

熔模精密铸造

集训等编

国防工业出版社

毛主席语录

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

中国应当对于人类有较大的贡献。

主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

人们的社会存在，决定人们的思想。而代表先进阶级的正确思想，一旦被群众掌握，就会变成改造社会、改造世界的物质力量。

社会主义革命和社会主义建设，必须坚持群众路线，放手发动群众，大搞群众运动。

(只限国内发行)

统一书号

15034·1007

定价1.50元

熔 模 精 密 铸 造

集 训 等 编

國防工業出版社

内 容 简 介

本书较详尽和系统地叙述了熔模精密铸造的生产工艺过程。全书共分八章，包括概论、铸件图与浇注系统、压型、熔模、铸型、合金熔注、铸件质量的检验、铸件的清理和铸件常见缺陷的分析等。书中着重于介绍十年来国内熔模精密铸造方面的生产实践经验，并适当的进行了一些理论阐述。

本书可供从事熔模精密铸造的设计、试验和工艺技术人员及生产工人使用，亦可作为有关院校师生参考。

熔 模 精 密 铸 造

集 训 等 编

(只限国内发行)

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可登记证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168¹/₃₂ 印张 14⁹/₁₆ 371 千字

1973年2月第一版 1973年2月第一次印刷

~~统一书号：15034·1007 定价：1.50元~~

统一书号：15034·1007 印数：00,001—26,000册 定价：1.50元

出版说明

为了适应我国社会主义革命和社会主义建设飞速发展的需要，配合大搞技术革新的群众运动，大力推广少无切屑加工工艺，以节约工时，节省原材料，我们将无产阶级文化大革命前内部出版的《熔模精密铸造》一书改为只限国内发行，供广大工人和技术人员在“抓革命，促生产，促工作，促战备”中参考。

近年来，特别是无产阶级文化大革命以来，熔模精密铸造技术在我国有了很大发展。目前在铸造技术中，这项工艺已占了相当重要的地位。通过实践普遍认为大力推广这项工艺技术，符合“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线精神。但是，由于我们调查研究不够，加之时间仓促，没有能把无产阶级文化大革命以来广大工人、技术人员所创造的新的经验收集到本书中来，这是本书的一个不足之处；同时，书中一定存在不少缺点和错误，请同志们提出批评、指正。

目 录

出版说明	3
概 論	9
一 熔模精密鑄造的優點	9
二 熔模精密鑄造存在的問題	12
三 熔模精密鑄造的应用範圍	13
四 熔模精密鑄造的工艺过程	17
第一章 鑄件图与澆注系統	22
第一节 鑄件图設計	22
一 鑄件构形設計	23
二 鑄件尺寸精度	31
三 确定分型面	36
四 确定加工余量	38
五 基准面的确定	39
六 鑄件尺寸标注	40
七 繪制鑄件图	41
第二节 澆注系統	44
一 澆注系統的类型	49
二 澆注系統的选择	56
三 澆注系統的設計計算	64
四 专設冒口的設計	78
第二章 压型	82
第一节 压型分类及选择	83
一 对压型的基本要求	83
二 压型分类	83
三 压型类型的选择	85
第二节 压型的型腔尺寸	86
一 型腔尺寸計算	86
二 組合件尺寸計算	95
三 型腔尺寸图解	96

四 型腔尺寸計算示例	97
五 型腔尺寸标注	100
第三节 压型的表面光洁度及尺寸精度	102
一 压型表面光洁度	102
二 压型尺寸精度	102
第四节 用机械加工法制造的金属压型	103
一 用机械加工法制造压型的基本类型及其结构	103
二 压型主要组成元件的设计	104
三 压型材料	123
第五节 石膏压型和易熔合金压型	124
一 石膏压型	124
二 易熔合金压型	131
第六节 浇口模	136
一 普通浇口模	136
二 组合浇口模	138
第七节 压型的标准化和规格化	140
一 型体	141
二 模架	141
三 起模机构	141
第三章 熔模	144
第一节 模料	144
一 对模料的要求及其原材料	144
二 模料的成分、配比及其特点	149
三 两种常用模料的配制方法	150
四 模料性能的测试方法	154
第二节 国内应用的两种模料的制模过程	159
一 石蜡硬脂酸模料的制模工艺	159
二 松香地蜡聚苯乙烯模料的制模工艺	163
三 熔模的冷却、修整及存放	164
第三节 组合模组	165
一 手工焊接组合	166
二 组合浇口模(联模夹具)组合	167
第四节 熔模的检验及其缺陷分析	169
一 熔模的检验	169
二 熔模产生的缺陷及其分析	169
第五节 模料的回收	174

