

黑色金属压铸译文集



郑州机械科学研究所编

一九七八年



79 219.2
5

6746 65

出 版 说 明

黑色金属压铸是一项高效率的少无切削新工艺。由于能获得组织致密、性能好、精度高、表面光洁的铸件，近十年来在国外已引起了高度的重视。

我国黑色金属压铸的试验研究工作已有17年的历史，特别是从无产阶级文化大革命以来，遵循伟大领袖毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”的教导，有关研究单位与工厂相结合，在黑色金属压铸工艺、模具材料、压铸设备的改进等方面进行了大量的试验研究工作，取得了可喜的成果。

为了配合黑色金属压铸试验研究工作的开展，我们着重收集了1972年以来国外有关黑色金属压铸一般概况、压铸工艺及涂料、模具材料的选用、压铸设备的改进等方面的文献资料，以及对黑色金属压铸工艺有参考价值的一部分有色金属压铸技术的文献资料。还选取了美国军事技术情报处（ASTIA）出版的General Electric公司黑色金属压铸方面的研究报告《《A High temperature alloy die casting process, 1969, AD 863198》》。

全报告共分十章，本译文集中选译或摘译了其大部分章节。须要说明的是，这篇研究报告因原文的照片图很不清楚，无法制版刊登，但文字叙述中提到这些图的地方，仍旧保留了下来。

本译文集的翻译、校对工作，是请哈尔滨汽轮机厂、国营庆安机械制造公司、吉林大学、合肥工业大学、陕西机械学院、北京机床研究所、沈阳铸造研究所、上海工艺研究所、北京粉末冶金研究所、沈阳金属研究所、广东省机械研究所和我所一起承担的。对于各兄弟单位的大力支持，我们表示衷心感谢。在定稿过程中，发现有几篇文章已在其它单位的译文集中登载，为免去重复，未收入本译文集。为使读者能更全面地了解有关黑色金属压铸的国外情况，本译文集还附录了近年来国内已翻译的有关文章的题录目录，供参考。

由于我们水平有限，时间仓促，对国外有关情况掌握不够全面，在定稿过程中难免出错，恳请读者批评指正。

郑州机械科学研究所铸造研究室

一九七五年十月



A792804

目 录

一般概况

- 1、黑色金屑压铸..... (1)
- 2、黑色金屑压铸成功..... (4)
- 3、不锈钢的精密压铸..... (5)
- 4、黑色压铸的优越性..... (5)
- 5、压铸铜合金成本很高吗? (6)
- 6、黑色金屑压铸生产的现实性..... (7)
- 7、苏联的黑色金屑压铸..... (8)

压铸工艺及材质性能

- 8、美国黑色金屑压铸研究报告..... (9)
- 9、高熔点合金的压铸..... (32)
- 10、不锈钢和合金钢的压铸..... (37)
- 11、压铸黑色金屑的组织 and 性能..... (40)
- 12、压铸的低速充型技术..... (47)
- 13、美国通用汽车公司的ACURAD压铸法..... (51)
- 14、压铸模的热分析..... (57)
- 15、模具温度的测量 (铁合金压力铸造的
研究, 报告一) (62)
- 16、黑色金屑压铸用的耐热保温涂料..... (73)
- 17、铁合金和铜合金等高熔点合金压铸用金屑型涂料..... (74)

模 具 材 料

- 18、模具材料选择..... (75)

19、作压铸模具用的钨基合金.....	(95)
20、钼基合金.....	(101)

压铸设备的改进

21、压铸件补压和推出装置.....	(103)
22、黑色金属压铸设备.....	(112)
23、压铸机的电子控制系统.....	(116)
24、双冲头压射装置.....	(120)
25、压铸机的压射装置.....	(123)
附 录	(124)

黑色金属压铸

杜塞尔多夫城 奥古斯特 舒贝尔特

黑色金属压铸，尽管尚存在一些问题和困难，但是目前已逐步发展到由试验室试验过渡到工业生产的阶段。

长期以来，人们习惯于用压铸法生产低熔点有色金属铸件，例如铝合金、镁合金和锌合金铸件。这种经济的方法可以生产具有优良的表面光洁度和尺寸精度高的复杂铸件，从而减少机械加工量。

为了使这些优点扩大到黑色金属铸件生产领域，压铸工作者已经进行了长时期的努力。但是，主要由于黑色金属的高熔点而限制了黑色金属压铸的发展。在铝合金压铸时很少超过 700°C ，而黑色金属的压铸温度在 1600°C 以上。这是过去压力铸造不能用于铸钢件生产的主要原因。

黑色金属压铸方法的发展过程

许多年以前，两个美国商行发表了关于钢压铸方面的报告。此后，在1969年到1971年之间又发表了一些文章，但是至今还没有见到任何工业上应用的报道。有的商行虽进行了研究，但是结果还没有成功。早在60年代中期，一个英国商行提出了在它的中心试验室内进行钢压力铸造的研究，但至今没有这方面的报道。这个商行是英国钢需要量最大的用户，因此很需要这种新的铸钢件生产方法，并与一位德国的压铸机制造者合作，研究工作有了进一步的发展。



图1 合模力为280吨的钢压铸机

图1是合模力为280吨两班生产的钢压铸机。在图中可以看到两只装有许多铸件的箱子，在图的右边是熔化用电缆以及在附近凳子上的准备熔化的坩埚。

传统设计的压铸机未经改进是不能成功地使用的。事实上，一种用于压钢件的压铸机往往需要经过改变和改进的。

熔化和注入

曾经研究了两种方法：

a) 从保温炉中舀出熔融金属。

这种方法通常用于压力铸造而且只能应用于几种压铸合金，这些合金在熔化状态下不受因长时间保温

所带来的不利影响,如不锈钢。这在对大量不锈钢废屑的那些企业中是非常有利的,因为这样可以更经济地利用不锈钢。然而,对于这种方法所进行的研究还是较少。

b) 在浇注前立即熔化工件先切好或预先浇注成的坯料。

应用这种方法,合金成分实际上保持不变。因为金属处于熔化状态时间很短,一旦金属熔化,立即浇注并立即凝固。因此这种方法很适用于一切合金的压铸,而且尤其适合于难加工的合金。为了进一步改进这种熔化方法,已经进行了广泛的研究和发展工作。目前它是可靠的并易于控制的一种方法。

