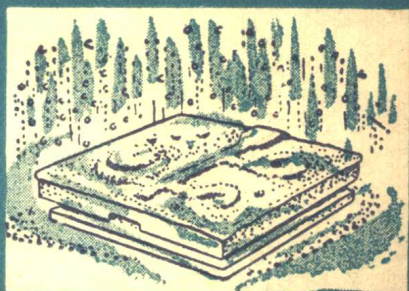


壳型精密铸造

肖 柯 則
胡 怀 默
薛 云 安 編著



中国工业出版社

壳型精密铸造

肖柯则 胡怀默 薛云安 编著

中国工业出版社

本书是以第一机械工业部机械科学研究院与清华大学联合组织的“壳型研究组”的研究成果为基础，并参考其他一些国内外资料编写而成的。书中尽可能编入了近几年来在壳型铸造方面的理论研究、发展趋势和实际工作经验。包括壳型铸造原材料的选择与配制、模型装备（模板、芯盒）的设计、工艺参数的研究，以及工序机械化与车间设计举例。其中还较深入地分析了几种零件应用壳型铸造生产的实例，可供选用这一新技术时参考。

本书可供从事铸造生产工作的工程技术人员、研究人员以及大专学校铸造专业的师生参考。

壳 型 精 密 铸 造

肖柯则 胡怀默 薛云安 编著

*

机械工业图书编辑部编辑（北京苏州胡同141号）

中国工业出版社出版（北京东黄城根路西10号）

北京市书刊出版业营业许可出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经销

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $12^{9/16}$ ·字数294,000

1964年10月北京第一版·1964年10月北京第一次印刷

印数0001—6,190·定价（科六）1.90元

*

统一书号：15165·3154（一机-669）

序

壳型鑄造提供的高质量鑄件毛坯，表面光洁度一般可达4~5級，尺寸精确度可达5~7級，基本上可以免去粗加工工作量，是一种在一定条件下极为有利的鑄造新技术。

采用这种鑄造工艺，由于过程简单，工序明确，极易实行机械化与自动化，有效地提高劳动生产率，改善劳动条件，減輕体力劳动，有可能使生产面貌根本改变。

当然在推行这项新技术时，也存在着不同的看法，其主要理由是，我国目前树脂产量不高。但在党的英明领导下，我国塑料工业已經得到了迅速的发展。随着我国有机合成化学工业的建立，广泛开展綜合利用农副业产品、燃料及废料，树脂的产量也将会大大增长，为发展精密鑄造所需的树脂是完全可以得到滿足的。何况鑄造生产对树脂的需要，也将对树脂的生产或类似的热固性粘結剂的生产起一定的促进作用。可以相信，具有显著經濟效果的壳型精密鑄造方法，在近期内，在不同的工业部門，不同程度上，将以更好的效果，为我国国民經济的迅速发展服务。

本书是在总结我国壳型鑄造方法研究成果和生产經驗的基础上編写成的。书中的某些論点是作者在研究工作中的粗浅認識，看法上不够全面或錯誤之处在所难免，尙祈讀者指正和批評。

书中的部分資料是前壳型研究組的研究成果。参加研究且提出論文的有鮑紉秋、方元、王克术、陈毅永、傅朝荣、余昌文、黃恢元、柳百成、謝美娟、吳期伟和任长兴等同志。由于他們的辛勤劳动，本书方获得实际可行的資料，作者謹致以深切的謝意。

統一書

15165·3154 (一)

定 价：1.90 元

目 录

序

第一章 緒論	1
一、壳型鑄造方法的基本概念	1
二、壳型鑄造发展历史	3
三、壳型鑄造的优缺点	4
四、壳型鑄造今后的发展趋势	12
参考文献	13
第二章 粘結剂——树脂	15
一、树脂的基本知識	15
二、树脂砂粘壳过程的基本概念	19
三、壳型用树脂的性能和种类	22
四、树脂的代用品問題	27
参考文献	38
第三章 砂子的选择和处理	39
一、砂子的选择	39
二、砂子的处理	47
第四章 型砂表面活性处理	50
一、处理方法	51
二、活性砂的特性	55
三、活性砂的物理性能檢驗	62
四、二氧化硅多晶相变对活化性能的影响	64
五、二氧化硅含量与挥发物对活化性能的影响	67
六、活性砂的适用性	69
参考文献	73
第五章 干混树脂砂混合料的配制	74
一、树脂的粉碎	74
二、粉碎机的选择	75
三、树脂的粒度檢驗与控制	77
四、混砂过程研究	78
五、湿润剂	80

