发展国民经济与提高人民物质生活和文化生活水平的重要基础材料。

可喜的是，近二十年来，我国的铝加工业发展十分迅速，其产量已从 1980 年不到 30 万吨，发展到 2005 年的 583.7 万吨。同时，出现了许多的新材料、新技术、新工艺及新设备。我国已经成为名副其实的铝业大国。

从事铝加工生产第一线的技术和工作人员，经常会遇到各种技术质量问题需要解决。但是目前尚没有专门的书籍，广大读者都急切盼求有一本能深入浅出解答铝加工生产中常见的技术、质量难题的技术读物。为此，在化学工业出版社的策划和建议下，作者组织编写了这本《铝加工生产技术 500 问》。经过详细调研和分析，精选了在铝加工生产过程中容易出现的 500 多个技术问题，并以问答形式进行编写。

本书除作者多年的研究成果及生产经验总结外，主要参考了《铝加工技术实用手册》一书，并且在编写过程中还参考或引用了国内外一些企业和专家学者诸多珍贵的研究成果。由于主要参考了《铝加工技术实用手册》，因此，该手册的有关章节的作者也应是本书作者。

本书在编写过程中，还得到了中国有色金属学会的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了许多国内外专家、学者十分珍贵的资料及著作等，在此表示真诚的谢意。

作者真诚地希望本书所列问题能为读者提供一些有益的启迪，但由于本书涉及的问题涵盖整个铝加工过程，加上时间仓促，尽管经过反复修改调整及多次校正，但在一些问题的叙述及协调上仍有许多不足之处，恳请广大读者批评指正并提出宝贵意见。

编著 者

2006 年 5 月

目 录

第 1 章 铝及铝合金材料加工技术基础知识	1
1 纯铝的主要物理性能?	2
2 纯铝的主要化学性能?	3
3 铝的基本特点与主要应用领域?	4
4 什么是电解铝?	5
5 什么是高纯铝?	5
6 什么是可热处理强化铝合金?	5
7 按合金状态图和热处理, 铝合金可分为哪几类?	6
8 铸造铝合金应具有哪些特性?	7
9 我国铸造铝合金牌号的表示方法?	8
10 我国铸造铝合金的铸造方法、变质处理及状态代号?	8
11 ISO 标准的铸造铝合金的牌号的表示方法?	9
12 美国铸造铝合金的牌号的表示方法?	9
13 日本重力铸造用铝合金有哪些? 其特点怎样?	10
14 日本压力铸造用铝合金有哪些? 其特点怎样?	12
15 我国的变形铝合金牌号是怎样表示的?	13
16 我国变形铝合金的新旧牌号对照?	14
17 ISO 的变形铝合金牌号是怎样表示的?	16
18 美国的变形铝合金牌号是怎样表示的?	17
19 日本的变形铝合金牌号是怎样表示的?	18
20 我国的变形铝合金材料状态的表示方法?	18
21 ISO 的变形铝合金材料状态的表示方法?	24
22 美国的变形铝合金材料状态的表示方法?	26
23 日本的变形铝合金材料状态的表示方法?	29
24 变形铝合金有哪些化学特性?	29
25 添加合金元素(铜、硅、镁、锰、锌)对组织性能的影响?	31