坯料放在一只小的坩埚中(图2)并且在机器的压射套上面直接感应熔化。金属液流入压射套筒并且立即压铸。图3是坩埚,它的金属炉料装在直接安装在压射套上面的感应圈中。



图2 将炉料装进熔化坩埚中

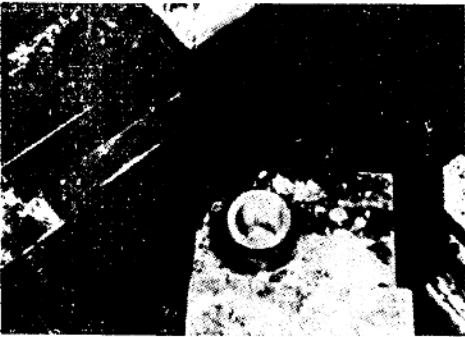


图3 在感应圈内的装有金属炉料的坩埚

压射活塞和压射套

在合理地设计压射活塞和压射套方面尚存在着大量的问题,只有在经过巨大的努力之后才能得到圆满的解决。

压型

在黑色金属压铸中,对压型有特别严格的要求。压型必须设计得能够吸收铸造金属引入的大量的热,压型材料必须耐热冲击、侵蚀和热裂。此外,必须保持在高温下的适当的强度特性。因此铅基和钨基合金被用作压型材料。要尽可能采用型芯,这样似乎会提高压铸件的成本。其实,当生产带有孔或需要花费大量机加工的形状,如方孔的零件时采用型芯是经济的方法。

压型使用寿命

压型的使用寿命不能直接用压射次数来表示,因为压型的磨损是不均匀的。可以把特别经受严重磨损的元件制成可更换的,在实际上已经这样做了。它们必须有储备量,并且在适当的时机互换。此外,磨坏的压型镶块经常能重新修复,因此,在铸件和压型设计时应考虑到这种可能性。

压型的使用寿命与所压铸的铸件类型,所用的压铸金属,整个铸造过程以及压型的设计和润滑有关。多年的研究工作经验证明,达到满意的压型寿命是可能的。

压铸金属和压铸件

所述的金属包括非合金钢和不锈钢以及特殊合金。压铸零件的种类列于图4a到h。必须注意,这些铸件主要是被用来检验这种方法的经济性,并获得所包括的成本因素的概念。

图5是按英国标准316的钼稳定的不锈钢压铸件的特别细的晶粒组织。

就铸件的形状而论,适合于压铸的原则与其他压铸件的要求是相同的;铸件侧面无凹进去的部分,无厚大的热节,最小的拔模率至少为 2.5° ,避免凸台和尖锐边缘等。

每次压射金属液的重量最初为1公斤以下,但是目前正在提高这个指标,首先提高到1.5公斤,然后到2公斤。

成本

有关成本方面的资料列于图6。这个图表明了每个压铸件和压型使用寿命之间的大致的关系。在压射的次数少的情况下,压型的费用明显地影响着每个压铸件的成本(图6的左半部)。较长的压型使用寿命,则情况就大有改善,由于压型的费用减低,使每个压铸件的成本下降,而且使压铸机的利用率开始提高,原

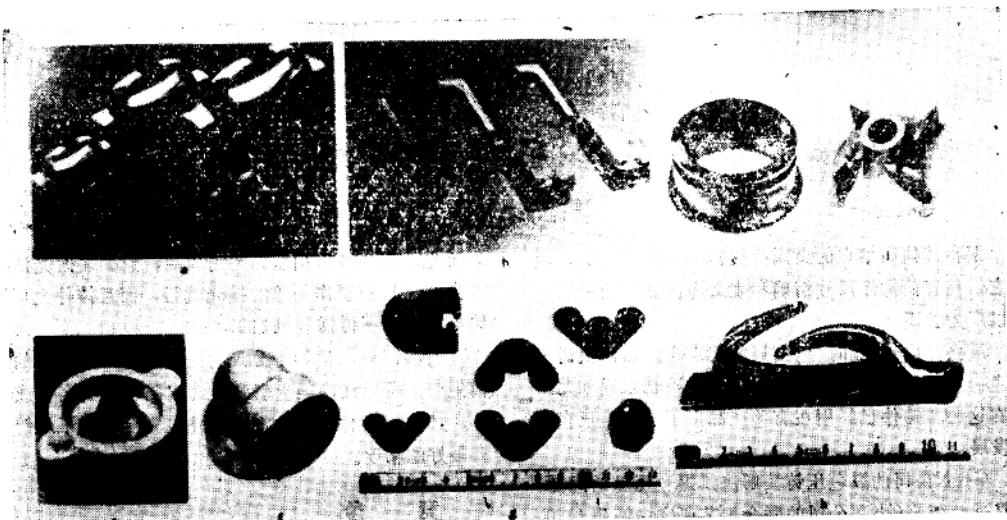


图4 用压铸法制造的钢铸件：a) 在三型腔压铸中制成的不锈钢船用零件，前面为铸态后面为磨光和抛光的；b) 不锈钢门手柄；c) 食品工业的不锈钢阀体；d) 食品工业用的不锈钢泵叶轮；e) 特殊合金制的柴油机予燃室；f) 特殊钢的管接头；g) 用多型腔铸型压成的小零件；h) 浇注后弯曲冷却的船用零件。



图5 根据英国标准316的不锈钢显微组织

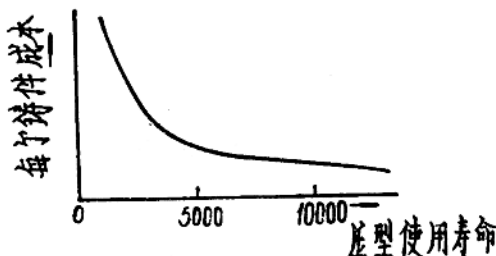


图6 成本曲线

材料的成本下降等都很明显地反映出来（图6的右半部）。

关系到钢压铸件经济性的批量问题，可以用与压铸相竞争的方法（例如精密铸造）的成本曲线的交点来确定，并且在很大程度上取决于所包含的特有的铸件（临界批量大致在5000和10000次压射之间）。一般说来，压铸法不能与锻造法来竞争，能够用锻造法生产而无任何特殊困难的那些零件，多半压铸件不见得比锻件便宜。

黑色金属压铸可以用来生产表面光洁度高的零件，由此而减少的机加工量降低了生产成本（例如材料加工困难的那些零件）可以代替目前成本较高的老的生产工艺（例如精密铸造铸件），或者用传统的方

法不能完全满足特殊要求的那些部件，就材料的选择而论，不再需要考虑对迄今所用的生产方法的限制。

展 望

根据从精心的研究所获得的良好结果，可以认为，黑色金属压铸是一种有前途的而充满希望的方法。尽管最近英格兰发生了经济危机，但黑色压铸仍在进一步的发展中。在提供充分利用这种方法的全部可能性之前，还需要做许多工作。

