

文章编号:1003-7837(2004)02-0132-03

硬质合金注射成形技术的研究现状

傅 小 明

(江苏大学材料科学与工程学院,江苏 镇江 212013)

摘 要:对硬质合金注射成形技术的基本原理和工艺,硬质合金注射成形技术的特点和应用,以及粘结剂、注射压力、注射温度、注射速度、模具温度等因素对注射成形压坯的影响进行了综述。

关键词:硬质合金;注射成形;研究现状

中图分类号:TF125.3 **文献标识码:**A

硬质合金具有硬度高、强度高、耐磨损、耐腐蚀、耐高温和膨胀系数小等优点,是金属加工、矿山开采、石油钻探和国防军工等不可缺少的工具材料^[1]。传统的硬质合金生产方法如压制-烧结法只能生产形状比较简单的制品,限制了硬质合金的应用范围。冷、热等静压法虽然能生产形状复杂的制品,但是其生产成本低,不适合大规模生产。国内外有关专家和学者把传统的粉末冶金成形技术和塑料注射成形技术相结合开发出了新的成形技术。硬质合金注射成形技术能够以较低的成本生产出性能优良的形状复杂的零件^[2]。这为熔点高、难加工的硬质合金材料的推广应用带来了契机。国内外许多研究机构和硬质合金厂家对硬质合金注射成形技术进行了深入研究,并生产出一些硬质合金零件。目前,硬质合金注射成形技术已成为国际粉末冶金领域中很有前途的一种新的近净成形技术,被誉为“国际最热门的金属零部件的成形技术之一”^[3]。

本文对硬质合金注射成形技术的基本原理和工艺,硬质合金注射成形技术的特点和应用,以及影响硬质合金注射成形的因素进行了综述。

1 硬质合金注射成型的基本工艺

硬质合金注射成形技术是传统的粉末冶金技术与塑性注射成形技术相结合的一种新技术。基本工

艺是首先将金属粉末与热塑性粘结剂(如聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯酸等)和增塑剂(如石蜡、脂肪酸酯等)均匀混合,使其成为在一定温度下具有良好流动性的流态物质。然后把这种流态物质装入注射成形机的料斗,在一定的温度(160~200℃)和压力(60~100 MPa)下将流态物质注入金属模具内,经过充填、保压、冷却和热塑性粘结剂固化后成形,脱模取出坯体。最后将所得到的坯体中的热塑性粘结剂去除,再进行烧结^[4,5]。其工艺路线^[6,7]如图1所示。

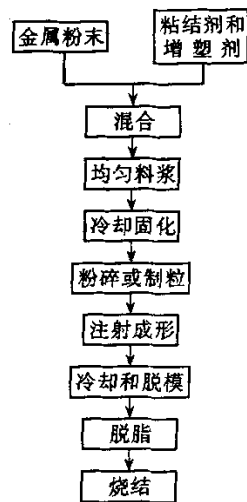


图1 硬质合金注射成形的工艺路线

Fig.1 Flowsheet of cemented carbide injection molding

2 硬质合金注射成型的特点^[3,8,9]

收稿日期:2003-10-23

作者简介:傅小明(1974-),男,四川广元人,硕士研究生。

万方数据

与传统的压制成形如钢模压制成形相比,硬质合金注射成形具有以下特点:(1)零部件几何形状的自由度高和尺寸精度高,适用于制造几何形状复杂、精密和具有特殊要求的小型零件。(2)注射成形时流动充填模腔的均匀性,可使产品各处密度均匀,避免了传统压制成形工艺中不可避免的密度不均匀;采用的粉末较细,可使产品烧结后达到很高的密度。(3)设备投资较少,材料利用率高。(4)产品的质量稳定,性能可靠,制件的相对密度可达95%~98%,制件的强度比传统压制成形的粉末冶金产品高15%左右。(5)可以最大限度地制得最终形状的零件而无需后续机加工,或只需进行少量的机加工。(6)制造工艺简单,生产效率高,易于实现大批量生产。

硬质合金注射成形技术的应用非常广泛,如钻头、冲头、刀头、螺旋铣刀、电工工具、手工工具和军用弹头等。

3 影响硬质合金注射成形的因素

影响硬质合金注射成形的因素有粘结剂、注射压力、注射温度、注射速度和模具温度等可控制因素,还有环境温度、湿度和注射机磨损等非可控制因素。因此,要获得理想的注射成形压坯,除了尽量限制非可控制因素外,更重要的是选择合适的粘结剂,并对可控制因素进行优化组合^[10]。