26	添加微量元素对组织性能的影响?	33
27	稀土元素添加的主要作用是什么?	34
28	变形铝合金中杂质元素对组织性能有什么影响?	35
29	1×××系铝合金的特点、主要杂质及所起的作用?	36
30	1×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	37
31	2×××系铝合金的特点、主要合金元素及所起的作用?	38
32	2×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	43
33	3×××系铝合金的特点、主要合金元素及所起的作用?	44
34	3×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	45
35	4×××系铝合金的特点、主要合金元素及所起的作用?	46
36	4×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	47
37	5×××系铝合金的特点、主要合金元素及所起的作用?	47
38	5×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	49
39	6×××系铝合金的特点、主要合金元素及所起的作用?	51
40	6×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	53
41	7×××系铝合金的特点、主要合金元素及所起的作用?	54
42	7×××系铝合金的品种及典型用途? 试举例说明?	58
43	铝材塑性成型的方法?	59
44	铝材塑性成型的新方法有哪些?	60
45	热变形对铝材铸态组织的影响?	61
46	冷变形对铝材内部组织和性能的影响?	61
47	铝合金的主要热处理方式有哪几种?	62
48	什么是固溶和脱溶?	63
49	如何合理选择变形铝合金固溶处理时间?	63
50	如何合理选择变形铝合金的淬火工艺参数?	64
51	什么是自然时效和人工时效?	65
52	淬火和时效对铝合金性能的影响?	65
53	什么是变形铝合金的回归现象?	66
54	利用回归热处理来恢复塑性应注意哪些问题?	66
55	什么是变形铝合金的回复和再结晶?	67
56	再结晶温度受哪些因素影响?	68
57	影响再结晶晶粒大小的因素有哪些?	69
58	Al-Li 合金主要有哪几种、各元素的主要作用?	72

59	什么是超轻铝合金？	73
60	Al-Sc 合金有什么特点？	73
61	什么是软铝合金？	73
62	什么是新型高强耐热铝合金？	74
63	什么是中强可焊铝合金？	74
64	什么是防爆铝合金？	75
65	什么是多孔铝合金？	75
66	什么是球形铝粉？	75
67	什么是铝基轴瓦合金？	76
68	什么是超塑性铝合金？	76
69	什么是再生铝？	77
70	粉末冶金高强和耐热铝合金主要有哪些，有何特点？	77
71	铝基复合材料可以分为哪几种类型，有何特点？	78

第 2 章 铝及铝合金熔炼铸造技术 81

72	铝合金熔炼的特点及典型的熔炼工艺流程？	82
73	铝合金熔炼的常用方法？	84
74	铝合金熔炼炉内气体的溶解机理？	85
75	铝合金熔炼炉的炉气成分？	86
76	影响熔炼炉中气体含量的因素？	87
77	熔炼铝合金时为什么要选择微氧化性气氛？	88
78	铝熔体中氢的溶解及影响含氢量的因素？	89
79	熔炼炉内铝合金与氧的作用？	91
80	熔炼炉内铝合金与氮的作用？	93
81	熔炼炉内铝合金与一氧化碳、二氧化碳的作用？	94
82	熔炼炉内铝合金与碳氢化合物的作用？	94
83	合金熔炼炉内气氛中水的来源？	94
84	怎样控制铝合金熔炼炉的炉压？	95
85	新熔炼炉开炉前应做好哪些准备工作？	96
86	烘炉制度及注意事项？	97
87	洗炉的原则及方法？	99
88	备料应注意哪些事项？	102
89	配料的基本原则、任务和程序？	102