（合肥工业大学铸造教研室徐庆柏译自

《Giesserei》，1974，61，Nr.11，348~352，

郑州机械科学研究所根据英文校对）

黑色金属压铸成功

钢和其他高熔点的金属的压铸是引人注目的，因为它们具有使铸件尺寸精确和表面光洁度高的特点，所以广为赏识。

过去，由于钢和黑色金属的熔点高，因而阻碍了黑色金属压铸的发展。但是，这也不是永远如此。现在这种铸件已经用在有些产品上了，而且正在不断发展。

GKN公司的黑色压铸法解决了黑色压铸的问题，这是近几年来GKN公司的联合工艺研究中心研究的成果，已经在GKN铸件联合公司里获得了应用，压铸了各种部件，其中包括柴油发动机和汽车上的部件、手表壳、门把、千分尺的座架和紧固件。

GKN的其他公司订出了一个用黑色压铸生产含Mo的18-10-3奥氏体不锈钢船用器具，如系缆枕和流线型导向器(fairleads)的标准。

黑色金属压铸法正在扩大和发展，现在已经可以压铸的有：中碳钢、不锈钢、耐热钢、镍基和钴基合金，其他合金也正在研究试压之中。

如果有一种部件可以用任何金属压铸的话，那么它现在几乎肯定可以用高熔点金属进行压铸，而且可以显示出压铸的全部优点，但也有它的局限性。黑色压铸给设计人员提供了很大方便，但还不能解决每个问题。

尺 寸

GKN铸件公司的贸易董事长Keith Douglas说，从发展的观点来看，黑色压铸给设计人员提供了一个新的铸件尺寸。采用黑色压铸以后，设计人员可以做出许多过去所不能做的事情，或者他们可以做得更好，更省，或者既好又省的事情。

本文所列举的压铸件之一的手表壳，是一个生产上具有新的尺寸的最明显的例子。按照过去的制造方法，生产一个表壳需要34道工序，采用压铸以后，可以减少加工工序最多达3/4，决定于手表壳的类型。

总之，现在压铸的每种压铸件，都显示了压铸的优越性。一个高尔富运动员，要求他的球棒具有很好的平衡度，如果用压铸生产的球棒头，就很容易达到这种平衡度。

为了使门把具有漂亮的外观，需要有一个很好的

表面光洁度，当采用压力铸造以后，它的表面光洁度非常好，只需要作简单的抛光就行，而且铸件上可以铸出突芯，不再需要机加工。

有些部件，例如千分尺的座架，必需用光洁的压模生产，可以在座架上清晰地铸出制造者的名字或商号。其他的零件，例如汽车部件也完全证实了压铸具有很好的精度。

竞 争

压铸件在现时还不是很便宜的，但是对于某些零件来说，它可以与熔模铸造相竞争，也可以和用整块金属机加工和制造的方法相比美。

正如Keith Douglas所说的，黑色金属压力铸造现时还处在采用通常是很贵的外来材料的狭隘范围内生产，正在向着材料经营、模具、压铸机和其他压铸技术等方面作不断改善，其成本将必然不断降低。

压铸技术不断发展的今天，每次压铸的最大重量为1公斤，最小为0.4公斤，每次压铸的零件数可达20个，决定于零件的形状、大小和芯孔的维度。

每次压铸的单个零件的最大重量为0.75公斤，最大的零件尺寸为180×180×50毫米。

为了保证压铸件顺利脱模，与其他金属压铸一样，需要在铸件上留有一定的拔模率或维度，一般为2.5°，废品在很多情况下都是会有的。芯孔可以压铸出来，但不能用溃散性的型芯，上述所举的压铸件中都带有芯孔。

压铸件的公差决定于压铸件的尺寸大小，一般是每25毫米为±0.1毫米。要使压铸生产在经济上合理，压铸的零件批量至少不少于5000个，而现在压铸的一般都是20000件。

适用范围

现在，还不能压铸应力高的零件，是压铸的一个局限性，但是也不是绝对的。压铸汽车上的齿轮毛还是不妥的，但是对于压铸家庭或炊事用具是很理想的，这些都决定于零件受力状态 and 参照GKN铸件公司已作的说明。

到目前为止，可以认为与普通的有色金属压铸相似，所用的许多压铸机都是按照有色金属压铸的型

式,但有某些差别。

压铸成功的关键,是由GKN公司对于特殊金属模具、压射室和活塞头的材料的发展。该公司有几个关于上述压铸关键方面别人尚未解决的专利,它在技术上和经济上都是合理而可行的。

GKN公司已经与西德的Wotan Werke公司签订了合同。Wotan Werke公司在制造有色金属压铸机方面有丰富的经验,可以提供压铸机所必需的机械、液压和电气方面的主要部件,这种有色金属压铸机将用GKN公司的模具和专门的部件改装,才能压铸高熔点的金属。

手段的选择

现在已经处在进一步发展阶段的黑色压铸,给工

程技术人员和设计工作者提供了为改善产品和降低成本而努力的又一个手段。正如其他任何手段一样,黑色压铸这个手段,只有在恰当使用和一定的范围内使用,才能完全奏效。

正如上面所述,只有当需要做成具有很好的表面光洁度和高精度的某个零件时,才有价值用压铸方法生产。如果材料是外来的,并且又是昂贵的金属(其中有些金属材料机加工困难,只有特殊条件下才有可能切削),这就有价值用压铸来生产。然而,由比较便宜的材料制造的铸件,用压铸工艺生产仍然可以显示出它经济的优点。

(郑州机械科学研究所摘译自《The ENGINEER》Vol.236, №6117, June 7, 1973, P. 57~59)

不锈钢的精密压铸

最近,英国Guinness集团成员Hycast公司发展了利用高熔点金属材料压铸不锈钢的一种新的金属成形法。

Hycast公司的中间工厂设在Warwick (Midlands),它研制的主要精力是放在不锈钢的压铸方面,研究了在高温下精密压铸的方法。据称该公司利用此法,计划年产量二百万件。此法并可适用于其他高熔点合金。压铸件的尺寸允差小、形状精密,并具有良好的表面光洁度,可减少二次机加工和光制。目

前,压铸件的重量可达70克。年产量10,000~100,000件,经济上就很合算,但也不排斥小批量的生产。

Hycast公司的生产设备放在Waterford (Ireland)。在该厂已经装配了全套的生产设备,厂房面积达1858m²。

压铸件的应用范围:加热通风和供水设备;厨房工具和设备;运动器材以及工业加工设备。

(郑州机械科学研究所摘译自《The British Steelmaker》V.39, N 5, 1973, P.12.)