一 重熔法	174
二 盐酸处理法	174
三 硫酸——水玻璃处理法	176
第四章 鑄型	178
第一节 粘結剂	178
一 硅酸胶体概述	178
二 硅酸乙酯及其粘結剂	181
三 水玻璃及其粘結剂	210
第二节 型壳用粒、粉状材料	228
一 种类与规格	228
二 准备过程	231
第三节 耐火塗料	235
一 配制耐火塗料	235
二 耐火塗料的质量檢驗	239
第四节 制造型壳	242
一 熔模組脫脂	243
二 熔模組塗覆型壳层	246
三 熔失熔模	261
第五节 准备鑄型	267
一 型壳塗膏及烘烤	267
二 造型	269
三 鑄型焙燒	274
第六节 型壳质量分析	276
一 型壳的质量檢驗	276
二 型壳缺陷与廢品的形成原因和防止措施	283
第五章 合金的熔炼和澆注	288
第一节 鑄鋼及特种合金的熔炼和澆注	289
一 无鉄心感应炉中的熔炼	289
二 碳鋼及合金鋼的熔注工艺	300
三 不銹鋼、耐热鋼和合金的熔注工艺	314
四 永久磁鉄合金的熔注工艺	331
第二节 銅合金的熔炼和澆注	340
一 合金元素和杂质对銅合金性能的影响	341
二 銅合金的鑄造性能	347
三 銅合金液的除气和脱氧	349
四 銅合金的熔炼	354

第三节 铝合金的熔炼和浇注	364
一 铝合金中的气体和氧化物夹杂	365
二 铝合金的变质处理	377
三 铝合金的熔注工艺	380
第六章 铸件的清理、修整、热处理及防锈	388
第一节 铸件的清理	388
一 铸件的冷却及出箱	388
二 铸件的清理	389
三 铸件浇注系统的切除	392
第二节 铸件的修整	395
一 打磨	395
二 矯正	396
第三节 铸件的热处理	397
一 铸件不同热处理的过程	397
二 常用的热处理规范	398
第四节 铸件的防锈	400
一 用防锈液防锈	400
二 用油封防锈	401
第七章 铸件的质量检验	402
第一节 铸件的表面质量检验	403
一 直接观察	403
二 荧光检验	403
三 磁力探伤	404
四 几何尺寸的检验	405
第二节 铸件的内部质量检验	406
一 γ 射线检验	406
二 加压检验	407
三 断口、低倍及高倍检验	407
第三节 铸件的机械性能和化学成分检验	409
一 试样的制取	409
二 化学成分的检验	414
三 机械性能检验	414
第八章 熔模精密铸件常见缺陷的分析	416
第一节 粘砂及表面粗糙	416
一 粘砂	416

二 表面粗糙	418
第二节 变形及精度不合格	421
一 变形	421
二 精度不合格	424
第三节 缩孔、缩陷和缩松	424
一 缩孔	424
二 缩陷	426
三 缩松	427
第四节 渣孔、砂眼和夹砂	428
一 渣孔	428
二 砂眼	429
三 夹砂	430
第五节 裂纹	430
一 热裂纹	431
二 冷裂纹	440
第六节 氧化和脱碳	440
一 氧化和脱碳的机理	441
二 避免或减少铸件氧化和脱碳的措施	445
第七节 其它缺陷	446
一 金属豆	446
二 冷隔及浇不足	447
三 跑火	448
四 气孔	449
五 氧化斑疤	451
六 铸件的合金材料不符合技术条件的要求	452
附录	455
主要参考文献	460

概 論

熔模精密鑄造是目前鑄造專業中的一項優異的工藝技術，它不僅可以鑄造各種合金鑄件，而且，鑄得鑄件的尺寸精度、表面光潔度遠比其他鑄造方法要高，甚至其它鑄造方法難于鑄得的複雜的耐高溫的不易于加工的鑄件，均可採用熔模精密鑄造鑄得。

熔模精密鑄造乃為古代蠟模鑄造的發展。蠟模鑄造是我國古代勞動人民所創造的一項高超的鑄造技術，其工藝過程在宋朝趙希鵠著的《洞天清祿集，古鐘鼎彝器辨》條和明朝宋應星著的《天工開物》中均有記載。但是，由於帝國主義的侵略和國內反動統治階級的壓榨，使這一工藝技術在國內日漸衰落，甚至失傳。

解放以後，特別是近十年來，在我國，熔模精密鑄造得到了巨大的發展，相繼被飛機、汽車、船舶、武器、內燃機、汽輪機、電訊儀器等製造業所採納，為我國社會主義建設事業貢獻著一定的力量。