90	什么叫计算成分? 怎样确定?	104
91	怎样确定每熔次的理论配料量和实际配料量?	104
92	废料使用前的加工处理方法?	106
93	为什么要制定合金成分内部标准及制定的依据?	107
94	铝合金熔炼炉装料的原则?	110
95	常用新金属的特点和涂色标志?	111
96	中间合金的基本要求? 常用中间合金及生产方法?	112
97	直接熔合法生产铝中间合金的典型工艺流程及注意事项?	113
98	怎样熔制铝-钛中间合金?	115
99	熔制 Al-Si、Al-Mn、Al-Cu 中间合金应注意的问题?	116
100	怎样对铝熔体进行保护?	117
101	熔剂的覆盖性和分离性? 常用的覆盖剂及基本要求?	118
102	精炼剂的基本要求? 常用的精炼剂及注意事项?	119
103	四氯化碳和六氯乙烷的精炼机理及精炼工艺要点?	123
104	无毒精炼剂的工作原理及作用?	124
105	熔剂为什么既能除渣又能除气?	124
106	铝合金熔体的过滤方法及过滤机理?	125
107	玻璃布过滤的主要优缺点? 使用中应注意的问题?	127
108	什么是泡沫陶瓷过滤器? 使用中应注意的问题?	128
109	在熔化炉料过程中应注意哪些问题?	129
110	怎样在线进行铝合金成分调整?	132
111	影响烧损的主要因素有哪些?	133
112	采用流管法倒炉时应注意哪些问题?	134
113	什么叫清炉? 怎样清炉?	136
114	铝合金熔炼时的温度控制原则?	137
115	影响火焰长度的因素有哪些?	139
116	熔体净化的目的及要求?	140
117	几种铝合金熔体脱气方法的原理及特点?	140
118	铝合金熔体的除渣原理及特点?	141
119	铝熔体中存在的固态非金属夹杂物及它们的主要来源?	144
120	铝熔体中金属杂质的主要来源?	144
121	几种铝合金吸附净化的方法?	145
122	什么是非吸附净化? 可以分为哪几种?	152

123	在线除气方法有哪几种?	153
124	什么是铝合金的变质处理? 常用的变质剂有哪些?	153
125	炉体净化技术的发展趋势?	159
126	铝合金铸造常用的方法及主要特征?	160
127	铝合金铸锭的组织特征?	163
128	连续铸造与锭模铸造的比较?	164
129	卧式连续铸造与立式连续铸造的比较?	165
130	铝合金半连续铸造的工艺流程?	166
131	连续铸造的主要工艺参数?	168
132	冷却速度对铸锭质量有什么影响?	168
133	怎样确定连续铸造的冷却水量和水压?	170
134	铸造速度对铸锭质量的影响?	171
135	如何选择铸造扁锭、圆锭、空心锭的速度?	173
136	铸造温度对铸锭质量的影响? 怎样确定铸造温度?	174
137	结晶器的基本要求及其高度对铸锭质量的影响?	176
138	常用圆铸锭结晶器的结构特点及其主要尺寸的确定?	177
139	常用空心圆铸锭结晶器的结构特点及其主要尺寸的确定?	180
140	铝合金扁锭用结晶器类型及特点?	181
141	纵向压延铝合金扁锭的铸造及其主要工艺参数?	181
142	横向压延铝合金扁锭的铸造及其主要工艺参数?	183
143	2×××、5×××、7×××系铝合金铸造的工艺特点?	185
144	铝合金圆锭铸造前应进行哪些准备?	187
145	大直径与小直径圆锭的铸造工艺各有哪些特点?	187
146	铝合金空心锭铸造前的准备工作及铸造工艺特点?	188
147	锻造用铝合金铸锭的铸造工艺特点?	189
148	铝合金无模电磁铸造的原理及特点?	189
149	无模电磁铸造的主要工艺参数及选择原则?	193
150	什么是热顶铸造? 其优缺点?	194
151	什么叫UCD? 它对铸锭的表面质量有什么影响?	195
152	热顶铸造时的主要工艺参数有哪些? 怎样确定?	196
153	热顶铸造铸坯的主要缺陷? 怎样克服和防止?	198
154	什么叫温度过冷? 连续铸造结晶前沿的温度分布特点?	199
155	铝合金冷却凝固、结晶和晶体生长的特点?	200