黑色压铸的优越性

美国的Ferrodyn和Federal公司均声称,他们正拟发展透平动叶片的压铸生产。Federal公司还称要发展黑色压铸的一系列的新技术,以便使产品达到与锻件相似的优良性能。

黑色压铸与所有压铸生产一样,基本问题就是牵涉到机械性能和生产成本,特别是压铸件的致密性和生产速度。

有人认为,压铸生产永远不能生产百分之百完美的铸件。失腊铸造和砂型铸造都是缓慢浇注并让

液态金属自然凝固,而压铸生产都是将液态金属快速压入铸型,结果会引起金属的飞溅、喷射,快速凝固的同时在模具中混入气体,因此不可能生产无孔的铸件。

其实并非如此。目前Federal公司正在发展结构件的压铸生产,Ferrodyn公司也正在生产无孔铸件,产品的性能与锻件相同。缩孔的产生主要是因为铸件收缩的结果,而不是因为气体的引入。

上述两家公司均声称:黑色压铸件的机械性能在

许多方面与锻件相同,例如,压铸件由于表面快速冷却而产生细粒结构,具有良好的抗疲劳特性,适用于作飞机发动机的非转动部件。

实验表明:压铸的不锈钢件更具抗腐蚀性。压铸件的机械性能比其他方法铸造的部件优越得多。

各种黑色金属都能压铸。Ferrodyne 公司曾碰

到的唯一困难是对进口高钴合金的压铸生产。而 Federal 公司声称:对钴合金的压铸已取得了相当的成功。不锈钢是最易压铸的合金,而且一般说来,也最具备良好的特性。

(郑州机械科学研究所摘译自《Machine Design》Nor. 2, 1972, Pp.93—95)

晋

压铸铜合金成本很高吗?

压铸黑色金属生产技术的发展打开了一个新领域,即可同样压铸高熔点有色金属材料。用钼和其他难熔金属作模具材料已获得成功,模具能承受3000°F的高温。

5%以上的铜基铸件和 $\frac{3}{4}$ 的铝铸件都是采用压铸成形的。铜合金的压铸,唯一障碍是因为它们的熔点高,致使模具寿命短而不经济。

Ferrodyne公司是从GE公司独立出来专门从事黑色金属和有色金属压铸生产的公司。他们利用钼或其他难熔金属作模衬,压铸黄铜和其他铜合金,具有下列三大特点:

第一、模具寿命长。模具的寿命高达50,000次,生产成本与钢型比较,可降低50%;

第二、产品的表面特性与设计更切合;

第三、多样生产的适应性高。不仅可以压铸黄铜,而且也可以压铸铝合金、高熔点合金,如不锈钢、钼铜合金等。

生产的多样性非常重要,它为Ferrodyne公司成功地压铸赤铜和不锈钢解决了关键问题。赤铜由于具有异乎寻常的光泽而被受到普遍的重视。可是它在压型中能发生快速和严重的热裂。赤铜的成分是:黄铜85%,铅5%,锡5%,锌5%,熔点是:1570—1850°F。而具有导热率更高的难熔金属型却能克服压铸赤铜的困难问题。

铍铜合金(熔点1930°F)是另一种难于压铸的材料,可是它的应用却越来越广泛,因为它的强度不亚于钢,既生锈也不闪光。

开口扳手的生产,通常的方法是先锻成坯件,然后对扳爪拉削加工,最后进行必要的校正。为了使扳爪尺寸精密,拉削加工十分必要。但是,如按Ferrodyne公司的压铸法生产,则不需要拉削加工,扳爪公差可达 ± 0.003 吋,模具的磨损不会超过平常压铸黄铜的磨损程度。利用同一模具也可压铸不锈钢件。

压铸60/40黄铜喷嘴的主要特点是内径具有精密的锥度和光洁度。液体在高压下通过喷嘴时会产生高速喷射,这就要求喷嘴内径的表面锥度达 $3\frac{1}{2}$ 吋/呎,同时必须十分光滑(达30~50微吋)。

从前,喷嘴的生产是用砂型铸造,锥度用镗削加工,其他生产的办法是采用通常的压铸法。对模具要进行修理,否则就要另换新模具。而今采用难熔金属型,则可降低上述办法所需的高昂成本。

难熔金属型的成本,本来比钢型大约高15~20%,比机加工的成本则更高(机加工的成本变化还取决于零件的形状和复杂性)。

采用难熔合金钼型来压铸404黄铜铸件。钼型的成本为500美元/个,而钢型的成本为300美元/个。但是钢型仅能生产10000~12000件之后,由于型腔热裂和磨损,必须另换新型,这大约要化100美元。而钼型能生产30000件之后,不必修理,且能继续使用。

钢型的平均成本(以每千个计)是36美元,而钼型才16美元。因此在投资上,钼型可降低成本60%。同时由于钼型的导热性比钢型高4倍,因此,在整个生产过程中,钼型的更换次数可以减少。

所谓钼型,并非整个模具用钼作材料,而是将钼作型衬,这大约只占10~15%,其余部分仍用模具钢料。钼型衬还可以免除热处理和光制,因此,从整个生产过程来说,用钼型压铸的成本还要低些。压铸黄铜,除模具材料不同外,基本上和压铸铝、锌件一样,通常应用的冷室压铸机只要稍加变更,也同样适用。

Ferrodyne公司能生产工业、消费和军工等方面范围广泛的产品,采用现有的设备压铸的产品,其最大尺寸长达12吋,最大重量达6~8磅,经济核算按零件的单位值计算,黑色金属压铸生产的最小批量大约是5000件。大小部件均可生产,总公差在第一吋时是 ± 0.005 吋,每增加一吋,公差为 ± 0.002 吋,

每时的平面误差是0.005吋。

机加工的允差是0.010~0.030吋；角度误差为 $\pm 1^\circ$ ；最小壁厚为3/32吋，最大壁厚为 $\frac{1}{2}$ ~1吋；外表面的斜度是 $0\sim 2^\circ$ ，内孔的斜度是 $5\sim 10^\circ$ 。

总之，用难熔金属型压铸有色金属，与砂型铸造

或锻造比较，能使成品的表面光洁度提高，公差缩小；与失腊铸造或机械加工比较，能使生产速度加快，而且更直接。在大批量的生产中，成本很低。

(郑州机械科学研究所摘译自《Modern Metal-
ls》May 1973, PP.89~93)

黑色金属压铸生产的现实性

目前压铸已扩展到绝大部分可铸的金属或合金，甚至气敏性材料在保护气氛控制下亦可以压铸。

Ferrodyne公司是从美国GE(通用电气)公司独立出来专门从事黑色金属压铸生产的一个公司。该公司已与有关部门签订了多项生产黑色金属压铸件的合同。

据Ferrodyne公司的技术付主任希德称：最易压铸的是不锈钢，其次是高合金钢。至于其他黑色金属，包括灰铸铁、可锻铸铁、低碳钢和低合金钢，以及某些镍和钴合金也已压铸成功。目前，F公司对压铸气敏性高级合金尚欠可控气氛熔炉设备，但拟年内即将增添惰性气体熔炉和处理宇宙合金(诸如高钛、高钒合金)的设备。现有的压铸机可以用来压铸黑色金属，但必须具备感应熔炉设备和黑色冶金生产技术知识。