熔模精密鑄造與一般鑄造的不同處在於，它採用了可溶性模型和經過一系列處理之特殊粘結劑與耐火材料所製成的整體鑄型來澆注鑄件的。現將熔模精密鑄造的優點分述如下。

一、熔模精密鑄造的優點

（一）鑄件尺寸精度高

由於熔模精密鑄造採用了尺寸精確的可溶性模型，以及避免了一般鑄造起模、下芯、合型等所帶來的尺寸誤差，並且所用之鑄型材料均經高溫處理，防止或減小了鑄型變形的可能性，從而易于得到精確的鑄件尺寸。目前國內熔模精密鑄件達到的尺寸精度，相當於《國際(GB)》的7~9級或AH 1026 J1T 3級。小於16

毫米的个别尺寸，其精度可达 ± 0.06 毫米。

(二) 鑄件表面光洁度高

熔模精密鑄造采用以表面光洁度高的压型所制造之表面光洁度較高的熔模，以及具有耐高溫性能的特殊粘接剂与粉状耐火材料配成的耐火塗料制成的型壳，做为与液体金属直接接触的型腔。因此，所得鑄件的表面光洁度，远比其它鑄造（除压力鑄造）高得多。

从目前国内情况来看，根据所使用的压型光洁度、熔模材料、耐火塗料和合金种类的不同，其鑄件表面光洁度可达 $\nabla\nabla 4 \sim \nabla\nabla 5$ 之間，局部可达 $\nabla\nabla 6$ 。

(三) 鑄件可减少或不經机械加工

由于上述两优点——鑄件尺寸精确且表面光洁，所以只在零件要求較高部位，余留少許加工余量即可。甚至某些鑄件只留打磨抛光余量，大部分不經机械加工即可用于产品。

据某厂統計，将某产品的五种零件改为熔模精密鑄件后，分別降低机械加工工时达 $37.5 \sim 72.7\%$ 。因此，就节约了大量机床設備。特別在机床負荷量較大的生产单位，这一点就更具有特殊的意义。

上述三点，虽然压力鑄造同样可以达到，但是它的生产范围，远不如熔模精密鑄造广泛（如鑄造的合金种类）。

(四) 可以鑄造結構非常复杂的鑄件

熔模精密鑄造可以生产一般鑄造不能鑄得的和鍛造、冲压及机械加工难于制造或需使用大量劳动力方可制造的零件。甚至鉚合、焊接組件亦可整体鑄造。如图 1 所示，該零件原为冲压、机械加工和焊接联合制造的，工艺相当复杂，生产周期冗长。将其改为熔模精密鑄造生产后，可鑄造成整体零件，稍許加工即可。再如，某厂制造的导風輪，直徑 233 毫米，高度 150 毫米，沿圓周均匀分布 20 个外形复杂的叶片（见图 2），亦采用熔模精密鑄造鑄得，效果良好。

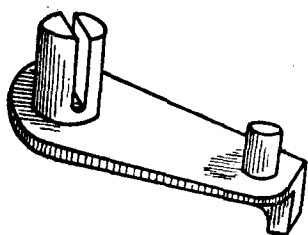


图1 搖臂

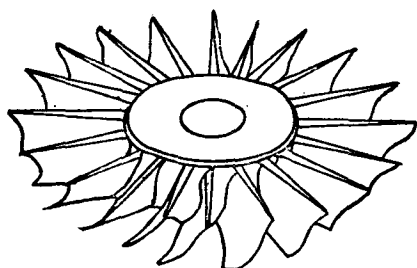


图2 導風輪

这一优点不仅可以解决生产中的一些困难問題，而且对产品設計者也很有用处。因为，这样就有可能用一个整体零件，代替原来用几个零件組成的部件，从而縮小零件体积，減輕零件重量。

(五) 大幅度的節約金屬原材料

由于鑄件表面光洁、尺寸精确，稍許或不需机械加工即可用于产品，而且还有利于設計者縮小零件体积、減輕零件重量。因此，它比鍛造、冲压或机械加工所消耗的材料大大降低。据国内某厂生产实践証明，某产品的五种零件改用熔模精密鑄造生产后，其材料消耗分別降低 56.3~84.6%。

(六) 可以鑄造各种合金的鑄件

熔模精密鑄造的优点之一是在于，它可以鑄造难于机械加工的高质量合金（如磁鋼、硬质合金、耐热合金等）之鑄件。这种合金往往既硬且脆，很难加工。采用熔模精密鑄造后，不仅可以解决加工困难的問題，而且还可提高合格率和节约优质合金材料。