156	连续铸造中铸坯的冷却和凝固过程？	201
157	如何测定液穴的形状和深度？	204
158	铝合金铸锭均匀化退火的目的及作用？	207
159	工业常用铝合金的均匀化退火制度？	208
160	结晶器常用的材质及加工工艺？	209
161	结晶器用石墨材料的基本要求是什么？	210
162	结晶器润滑油的基本要求是什么？	210
163	对连续铸造用冷却水的基本要求是什么？	211
164	连续铸造中使用漏斗时应注意哪些问题？	212
165	涂料的作用是什么？怎样配置和涂覆涂料？	213
166	什么是水玻璃？对水玻璃的技术要求是什么？	214
167	什么是石棉？常用的石棉制品及使用时应注意的问题？	215
168	什么叫硅酸铝纤维？它具有哪些重要的特性？	216
169	什么叫耐火材料？对铝熔炉耐火材料的基本要求是什么？	216
170	常用的铝合金熔炼炉材料有哪几种？其优缺点？	217
171	什么是发生炉煤气？什么是天然气？	218
172	电阻反射式熔铝炉常采用的电热体材料及主要性能？	219
173	铝合金熔炼炉的基本要求？常用的加热炉分类？	220
174	电阻反射式熔炼炉的工作原理及其结构特点？	222
175	直热式燃料加热熔炼炉的特点？	224
176	感应电炉的特点？	224
177	静置炉的基本要求及主要结构特点？	225
178	火焰反射炉的烟道为什么必须定期清扫？	226
179	铝熔体爆炸的机理及预防措施？	227

第3章 铝合金管、棒、型、线材生产技术

180	铝合金棒材和线材的品种与规格？	230
181	铝合金型材的品种与规格？	230
182	铝合金管材的品种与规格？	234
183	铝合金型、棒、线材的工艺流程？	238
184	铝合金管材的生产方式与工艺流程？	240
185	铝合金挤压方法及挤压机的分类？	244
186	铝合金挤压成形法的特点？	246

187	铝合金挤压制品的组织与性能特点?	248
188	铝合金挤压成形的几个主要变形参数计算?	250
189	铝合金型材的挤压工艺参数的选择?	252
190	铝合金成形时影响挤压力的主要因素?	258
191	如何计算成形时的挤压力?	261
192	热挤压生产管材的方法及特点?	263
193	挤压法生产管材的操作要点?	266
194	热挤压生产空心型材的特点及生产工艺?	267
195	民用铝合金建筑型材的特点及生产工艺?	269
196	反向挤压铝合金的特点及生产工艺?	273
197	冷挤压铝合金管材的特点及生产工艺?	276
198	二辊冷轧(管)成形的原理及优缺点?	278
199	多辊冷轧(管)成形的原理及优缺点?	283
200	影响轧制力(二辊式冷轧管法)的主要因素?	285
201	常见二辊式冷轧管机的主要工艺性能?	287
202	铝合金的拉伸及其特点?	288
203	实现拉伸所需要的条件?	289
204	拉伸时润滑的目的及对铝合金润滑剂的要求?	290
205	影响线材拉伸力的主要因素有哪些?	290
206	管材拉伸方法的分类及特点?	291
207	铝合金旋压的分类和特点?	297
208	变薄旋压的变形过程?	300
209	铝合金管、棒、型、线材退火工艺制度?	300
210	铝合金管、棒、型、线材淬火工艺制度?	303
211	铝合金管、棒、型材精整矫直方法选择的基本原则?	309
212	铝合金管材的精整矫直工艺要求及质量控制?	310
213	铝合金棒材的精整矫直工艺要求及质量控制?	312
214	铝合金型材的精整矫直工艺要求及质量控制?	314
215	Conform 连续挤压的基本原理及工艺特点?	319
216	有效摩擦反向挤压的基本原理及工艺特点?	321
217	多坯料挤压法的基本原理及工艺特点?	323
218	挤压工具的分类?	325
219	挤压模具的分类?	325