六、混砂设备的选择	85
参考文献	93
第六章 冷法复膜砂的配制	94
一、冷法复膜砂的优点	94
二、复膜砂的组织	95
三、复膜砂原材料	99
四、复膜工艺	102
五、冷法复膜砂混砂设备	108
参考文献	115
第七章 热法复膜砂的配制	117
一、热法复膜砂的发展	117
二、废壳回收与砂子加热	119
三、热法复膜工艺	121
四、热法复膜设备	123
五、空气(风动)运输	134
参考文献	139
第八章 模板设计与制造	141
一、模板材料	142
二、模板尺寸的选择	148
三、模板设计方案及制造技术条件	149
四、模板的变形及其防止方法	166
五、成形模板与漏模板	168
第九章 芯盒设计	169
一、芯盒材料	170
二、芯盒设计的原则及经验数据	171
三、芯盒的变形及防止方法	179
四、芯盒式模板	183
参考文献	184
第十章 造型工艺	185
一、模板的清洁处理	185
二、分型剂的选择及涂布	187
三、翻斗制壳过程	194
四、翻斗制壳的温度时间规范	195
五、几种新颖的制壳工艺	199
六、壳芯制造工艺	222

参考文献	225
第十一章 合型、浇注与清理	226
一、合型	226
二、型壳粘合	230
三、填充料的选择和处理	236
四、壳型浇注时金属与铸型的相互作用	243
五、壳型铸钢	248
六、壳型铸件的清理	252
参考文献	253
第十二章 技术检查与废品分析	255
一、技术检查	255
二、废品分析	266
参考文献	271
第十三章 壳型铸造生产实例	273
一、曲轴的壳型铸造	275
二、风冷气缸体的壳型铸造	290
三、齿轮类零件的壳型铸造	296
四、壳型铸件代替锻件的实例	306
五、壳型铸件代替砂型铸件的实例	317
六、壳型迭浇	320
七、壳芯	327
参考文献	337
第十四章 造型制芯及合型设备	338
一、造型机的基本组成	338
二、生产用的造型机	345
三、制芯设备	360
四、合型设备	364
参考文献	369
第十五章 壳型铸造车间设计	370
一、壳型铸造车间的组成	370
二、壳型铸造车间的特点	370
三、影响车间设计的几个因素	371
四、几个壳型铸造车间的例子	377
参考文献	396

第一章 緒 論

一、壳型铸造方法的基本概念

从造型材料看，壳型鑄造也采用来源广泛的硅砂为主要原料，承袭了普通砂型鑄造能够就地取材、生产方便的优点。再从造型过程看来，壳型是在获得了較高强度以后，方进行拔模的，免除了普通砂型鑄造过程中拔模时对型腔尺寸的影响，因而壳型內腔尺寸精确，浇鑄后得到的鑄件精度亦高。

壳型造型工艺和机器造型相似，需要一块金属模板（图1—1）。但这块模板無論在材料上、制造精度（尺寸精度、光洁度）上都要求比普通砂型鑄造所用的为高。将这块模板加热后（ $180\sim 240^{\circ}\text{C}$ ），先喷涂一层分型剂，然后用某种方式（翻斗、吹成等方法），将砂子同人造树脂粉末（占砂之重量4~8%）組成的混合料撒布在預热后的模板上（图1—2）。由于树脂遇热后特性变化，貼近模板的薄层混合料（3~15毫米）便相互粘結，并附着在模板上。除去未粘附的树脂砂混合料。将模板与其表面之

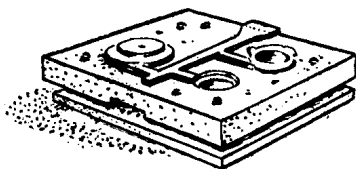


图 1—1 壳型鑄造用模板。

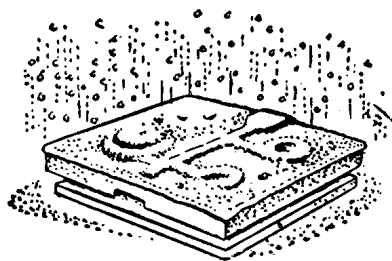


图 1—2 撒砂。

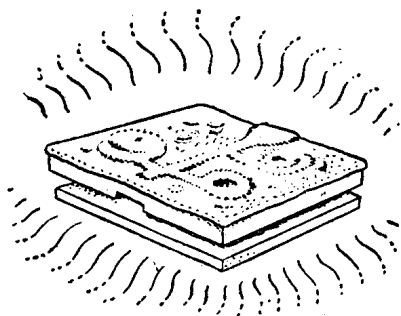


图 1—3 焙烧（硬化）型壳。

薄层混合料放入炉内 ($350 \sim 420^{\circ}\text{C}$) 焙烧 (图1—3)。经过两分钟或更少的时间, 附着在模板上的薄层混合料便结壳硬化。