黑色金属的压铸并不比有色金属压铸更难。F公司目前已有八十多项黑色压铸技术方面的专利和专利待审目录。不锈钢和高级合金钢的压铸件应用于建筑、造船、手工工具和运动器材等方面。目前黑色压铸件的长度达12吋，壁厚达1/8至 $\frac{1}{4}$ 吋，重量达6~8磅。尺寸的大小主要是受目前设备条件的限制，而不是受压铸工艺本身的限制。成品的允差与有色压铸件相似，光洁度达50微吋或更好些，内孔斜度达 $5\sim 10^\circ$ ，内部组织与相同成分的材料砂型铸造比较，黑色压铸件更接近于锻件。经热处理的黑色压铸件与锻件比较，晶粒还更精细些，细晶粒的生成是由于在模具材料中采用了难熔金属合金，在压铸过程中急速冷却的结果。此种细晶粒的压铸件，与同成分的砂型铸

件比较起来，又更易进行热处理，而且温度也较低。例如：可锻铸铁当压铸成白口铁时，由于晶粒细化，在仅仅几小时的锻造温度下，又可转变为可锻铸铁，而在通常的铸造操作中则可能需要几天。

致密性是黑色压铸件的一个重要方面。黑色压铸件的特点是克服了偏析作用，而此种偏析作用通常在砂型、壳型和失腊铸造中都会伴随产生。在浇口相同的情况下，由于有压力补给，黑色压铸件的中心收缩比砂型铸造小得多。

总的说来，黑色压铸件与其他铸造生产的部件比较起来，表面光洁度和物理性能都更为良好，但在外形和内孔方面受到一定的限制。与锻件比较，黑色压铸件的允差则小些，而物理性能，在许多方面，则相同或更好些，单件产品的成本也低些。

附：不同的制作方法代价比较如下：

	黑色 压铸	失腊 铸造	砂型 铸造	锻 造
工具投资	高	中	低	高
模具寿命(次)	5~30,000	1	1	10~20,000
单件成本	最低	最高	低	中
表面光洁度	最好	好	最差	不太好,近差
允 差	小	小	大	中
冶金特性	优	良	良	优
外 形	好	最好	好	好
内 孔	不好	最好	好	最差

(郑州机械科学研究所——摘译自《Precision
Metal》June, 1972, PP.67—69)

苏联的黑色金属压铸

二十世纪三十~四十年代开始试验黑色金属压铸(А.Ф.Дурниенко, А.Г.Тукачев等)。第二次世界大战以后,用这种方法生产铸件得到了广泛的发展,迅速增加了产量,改善了铸件的质量,增加了铸件的重量、外形尺寸和复杂性。

黑色金属压铸处在试生产阶段。

探索提高有色金属压型寿命的途径,已有25年以上的历史了。虽然作了大量的工作,但是能满足工业要求的制造压型镶块的材料,仍没有找到。目前寿命最高的材料是钼基合金和钨基合金。苏联正在开展用于黑色金属压型镶块和有色金属压铸用型芯的上述合金寿命的全面研究工作。美国用钼基合金和钨基合金制造有色金属压铸用型芯,用这些合金制造黄铜、铁和钢压铸用的压型镶块的可能性,正在研究中。

作者同许多企业一起研究了用铁合金生产铸件的可能性。得到的结果是许多种材料都能得到质量良好的铸件,如灰铸铁、可锻铸铁、碳素钢10Л, 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 合金钢30ХН3Л, 35ХГСЛ等、高合金钢1Х13Л, 2Х13Л, 8Х13Л, 1Х18Н9ТЛ, Х24Н12СЛ, 1Х17Н25В5Ю2ПР, ЭИ703, ЭИ813, ЭП56等、工具钢У8А, 50ХГ, 60С2, 60С2ГА, 60С2ХА等。

用钛生产压铸件的试验,得到了满意的结果。

作者同一些企业一起试生产各种钢铸件,重量为15~3000克。

铁合金(熔化温度1200~1600℃)精度(ОСТ1010~1017)5~8,光洁度(ГОСТ 2789-59)3~5。

铁合金压铸件的机械性能:

6,42~77公斤, δ 13~26%, HB120~250。

苏联和美国都在注意探索用钼基合金制造压型零件。近年来日本、西德、英国等国家也用难熔金属作压型零件。

美国用MT05和MTZ合金作为制造压型镶块和型芯的材料。MT05合金含0.5%的Ti, MTZ合金含0.5%Ti和0.08%Zr。

作者对各种钼基材料的机械性能和寿命作了试验。采用BM2合金的四个压型,在生产20Л钢星轮

零件时的寿命为2000~3600次。

美国正在研究用钨合金作为铝和铜合金压铸用的型芯材料,以及黄铜压铸用的压型镶块材料。最近出现了АНВЕЛОЙ № 1150合金,含90%W, 4%Ni, 4%Mo, 2%Fe。这种合金 $\sigma_B = 105$ 公斤/毫米², $\delta = 2\%$ 。

但是АНВЕЛОЙ的塑性还很低。根据我们的试验,在上述性能的情况下,钨合金用来生产20Л钢铸件时的寿命不很高。钨合金与钼合金相比,只有在成本相同而寿命高一倍的情况下,才是合算的,因为它的比重几乎比钼大一倍。

用МХЛВ(铜基C_u-Zn-V)合金的镶块寿命,在生产小罩零件时为810次,星轮为370, 510次,盖子为600, 690次。BM1(钼基)合金镶块的寿命,生产小罩零件时为10000次,星轮为3040次。

对200多种材料的寿命进行了考核,较好的材料是钼基和铜基合金。

对压型进行适当的表面处理能够提高它的使用寿命。在压铸有色和黑色金属的工业中,建议采用电介镀铬和磷酸盐表面处理,作为压型镶块和芯棒的工作表面以及压射室零件的工作面的保护层,可以提高压型的使用寿命。镀铬层的物理机械性能比3Х2В8Ф钢好。镀铬层的塑性比钢好,这在金相研究上得到证实,在镀铬层的下面发现有裂纹。磷酸盐处理保护工作表面不受氧化,降低摩擦系数和减少熔接现象,处理层缓和了应力集中的尖锐程度,改善了表面光洁度,因而提高热稳定性,提高使用寿命。

作者等对近200种涂料用于铸钢及其它合金的试验,建议采用下面的涂料:

用于压射室的涂料:

(1)30%纯地蜡, 30%石蜡, 26%凡士林, 14%石墨。(2)50%石墨, 50%蜂蜡。

用于压型镶块的涂料:

(1)25%有机硅液体№5, 17%经过20号筛的氧化铬粉末, 54%醋酸乙酯, 其中乙基纤维溶液的百分比为4~10%。(2)62%有机硅液体№5, 30%氧化铬, 8%白节油。(3)汽缸润滑油。