220	铝合金挤压工模具的工作条件?	326
221	铝型材挤压工模具材料的要求?	328
222	挤压筒的结构形式及加热方式?	329
223	怎样选择挤压筒与模具平面的配合方式?	330
224	怎样确定挤压筒的长度 $L_{筒}$?	331
225	怎样进行挤压筒的强度校核?	332
226	挤压轴有哪些类型, 其简要结构如何?	334
227	铝合金挤压模具设计的原则与步骤?	335
228	棒材模模孔数目的选择原则?	338
229	无缝圆管挤压模具的尺寸设计?	338
230	多孔型材模孔数目的选择原则是什么?	340
231	分流组合模的分类及主要特点?	341
232	阶段变断面型材模具的结构要素与设计特点?	343
233	宽展模的特点、典型结构及主要尺寸?	344
234	冷挤压模具设计的结构特点?	346
235	铝型材挤压模具制造工艺流程?	346
236	铝型材挤压模具的修模原理及修模方法?	347
237	怎样提高挤压工模具的使用寿命?	348
238	怎样科学管理挤压模具?	350
239	拉拔模的结构特点及形状?	351
240	常用的拉伸设备有哪几种?	352
241	双链拉伸机与单链拉伸机相比有什么优点?	352

第4章 铝及铝合金板带箔材生产技术 355

242	铝合金板带箔材的生产工艺流程?	356
243	轧制加工的主要特点?	357
244	轧件的咬入条件及改善咬入的措施?	357
245	轧制变形的基本参数?	360
246	轧制过程的前滑与后滑?	361
247	轧制宽展及影响因素?	363
248	轧制压力的确定方法?	364
249	轧制过程的温度变化规律?	366
250	轧机的刚度及影响因素?	368

251	轧件塑性特性曲线及影响因素？	369
252	板厚控制原理及方法？	369
253	热轧及其特点？	371
254	热轧铸锭头、尾的处理方法？	372
255	热轧铸锭的表面处理方法？	373
256	铝合金热轧温度的确定？	375
257	热轧速度的确定？	376
258	热轧压下制度的确定原则？	376
259	热轧冷却润滑的目的？	377
260	热轧乳化液的基本功能及组成？	378
261	怎样配制铝合金热轧用乳化液？	379
262	怎样维护管理热轧乳化液？	381
263	铝合金的热轧机型主要有哪几种？	382
264	热轧机的主要结构？	383
265	先进热轧机采用的新技术及新装置？	384
266	板带连铸连轧的主要生产方法？	386
267	双辊连续铸轧的分类及工艺流程？	386
268	铝合金连续铸轧的主要工艺参数？	388
269	连续铸轧辊的组成？	391
270	如何确定连续铸轧辊凸度？	391
271	提高铸轧辊使用寿命的注意事项？	392
272	铸轧用冷却水的要求？	393
273	防止铸轧辊辊面粘连的措施？	394
274	铝合金薄板高速铸轧的特点及条件？	395
275	连铸连轧和连续铸轧的区别及特点？	396
276	冷轧及其特点？	397
277	冷轧机的主要类型？	397
278	冷轧压下制度的确定原则？	400
279	冷轧张力大小的确定？	400
280	冷轧张力的作用？	401
281	冷轧厚度控制系统的组成？	401
282	冷轧用润滑剂的要求？	403
283	铝合金冷轧用轧制油的控制与维护？	404

284	现代化冷轧机列的组成？	406
285	铝合金纵切机列的作用及组成？	406
286	铝合金横切机列的作用及组成？	407
287	板带材精整矫直的主要方式？	408
288	辊式矫直工艺的操作要点？	408
289	钳式拉伸矫直工艺的操作要点？	410
290	连续张力矫直工艺及特点？	410
291	连续拉伸弯曲矫直工艺及特点？	411
292	铝合金厚板盐浴炉加热方式淬火的特点？	412
293	铝合金厚板空气炉加热方式淬火的特点？	413
294	影响拉伸板平直度的因素及板坯尺寸的选择？	413
295	板带材的涂油方法？	414
296	铝箔产品的分类？	415
297	什么是电容器阳极、阴极膜（箔）？	417
298	铝箔生产的工艺流程？	417
299	铝箔坯料质量的技术要求？	418
300	影响铝箔轧制质量的因素？	419
301	怎样选择生产铝箔的道次加工率？	420
302	影响铝箔轧制速度的因素？	421
303	铝箔轧制过程中的速度效应？	423
304	铝箔轧制中厚度的测量方法？	423
305	铝箔轧制油的性能要求？	424
306	预防高速铝箔轧制发生火灾的措施？	424
307	铝箔成品退火的种类？	425
308	铝箔成品退火工艺参数的选择？	426
309	铝箔卷的防腐措施？	428
310	铝箔生产的发展方向？	429
311	现代化铝箔轧机的主要设备组成？	431
312	板形的定量表示法？	431
313	板凸度及其与板形的关系？	433
314	发生边部减薄的原因？	434
315	弯辊系统的分类？	435
316	轧辊交叉系统？	436