为了从模板上取下型壳^①, 可迫使模板内部的顶杆上升, 使型壳与模板分离 (图1—4)。这样得到的型壳可以长期储存而不会变质。

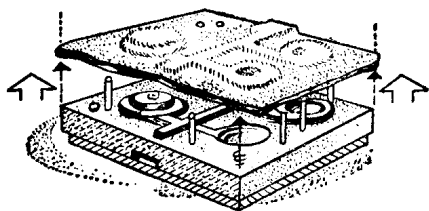


图 1—4 顶出型壳。

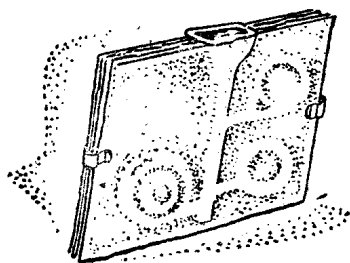


图 1—5 用夹子夹紧的两块型壳。

将分别按照上述过程作得的上下两半型壳合拢, 并加以紧固或粘牢 (图1—5用夹子夹紧), 装在箱内, 采用与熔模铸造类似的垫背方法, 用铁丸、砂粒等在铁箱内填实壳型四周, 即可进行浇注 (图1—6)。浇注时, 树脂燃烧, 铸件周围壳型焚毁。落砂时只要将铸件从垫背材料中取出即可 (图1—7)。

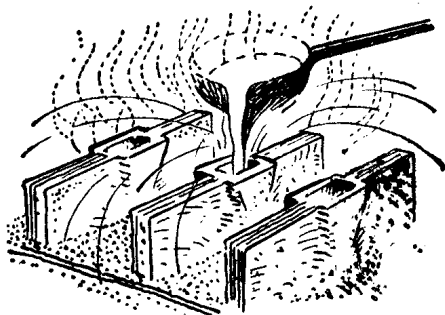


图 1—6 夹紧的壳型装在箱内,
用铁丸垫背后浇注。

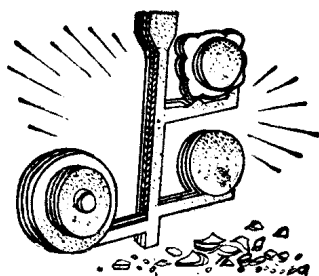


图 1—7 落砂后的壳型铸件。

① “型壳”是指单片的树脂砂烧结体; “壳型”是指多件型壳组合起来的铸件整体。

二、壳型铸造发展历史

作为一种鑄型結構來說，壳型鑄造的发展在很早便开始了，然而利用树脂砂作为壳型鑄造材料还只是近十多年来的事情。

我国是最早懂得在鑄型結構上利用壳型来浇鑄鑄件的。早在三千年前的殷周时代，便用薄壳泥型浇鑄出名馳中外的青銅艺术鑄件。在当时这可能是唯一的鑄造方法。

研究安阳殷墟小屯出土的百多件泥制鑄型（古时称“型”为“范”），有可能使我們对过去的壳型鑄造方法进一步肯定：

这些泥范，一般分为内外范。外范多是合范。一件器物常由多块范拼合鑄成。各范用“子母口”拼起，接合面都相当平整，系經過加工修整的。这种由多块薄壳泥型拼成鑄型的方法，从殷朝一直到清朝都广泛流传，在我国鑄造史上占着很重要的地位。

图1—8系用泥型鑄造的鉄獅子。从鑄件表面可以看出由多块范拼合的痕跡。这种痕跡（披縫）之所以产生，是由于拼合面不够平整之故。



图 1—8 洛阳关林关帝庙門前的鉄獅子。

直到現在，我国广东佛山等地，仍沿用这种方法生产齒輪、汽車拖拉機零件、縫紉機零件及日常用具，如門鎖、扣环等〔1〕。佛山市是从清代开始用泥型鑄造大量生产鉄鍋的地方〔2〕。所謂“惟鉄鍋鉄綫物之成于冶者，則此乡所独”。鉄綫物即細薄小件，日常用器皿等，用薄壳泥型鑄出，尺寸精確度最高可达5級，表面光洁度可达 $\nabla_3 \sim \nabla_4$ (ГОСТ2789—51)。