目前，我国除鎂合金熔模精密鑄件尚未生产外，其它如鑄鉄、碳素鋼、合金鋼、不銹鋼、磁鋼、硬质合金、耐热合金、銅合金、鋁合金及鋅合金等均可鑄造。

(七) 鑄件內部质量易于保証

熔模精密鑄造采用强度較高、表面光滑的型壳，做为与液体金屬直接接触的型腔。因此，不易产生掉砂現象。从而减少了鑄

件产生砂眼、夹砂等疵病的可能。鑄型經低溫烘烤干燥后，还經高溫焙燒，彻底除淨了鑄型中的气化物及結晶水。所以只要合金熔炼得当，鑄件产生气孔的可能是极其微小的。至于收縮缺陷，只要适当的選擇澆注系統和合金及鑄型的澆注溫度，也是不难克服的。

（八）模具成本低、寿命高

制造熔模的压型，一般均在 100°C 以下使用，所以不会受剧烈的热冲击而产生变形、开裂等缺陷。并且压型不与液体金属相接触，所以也就談不到金属液的摩擦損耗，因此寿命极高。一般鋼压型可制造熔模数万件以上。利用合金鋼制造压型則寿命更高。如某厂利用 5XHM 制造的压型，由 1954 年投入生产，直至目前仍在使用的。

根据压型使用条件，一般以碳素鋼、鋁合金、易熔合金及石膏等材料制造即可。采用易熔合金或石膏制造压型时，其制造工艺很简单。特别是石膏压型，其制造成本仅及鋼压型的十分之一。

由上述可知，相对而言熔模精密鑄造用的压型比压力鑄造、硬模鑄造所用的模具，成本低得多。

此外，熔模精密鑄造的工艺过程，可划分为最简单的单独工序。因此，就非常便于操作者所掌握和易于提高操作技艺。而且，还有利于流水作业和合理的安排生产綫。这对于大量生产来说，就更加适合。

二、熔模精密鑄造存在的問題

熔模精密鑄造虽然具有上述各方面的优点，但也还存在着一定的問題和不足之處。

（一）此項工艺进入工业規模的生产行列仅仅才二十余年。因此，人們对生产实际經驗尚掌握不足，还没有一套很完整的工艺理論。如模料和型壳的质量是影响鑄件质量的很重要的因素，但对它們的技术指标和检测方法，至今尚未統一。这一問題还处于

討論研究阶段。对澆注系統的設計与計算，也还没有总结出一个完整的公式。即使有个別計算方法，但也不能全面使用。諸如此类問題，尙待今后的研究探討。

(二) 熔模精密鑄造生产过程，虽可划分为最简单的单独工序，但就其整体來說，与其它鑄造方法相比，則其工艺复杂、工序繁多、生产周期較长。据国内生产实践来看，由制造熔模到鑄件交庫，其独立及輔助工序共达四十余道。其生产周期，按不同粘結剂的耐火塗料和不同的鑄型填充料及具体的工艺方法計算，約为4~15昼夜。在如此繁杂的工序中，任何一点的疏忽都会給鑄件质量带来不良的后果。而且周期如此冗长，也就給鑄件质量分析带来不利的条件。

(三) 此种鑄造技术，目前对其鑄件重量尙有一定的限制。其主要原因是熔模和型壳的强度及耐火塗料的塗覆工艺所限。据国内生产情况来看，鑄件重量一般在几克到十余公斤范围内。特别是0.5公斤以下重量的鑄件占絕大多数。鑄件最小重量可达1克。目前正在向20公斤以上重量的鑄件发展。采用低熔点模料、水玻璃粘結剂耐火塗料，已成功的鑄造了40余公斤重的鋼鑄件和正在試制80余公斤（帶澆冒口）重量的銅合金鑄件。

此外，熔模精密鑄件結構形状均較复杂，壁薄且棱角尖銳。而鑄型經高溫焙燒后，也不宜使其冷却。否則，型壳有可能产生裂紋、变形疵病。所以，为澆注出輪廓清晰的鑄件和保証型壳质量，特别是对熔点較高的合金鑄件，一般均采用高溫鑄型澆注，鑄件冷却速度緩慢，对不同牌号的合金有产生晶粒粗大、偏析以及鑄件表面氧化脫碳等缺陷的傾向。

三、熔模精密鑄造的应用范围

由熔模精密鑄造的优点和存在的問題可知，其应用的范围，除在鑄件的重量上目前尙有一定的限制外，其它，在鑄件形状結構复杂程度、鑄造合金的种类等方面是相当广泛的。据目前生产