317	二辊轧机的辊型挠度计算?	437
318	四辊轧机的辊型挠度计算?	438
319	冷轧板形控制系统的组成?	439
320	板形补偿包括哪几个方面?	440
321	应该怎样对轧辊进行管理?	440
322	延长轧辊使用寿命的主要措施?	441
323	轧辊磨床和外圆磨床的区别?	442
第 5 章 其他铝合金加工及制备技术		443
324	铝合金锻造的主要方法及特点?	444
325	镦粗及其工艺参数的确定?	446
326	拔长及其工艺参数的确定?	447
327	冲孔及其工艺参数的确定?	448
328	扩孔及其工艺参数的确定?	450
329	自由锻工艺的制订?	451
330	开式模锻及分模线位置的选择?	454
331	闭式模锻时需要注意的问题?	455
332	冲孔连皮厚度的设计?	455
333	铝合金锻件肋条有哪几种类型?	457
334	铝合金锻造温度范围的选择?	458
335	常用铝合金锻压设备及其特点?	462
336	铝及铝基合金粉的分类?	462
337	铝粉的生产方法?	464
338	常用的雾化制粉法及特点?	465
339	常用的机械粉碎法及特点?	466
340	涂料铝粉的特点及应用?	467
341	烧结铝粉的特点及应用?	468
342	铝-镁合金粉的特点及应用?	468
343	铝-硅合金粉的特点及应用?	469
344	铝银浆合金粉的特点及应用?	470
345	雾化制粉横喷工艺流程?	471
346	雾化制粉上喷工艺流程?	474
347	湿法磨粉工艺流程?	474

348	铝-镁合金粉熔铸-球磨工艺流程？	475
349	铝粉雾化-球磨工艺流程？	477
350	超细铝粉和纳米铝粉？	478
351	纳米铝粉的制备方法？	478
352	铝及铝合金材中杂质的危害及预防？	481
353	粉末冶金铝合金制品的应用？	482
354	测量铝粉粒度的常用方法？	483
355	铝粉的静电特性？	484
356	粉尘爆炸的条件及防止？	484
357	固相复合生产铝基复合材料的方法？	485
358	液相复合生产铝基复合材料的方法？	491
359	铝基复合材料的主要应用？	493
360	铝及铝合金材料的焊接特点？	495
361	铝合金半固态加工成形的特点？	495
362	铝材表面处理的基本方法及特点？	496
363	铝合金挤压材的着色方法？	497
364	着色铝箔产品的质量要求？	497
365	亲水箔的质量要求？	498
366	铝材在轨道交通上的应用？	498
367	铝材在汽车工业上的应用？	503
368	铝材在船舶、舰艇上的应用？	507
369	铝材在集装箱和冷藏箱上的应用？	508
370	铝材在摩托车和自行车上的应用？	509
371	铝材在航空航天上的应用？	512
372	铝材在建筑业的应用？	513
373	铝材在包装容器上的应用？	515
374	铝材在输电导体上的应用？	516
375	铝材在机械制造上的应用？	517
376	废铝行业的名词术语有哪些？	519

第 6 章 铝加工产品的质量控制及缺陷分析 521

377	铝加工中污染物的主要来源及危害？	522
378	铝合金铸锭的质量要求？	526