現代壳型鑄造是近代有机合成工业和机械制造工业高度发展

的必然結果。由于机械制造业力图降低成本，提高鑄件质量，节省切削加工余量；加之塑料工业提供了树脂砂混合料，为壳型鑄造的发展創造了物质基础，促进了壳型鑄造的迅速发展。

在这方面，德国工程师 J. 克 洛宁 (Johannes Cronning) 在第二次世界大战期間，进行了許多研究与試驗，創造了現代的壳型鑄造方法。据文献記載，在 1944 年二次世界 大战的时候，德国已有好几处利用这种方法来造芯〔3〕。

战后美国最先在生产中采用了这个方法，但直到 1947 年 12 月方在杂志上公布〔4〕。

由于这种方法具备一系列优点，引起了鑄工界的注意，也使塑料工业显得更为活跃。以美国为例，在 1951 年壳型鑄造消耗树脂 185 吨，到 1953 年增加十倍 (1850 吨)，到 1955 年增加到 3700 吨了。这种发展速度的确在鑄工生产史上是空前的〔5〕。

三、壳型鑄造的优缺点

(参看表 1—4)

壳型鑄造法具有下列許多优点：

1. 鑄件尺寸精确度高

一种鑄造方法的精确度，应理解为：在一定工艺条件下，所获得的鑄件之間在尺寸方面的差異程度。显然只有在鑄件間尺寸差異維持在一定範圍內时，鑄件才有精确度可言。而鑄件可以达到的絕對尺寸精确度也是建立在鑄件間尺寸差異度 (公差) 的基础上的。鑄件間尺寸差異大，鑄件的絕對尺寸精度也就低，反之則高。

壳型鑄造件的尺寸精度主要与下述因素有关：(1) 鑄造合金种类；(2) 鑄件尺寸及其复杂程度；(3) 模型結構及制造精度；(4) 壳型鑄造材料及其工艺方案。在上述因素影响下，鑄件能达到一定的精确度，过高与过低估計都是錯誤的。在一般制造条件下，壳型鑄件精度可以举下面两个例子來說明：

例 1

零件名称：自动传动盘 (图 1—9)

重 量：4.1 公斤

材 料：珠光体可鍛鑄鉄 ($H_B163\sim207$)

造型材料：100 号細度、4% 树脂的冷法复膜砂

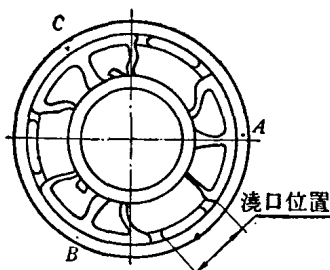
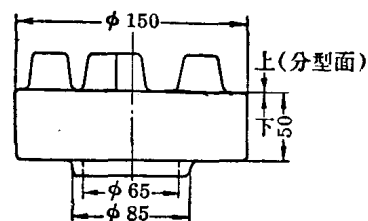
工 艺：模板尺寸 500×750 (毫米) (上下型在一个模板上)；壳頂后，对中分开上下型，用液态树脂將两半粘合；湿砂垫背；水平浇鑄。

該零件在大量生产中經长期檢驗測量，得到了表 1—1 所列結果。

自动传动盘鑄件尺寸精度 (mm)

表 1—1

測量尺寸	測量地点	99.7%零件 測量尺寸公差	相当ГОСТ 精度等級	95.5%零件 測量尺寸公差	相当ГОСТ 精度等級	可达到的 精度范围
50	經過分型面	0.76	7	0.5	5	5~7級
85	在半型內	0.46	5	0.3	4	4~5級
150	在半型內	0.61	5	0.4	4~5級間	4~5級



A, B, C, 加工定位处和尺寸測量处

图 1—9 自动传动盘。

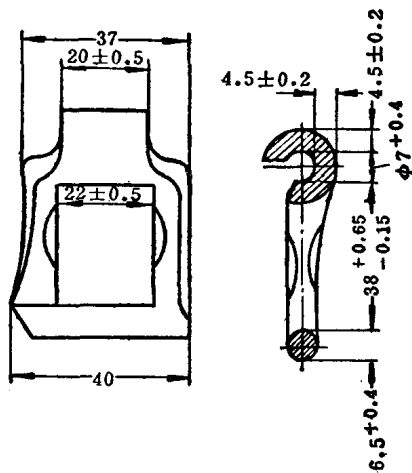


图 1—10 可鍛鑄鉄鏈环。

例 2

零件名称：鏈环 (图1—10)