(郑州机械科学研究所摘译自《Прессформы для литья под давлением Справочное пособие》И.И.Горюнов Ленинград “Машиностроение”)

美国黑色金属压铸研究报告

第一章

引言

1. 目的

本计划的目的是采用压铸法生产完美的、尺寸精确的、高熔点黑色金属合金铸件,其成本费用比用其他浇铸技术和金属加工方法低廉。

压铸是在压力下将熔融的金属压射入一个可以分开的金属永久性铸型里去的一种方法。压铸与永久性铸型浇铸的区别就在于有无这个压射力,也就是此压射力克服了在重力浇铸法中由浇铸金属流动性所产生的阻碍,即压铸能够比其他任何铸造法更加确切地制造细小的部件和更有成效地生产复杂的薄壁铸件。金属的铸模和由压射力所造成的浇铸金属与铸模之间的紧密接触,影响到表示压铸法特征的非常快的冷凝速度。这个快速的冷凝速度导致了铸件组织相对于用其他方法生产的铸件紧密细致。一般说,可以期望这样紧密细致的组织导致着增加强度、延展性和韧性,以及更好地进行热处理。

压铸法也是以用适度的投资和最小的场地空间获取异乎寻常的生产率而著名。这个可喜的情势是压铸法具有高速循环能力的结果。

虽然本计划被限制在考虑一种适用于压铸黑色金属合金的方法,但是据预测,最终结果一般可应用于液相温度在900℃至1600℃范围内的合金。在这个温度范围内,通常的工程材料之中有钴、铜、铁、镍和其各自的合金。采用特殊的熔炼技术和金属传送技术,压铸法总有一天也可被应用于生产铬和钛的合金零件。

2. 任务

如上简述压铸法固有的经济和技术优点,使得在工业上如铅、锡、锌、镁和铝这些材料通常使用压铸已经多年。所有这些材料的液相温度都低于660℃。液相温度在900℃左右的黄铜在工业上也是压铸的,但是黄铜的压铸法不能像那些有较低液相温度的金属的

压铸法一样被广泛地采纳。例如,几乎99%的锌铸件是压铸的,铝铸件的压铸比率是50%至60%,镁铸件的压铸比率在40%至50%之间,但是,铜合金的压铸比率大约只有8%。

在工业生产上,直到最近还不能压铸那些液相温度高于黄铜的合金。这理由是很简单的,其他的部件都能胜任,只因为具有较高液相温度和浇注温度的金属和合金被浇注入模具中,所以主要是压铸模腔的寿命缩短了。相当大的压铸模具制造费用必定按压铸模的使用寿命摊付。因此,在一些压铸模腔使用寿命有限的情况下,压铸模结构的每个部件的造价变得很大,以致压铸在经济上没有吸引力。例如,压铸液相温度大约390℃的锌合金的铸模,在小于100,000次循环之内,几乎不需要维修,不到1,000,000次循环,也可能不需要维修。对于液相温度在580℃至630℃范围内的铝合金,预计其铸模的寿命有100,000次循环是合理的。压铸液相温度在920℃至1000℃范围内的黄铜的铸模,在10,000次循环以后可能需要维修。同时这工作已表明,压铸浇注温度1500℃至1600℃的304号不锈钢的H-13铸模,在不到1000次就一定需要维修。

1966年5月12日宣布“通用电气公司”已经成功地证明有可能在铝基合金的铸模中压铸黑色金属合金的事件,戏剧性地增进了建立一种经济上有价值的黑色金属压铸工艺的前景。本计划提出的课题表明,需要采用压铸法才能够为USAF(美国空军)的特殊用途生产高质、精密的钢铁铸件提供一种经济实用的技术。

3. 组织

为了要在可能最短的时间内达到本计划的目的,四个主要的参与机构分工负责深入探索黑色金属压铸法中某些关键性部分的工作。这必然意味着每个参与机构要建立一套独立的黑色金属压铸设备,纵然四个机构之间保持着紧密的技术联系,每个机构还都允许有许多的技术独立性。虽然这条途径导致了一些重复,但对于同样一个任务,也导致了许多显然不同的解决办法。

编制这个报告是为了提供关于压铸黑色金属的依

次操作的每个关键性部分的工作的一种说明。本计划的试验性生产阶段代表了探索努力的顶点,在讨论它的情况以后,再研究成本、做总结和对未来工作提出建议。

第二章

液体金属传送(略)

第三章

压射系统

因要压铸具有较高浇注温度的金属,所以在压射系统中维持无故障操作成了一个相当大的难题;而且,由于要压铸具有逐渐升高的浇注温度的金属,因此,同压铸模一样,那些暴露在熔融金属中的压射系统部件趋向于缩短寿命。在黑色金属的压铸方面,考虑到必需经常修理和换置压射系统部件这个不利的经济效果,主要致利于制造一种可靠耐久的压射系统。

一、卧式压铸机

(一) 途径(略)

(二) 材料

“Dort公司”考虑三类材料用作压射套筒(或者压射套筒衬套)和柱塞:金属、陶瓷和合成物。也广泛考虑了金属和合成物的耐熔涂料。最初的考虑(不顾材料的分类)是这些材料能够经受它们所遭受到的热冲击。

若干金属因为抗热冲击性差,即使具有其他许多优良性质,还是被排除了。其他一些被认为重要的性能是:

1. 抗蠕变性好;
2. 破裂应力强度高;
3. 瞬时高温机械性能好;
4. 高的热传导率;
5. 抗氧化性好。

对于压射套筒的材料,这些性能的数值在压射套筒最高使用温度时,被认为是一种重要的数据。对于可用水冷的柱塞,室温的性能可能更重要。

在调查的金属中,认为下列合金最有希望用于压射套筒:

1. Haynes编号R-41 (René41) — 镍基合金;
在1950°F固溶热处理4小时,空气冷却(空

冷);在1400°F时效16小时,空冷^{(1)*}。

2. L-605—钴基合金;在2250°F固溶液处理,然后迅速空冷⁽²⁾。

3. Waspalloy—镍基,沉淀硬化合金;在1975°F固溶热处理4小时,空冷;在1550°F保温24小时,空冷⁽³⁾。

4. TZM—钼基合金—消除了应力⁽⁴⁾。

5. Inconel625—镍铬合金;退火的轧制棒料^{(5)**}。

所选的五种合金的1000小时应力破坏强度,屈服强度(0.2%),延伸率,导热性,每一项都作为温度的函数,分别在图6到图9中表示。

虽然TZM(一种含有0.5%钛,0.08%锆和0.03%碳的钼基合金)的抗氧化性不显著,但是这种合金作为压铸模材料在黄铜的压铸模上已经显示出良好的性能。所选的其他合金在高温下具有极好的抗氧化性和抗剥脱性。