重 量：0.05 公斤

材 料：KT38—8 可鍛鑄鐵（退火前）

造型材料：6% 干混樹脂砂；七棵樹原砂（平均細度83）

工 藝：模板尺寸 180×180（毫米）；兩塊模板造型；彈簧夾緊澆注（圖4—16）

測量尺寸共包括配合尺寸 6.5/7、20/22、壁厚（4.5）及鏈節（38）等六個尺寸（毫米）。14 件測量結果，發現尺寸波動範圍在 0.02~0.08 毫米之間的占 81%，在 0.1~0.2 毫米之間的占 13.4%，而在 0.2 毫米以上的僅占 5.6%。

根據上面的實例看來，模板精度製造略高，鑄件尺寸精度要達到 4~5 級是不困難的。個別情況鑄件能達到 3 級精度，但不能認為在一般生產條件下都可以達到。

2. 鑄件表面光潔度高

殼型鑄件的表面光潔度較高，在很多場合常成為採用這一鑄造方法的重要原因。例如，據統計，1958 年美國的 160 家殼型鑄造車間，其中 47% 採用殼型鑄造過程僅因為鑄件表面異常地光滑〔6〕。

影響鑄件表面光潔度最重要的因素是砂子細度。要求鑄件表面光潔度高，砂子平均細度應超過 100。其次光潔度也和合金種類有關（表 1—2）〔7〕。

不同金屬與合金的殼型鑄件表面光潔度

表 1—2

金屬種類	表面質量 (RMS值)	相當的ГОСТ 光潔度等級	一般可達到的 等 級
鑄 鐵	150~250 (微吋)	▽▽ ₄ ~▽▽ ₅	▽▽ ₄
球墨鑄鐵	100~150 (微吋)	▽▽ ₅ ~▽▽ ₆	▽▽ ₅
有色金屬	100~200 (微吋)	▽▽ ₅ ~▽▽ ₆	▽▽ ₄ ~▽▽ ₅
低 碳 鋼	不 良		

3. 金相組織及機械性能好

根據我國及國外的工廠實踐證明：鑄件在殼型中凝固較慢，對不同種類的金屬與合金其影響不盡相同，例如對鑄鐵而言，凝

固慢可使白口难于产生，游离碳化鉄少。对鎂合金而言，由于凝固慢，趋向于晶粒变粗，使强度略有降低，但仍在規定范围以内（表1—3）〔15〕。又如对鋁青銅这类合金而言，壳型鑄件韌性比砂型鑄件要高得多〔5〕。

鎂合金在壳型与砂型內鑄造結果比較

表 1—3

合 金	元 素 (%)					状 态	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)		規定 最低 值	延伸率 (%)		規定 最低 值
	Al	Zn	Mn	Zr	稀土		砂型	壳型		砂型	壳型	
AZ63A	6.0	3.0	>0.15	—	—	鑄 出	44.1	45.7	24	5.5	5.5	4
	6.0	3.0	>0.15	—	—	淬 火 ^①	59.9	55	34	10.2	8.3	7
	6.0	3.0	>0.15	—	—	淬火且时效	63	56.5	34	5.4	3.8	3
AZ92A	9.0	2.0	>0.1	—	—	鑄 出	38.3	37.8	20	1.6	1.0	1
	9.0	2.0	>0.1	—	—	淬火且时效	64	55	34	1.4	0.8 ^②	1
EZ33A	—	3.0	—	0.7	3.3	淬 火	38.4	37.7	20	3.8	4.2	2
ZK51A	—	4.6	—	0.7	—	淬 火	60.7	62.5	34	6.2	6.9	5

① 对于这类合金而言，淬火有时也称溶液处理。

② 断面发现有縮松。

4. 鑄件废品率低

壳型鑄造废品率比砂型低。我国已生产壳型鑄件的車間，废品率在1~2% 范围内〔8〕。有些普通砂型鑄造难于免除某些类型的废品，例如球墨鑄鉄件的皮下气孔；用砂型鑄出的鍍珐瑯质鑄件容易在上鍍时起泡的現象等，在壳型鑄造时可以基本得到解决。

5. 可浇注較薄的鑄件

这一优点，壳型鑄造是比較突出的，一开始便为人們所重視。大战期間，德国人便利用它浇出厚仅2.5毫米的鑄鋼件。这一优点使鑄鋼有可能在某些零件，特別是需要焊接的零件上取代可鍛鑄鉄，因为鑄鋼件有着良好的可焊性。壳型可浇注薄至1.5毫米的鑄鉄，这是因为：

a) 壳型的透气率高，流动时遇到的反压力小。

精密鑄件各種鑄造

次序	比較項目	失蜡熔模法	水銀熔模法	樹脂砂壳型鑄造法
1	適用金屬的範圍	不限制，但以碳鋼或合金鋼鑄件為主	不限制，但以合金鋼或耐熱合金鋼鑄件為主	不限制，但以黑色金屬為主，銅鋁合金為次
2	適用鑄件的大小及重量範圍	小鑄件<50公斤 一般為<1.0公斤	小鑄件<50公斤 一般為<5.0公斤	中小鑄件一般 <10.0公斤
3	適用鑄件的最小壁厚（毫米）	0.4~0.8 孔 $\phi 2 \sim 8$	0.4~0.8	0.8~1.6 孔 $\phi 1.5$
4	適合鑄件的形狀複雜性	複雜形狀	複雜形狀	一般形狀
5	鑄件的表面光潔度	$\nabla \nabla_5 \nabla \nabla_6$	$\nabla \nabla_6 \sim \nabla \nabla_7$	$\nabla \nabla_4 \sim 5$
6	鑄件尺寸公差	100 ± 0.3	100 ± 0.3	100 ± 0.3 合型方向 100 ± 0.6
7	鑄件的加工餘量	不加工	不加工	不加工或局部加工
8	鑄件生產準備時間（從設計到生產）	長 4~8周	長 4~8周	長 4~12周
9	鑄件的內部質量	凝固慢，結晶粗	凝固慢，結晶粗	凝固慢，結晶粗， 但沒有鑄造硬皮，機械加工方便
10	生產率（決定於機械化和自動化的程度）	中	中	高
11	生產量範圍（大量、成批、小量）	成 批	成 批	大 量
12	設備費用	中	高	高
13	模型費用	高（鋼模）中（石膏模或易熔錫鉛合金模）	高（鋼模）	高（鋼模鉄模）中（鋁模）
14	造型材料費用	高	高	中

方法的比較

表 1-4

水玻璃砂壳型鑄造法	石膏型鑄造法	金屬型鑄造法	壓鑄法	蕭氏法	陶磁型鑄造法
不限制,但以黑色金屬为主	限制,以低熔点有色合金为主 $<800^{\circ}\text{C}$	不限制,但以有色合金为主,黑色金屬为次	限制,以有色合金为主	不限制,但以黑色金屬为主	不限制,但以高熔点合金为主
中小鑄件一般 <100 公斤	中小鑄件一般 <50 公斤	中小鑄件一般 <100 公斤	中小鑄件一般 <100 公斤	中等鑄件 <100 公斤	中小鑄件 <10 公斤
>5	$1\sim1.5$	鋁 >1.5 銅 >3 鉄 >4 鋼 >5	銅 <5 其他 >0.5 可压制螺紋及 $\phi 1$ 孔	>5	>5
一般形状	复杂及一般形状	一般形状	复杂及一般形状	一般形状	一般形状
$\nabla\nabla 4\sim 5$	$\nabla\nabla 4\sim 6$	$\nabla\nabla 4$	$\nabla\nabla 5\sim 6$	$\nabla\nabla 5\sim 6$	$\nabla\nabla 4$
100 ± 0.3 合型方向 100 ± 0.6	100 ± 0.3 合型方向 100 ± 0.6	100 ± 0.6	100 ± 0.3 合型方向 100 ± 0.6	100 ± 0.6	100 ± 0.4
不加工或局部加工	不加工或局部加工	不加工或局部加工	不加工	局部加工	局部加工
长 $4\sim 6$ 周	短 $1\sim 2$ 周	长 $4\sim 12$ 周	长 $4\sim 12$ 周	短 $2\sim 4$ 周	短 $2\sim 4$ 周
凝固較快 結晶良好	凝固慢,結晶粗,但在压力下結晶細	有色合金結晶細,黑色金屬有时会有白口机械加工困难	結晶細	結晶較粗	結晶較粗
中	中	中	高	低	低
大量	成批	大量	大量	小量	小量
中	低	中	高	低	低
中(鋁合金) 低(木質)	低(鋁合金或木質)	高(鋼模,鉄模)中(鋁合金鑄件用鋁合金模)	高(合金鋼)	低(木或鋁合金)	低(木或鋁合金)
低	低	不需 只需塗料	不需 只需塗料	高	高