Inconel625在1800°F显示有抗剥脱性。对于Waspalloy,直到1600°F证明抗氧化性还很满意。L-605在断续使用到1900°F和连续使用到1800°F时都有良好的抗氧化性。René41成功地用于喷气发动机里遭受高温的后部喷嘴和金属器具。

在所选的五种合金中,有三种用于构造高温合金压铸的压射套筒,看来具有显著的前途。这三种合金是TZM, René41和Waspalloy。

“Dort公司”在整个计划期间都使用铍铜合金——事实上其已成为在铝的压铸工业中一种标准的柱塞材料。(所采用的这种特殊合金是“铍公司”的Berylco10,0.40%~0.70%铍,2.35%~2.70%锆,其余为铜,在900°F时效3小时。)也考虑了一些显示较低热膨胀系数的柱塞材料,还探索了采用Invar和TZM作柱塞材料的可能性。那种工作将在本篇报告后面讨论。

所预料到的压射套筒具有酷热的,化学的和机械的环境严格地限制了候选的陶瓷材料的种数。要使材料成功地适应这种环境,感觉到这种材料必须在2600°F~2900°F表现出足够的机械强度,有良好的抗磨性,能抵抗熔融的黑色合金的腐蚀性侵蚀,显示出对于热冲击和陡变的温度梯度有抵抗力,还有适度的抗氧化性。

在表II中列入了一些较有希望的商用陶瓷材料,并附带一些有关的性质。许多其他的耐火材料因为它们实验性的,利用率有限和昂贵,或者因为它们

*René41是Tefedynne有限公司的商标。这种合金的切削性经固溶退火,继用水淬能够得到改进。

**Inconel625是“国际镍公司Huntington合金产品部门”的一种产品,亨丁登,西维吉尼亚(Huntington, West Virginia)。

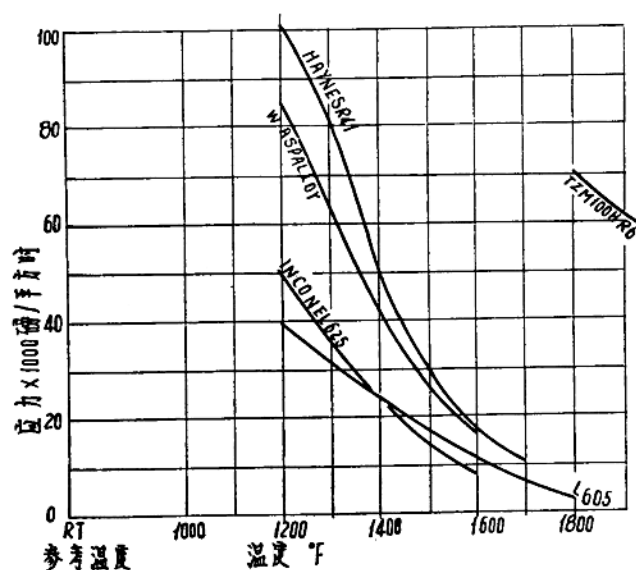


图 6 所选的五种合金1000小时应力破坏强度，作为温度的函数

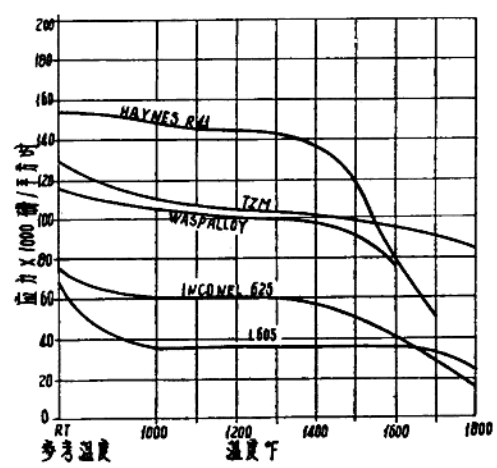


图 7 所选的五种合金屈服强度 (0.2%) 作为温度的函数

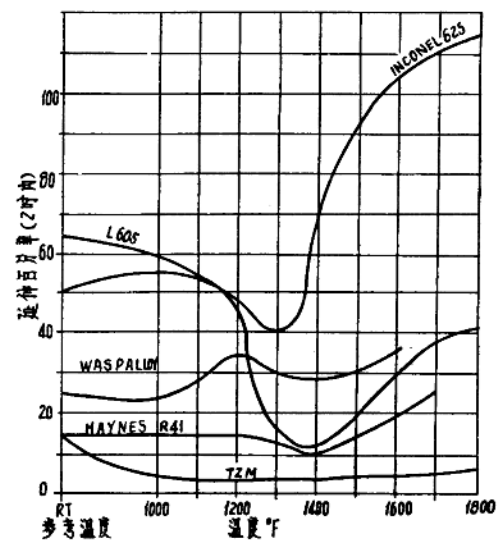


图 8 所选的五种合金受拉延伸率作为温度的函数

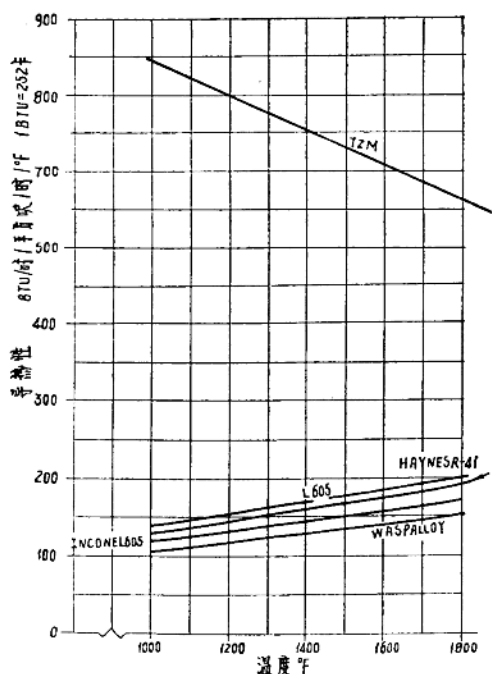


图9 所选的五种合金的导热性作为温度的函数

压射套筒这个应用上表现出的希望不大而没有列入。在一些较常使用的耐火材料中，不包括碳化硅（SiC），因为其具有与熔融的黑色合金人所共知的反应性；而且也排除了人造石墨，因为其抗磨性和抗氧化性比较差，同时也因为其在融化的铁液中有适度的溶解性。

许多陶瓷氧化物除了抗热冲击性以外，都符合以上所有的要求。一种确实有极好抗热冲击性的氧化物——氧化铍（BeO），因为毒性问题而不考虑。在表II中所列的一些材料中，富铝红柱石和锆石也许最适合应用于压射套筒，主要由于它们有比较低的热膨胀率。

然而，假若能够预热或者连续地从外部加热陶瓷的压射套筒，实际上，热冲击问题则消除了，当温度保持在1800°F以上时，绝大多数陶瓷材料能够经受适度的热冲击和温度升降。由于富铝红柱石或锆石压射套筒也可能需要预热到1600°F~1800°F以防止受热冲击而严重破坏，所以他们的优点并不比单体氧化物多。

假定陶瓷的压射套筒被预热，请考虑图10。在这里，比较一些单体氧化物在70°F和2000°F时的抗拉强度，抗弯强度和抗压强度。根据这些数据和表II中所示的数据，氧化铝（Al₂O₃）看来最有希望。在室

表 II 所选的一些商用耐熔氧化物的性质

材料或分子式	熔 点 (°C)	在氧化大气中 使用的极限 (°C)	硬 度			热膨胀线性系数 (E) 厘米/厘米/°C	
			莫氏硬度标	Vickers (100克)	Knoop (100克)	温度 (°C)	E × 10 ⁷
氧化铝 Al ₂ O ₃	2015	1950	9	2700	2020	20—1580	80
氧化铍 BeO	2550	2400	9	—	1300	20—1400	95
氧化钙 CaO	2600	2400	4.5	—	560	20—1200	136
氧化镁 MgO	2800	2400	6	—	—	20—1400	140
氧化硅 SiO ₂ (结晶态)	1728	1680	7	1200	—	20—300 300—1100	430 30
氧化硅 SiO ₂ (玻璃状态)	—	990*	—	—	—	20—1250	5
氧化钍 ThO ₂	3300	2700	7	—	945	20—1400	95
氧化锆 ZrO ₂ (经稳定)	2600	2500	7—8	—	1208	20—1200	55
富铝红柱石 3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	1830	1800	6—7	—	—	20—1320	45
铝酸镁 MgO·Al ₂ O ₃	2110	1900	8	—	—	20—1250	90
锆石 ZrO ₂ ·SiO ₂	2420	1870	7.5	—	—	20—1200	55

*应变点

表 II

所选的一些商用耐熔氧化物的性质 (续)

材料或分子式	导热性 (K)			抗热冲击性	化学适应性				
	卡·秒 ⁻¹ ·厘米 ⁻² ·厘米 ⁻¹ 温度(℃)	孔隙度 (%)	K × 10 ⁴		还原气体	碳	酸性 熔渣	碱性 熔渣	金属
氧化铝 Al ₂ O ₃	1200	23	57	好	好	良好	好	好	好
氧化铍 BeO	1200	5—10	393	极好	极好	极好	一	良好	好
氧化钙 CaO	1000	9	170	良好	差	差	差	良好	良好
氧化镁 MgO	1200	22	61	良好	差	好	差	好	良好
氧化硅 SiO ₂ (结晶态)	1100	—	38	320℃ 以下差 320℃ 以上极好	差	差	好	差	差
氧化硅 SiO ₂ (玻璃状态)	—	0—9	33	极好	良好	好	好	—	—
氧化钍 ThO ₂	1200	17	0	差	好	良好	差	好	极好
氧化锆 ZrO ₂ (经稳定)	1200	28	22	良好	好	良好	好	差	好
富铝红柱石 3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	1200	30	64	良好	良好	良好	好	良好	良好
铝酸镁 MgO·Al ₂ O ₃	1300	36	50	差	—	良好	良好	好	—
锆石 ZrO ₂ ·SiO ₂	1000	30	50	好	良好	良好	好	差	好

温和2000°F时,它都表现出各种氧化物具有的一切最大的机械强度。除此之外,它是所有商用耐熔材料中最硬的,因而,在所有其他的因素相等时,它显示出最好的抗磨性。抗磨性已经表示出直接与金属硬度有关⁽⁷⁾,而且也与陶瓷氧化物硬度有关。其实,氧化铝极好的硬度和高温性质已经反映在“Battelle纪念学院”里所进行的对氧化铝用作高速、滑动轴承和密封材料的研究上⁽⁸⁾。况且,Al₂O₃(也同其他耐熔氧化物一样)比任何一种氧化铁⁽⁹⁾都有较高的生成热和自由生成能的数值,这一事实说明为什么在熔化的铁和氧化铝之间事实上没有发生反应或侵蚀。

总之,选择氧化铝作为陶瓷的压射套筒具有显著的前途,因为它有许多不寻常的结合在一块的吸引人的性质。这些性质包括:

1. 极好的硬度;
2. 在高温下尺寸稳定;
3. 对熔融的黑色合金实质上不起化学作用;
4. 在室温和高温时都有良好的抗拉强度;
5. 抗压强度高;
6. 非常高的弹性模数;
7. 无粘结特征;
8. 极好的抗磨性;
9. 容易制造。

然而,选中氧化铝作为优先挑选的陶瓷的压射套筒材料仅仅部分解决了材料的选择问题。Al₂O₃的性质依其纯度,密度,也依其制造方法和所使用的熔炼

参数而变化很大。虽然理论上晶粒紧密细致的材料有最大的高温强度和硬度,但它的抗热冲击性并不像略有孔隙的粗晶粒物体那样好。少量的孔隙有助于缓冲与陡变的温度升降连在一起的机械应力,并且粗颗粒作为破裂的抑制器。因此,粗晶粒物体在现在的应用上具有最大的潜在可能性。

由于这些缘故,才选择Hycor TA-509 氧化铝作为陶瓷压射套筒和柱塞的最初候选材料*。这种材料的合成物已经成功地用于同熔融的钢相接触的许多应用中;而且由这种合成物制造的器具尽管其微低的强度,还是表现出极好的抗磨性。可以用石膏铸型,滑动浇铸法(Slip Casting, using plaster molds)来制造这种器具,而且使用这种工艺导致器具具有良好的抗热冲击性。在表Ⅲ中摘要列出了Hycor TA-509氧化铝的一些性能。

对于压射套筒材料问题的另一个解决办法似乎是使用一种合成材料,这种合成材料应该包括几种组分的良好特性。已经广泛用于钢的浇铸上的一族合成材料是石墨—陶瓷合成物。这些合成物在成分上可能有很广范围的变化,但是它们都包含天然的片状石墨和陶瓷组分,如同Al₂O₃, MgO, 或耐火粘土和砂粒的混合物。这些合成物通常良好的性质和容易制造使得它们看来很有希望作为压射套筒的材料。天然的石墨由于增加了合成物的导热性和减小了其热膨胀系数而对合成物提供了抗热冲击性,而且当熔融的钢液侵蚀所有的石墨时,天然石墨几乎不受侵蚀。

*Hycor TA-509由“Sola碱性工业公司”的“工程陶瓷部门”生产。