3.1 粘结剂

在硬质合金注射成形的过程中,粘结剂是该技术的核心,起着十分重要的作用,直接影响硬质合金粉末的混合、注射成形和脱脂等工序,对注射成形压坯的质量、尺寸精度和合金成分等也有很大的影响^[3]。粘结剂除应具有增强金属粉末流动性和维持坯块形状两个基本功能外,还应具有易于脱除、无污染、无毒性和成本低等特点。粘结剂一般是由低分子组元与高分子组元加上一些必要的添加剂和表面活性剂构成。低分子组元的粘度低、流动性好,容易脱除;高分子组元的粘度高、强度高,可以保证成形坯具有一定的强度。如果二者以适当的比例搭配,可以获得高的粉末载量,最终得到精度高和均匀性高的产品^[11]。所以,在选择粘结剂时,应考虑以下条件:(1)流动性好;(2)易热分解和分子量较低,这样在制品内不残留碳;(3)不与金属粉末发生反应等。

粘结剂的研究和开发缺乏系统性和理论深入,其设计多数是凭经验,至今仍影响着硬质合金注射成形技术的发展。因此,对粘结剂进行深入研究很有

必要。目前,粘结剂的研究开发正逐渐从单凭经验选择向根据对脱脂方法和粘结剂功能的要求,有针对性地设计粘结剂体系的方向发展^[9]。一般采用的粘结剂体系主要有:热塑性体系(如石蜡基、油基和聚合物基)、凝胶体系、热固性体系和水溶性体系。目前,硬质合金注射成形最常用的粘结剂为热塑性体系中的树脂和石蜡。

3.1.1 树脂

硬质合金注射成形常用的树脂有聚乙烯(PE)、异乙烯(PBMA)、聚乙烯醇缩丁醛(PVB)、乙烯-醋酸乙烯共聚体(EVA)、聚丙烯(PP)和聚苯乙烯(PS)等。从热分解性看,PS和PBMA>PVB>EVA>PE和PP。其中PE和PP在分解后容易残留碳;PS、聚丁烯和PBMA等在热分解后回到单体,碳残留量较少。用它们作粘结剂,其优点是成形坯的强度高及保形性好,缺点是脱脂速度很慢^[6]。

3.1.2 石蜡

石蜡的分子量比树脂小,熔点较低。如石蜡、二十四熔石蜡、蒙大拿石蜡的分子量为300~500,分子大小为3~5 nm;微晶石蜡的分子量为500~800,分子大小为5~8 nm;聚乙烯石蜡的分子量为1000~10000,分子大小为10~100 nm;而大分子石蜡的分子量为10000~1000000,分子大小为0.1~10 μm。与树脂相比,石蜡的粘结性较低,成形性较差;石蜡达到熔点后就成为液态,并向表面流动。但石蜡分解所产生的气体较少,脱脂性能好,具有较强的润滑作用。故通常石蜡与树脂一起使用^[6]。

3.2 注射压力、注射温度、注射速度、模具温度

对注射成形压坯的影响

对于硬质合金注射成形来讲,注射压力和注射速度很重要。注射压力太低会引起欠注;注射压力太高会引起断裂和飞边,同时还会引起成形坯内储存太多的残余应力,在脱脂时,这些残余应力会引起形状复杂的部件开裂。注射速度太大同样也会引起成形坯内储存太多的残余应力,同时还会引起物料飞溅。注射速度过小会使物料在模具内的填充不实,易引起压坯掉边掉角。注射温度的微小变化对充模的影响不明显。如果模具温度选择不合适,会引起充模不完整或使成形坯断裂^[12]。

研究表明^[13]注射压力、注射温度对注射成形压坯的强度和密度的影响最为显著,模具温度对注射成形压坯的强度的影响最为显著,而注射速度对注射成形压坯的强度和密度只有一定的影响。注射压力增加,注射成形压坯的密度和抗弯强度都增大;

注射温度升高,注射成形压坯的密度降低。

4 碳含量对合金性能的影响

碳含量是影响硬质合金性能的关键因素,碳含量的微小波动会引起合金相组成的变化,从而影响合金的性能。适宜碳含量的合金组织为 WC + γ 两相。若碳量不足,合金中会产生脆性 η 相;若碳量过多,合金中会出现游离石墨,第三相的出现必然导致合金强度显著降低^[14]。与传统压制烧结相比^[15],由于粘结剂的添加方式不同、种类不同、加入量较多以及脱除方法复杂等,使对硬质合金注射成形碳含量的控制更加困难^[15]。

粘结剂的脱除方法有热脱脂、溶剂脱脂、催化脱脂和虹吸脱脂,其中常用的是热脱脂和溶剂脱脂。热脱脂的优点是工艺简单,成本低,投资少,无环境污染;其缺点是脱脂速度慢,易产生缺陷。溶剂脱脂的优点是脱脂速度快,脱脂时间短;其缺点是工艺复杂,对环境和人体有害^[3,16]。

5 展望

硬质合金注射成形技术与开发的主要方向为:开发高效、低成本的微细近球形的硬质合金粉末生产技术;研究开发有益于环保、工艺性能更佳的新型粘结剂;开发硬质合金注射成形过程的模拟与仿真技术,为模具设计和注射工艺奠定理论基础;确定影响硬质合金注射成形产品尺寸精度的因素,探索控制产品变形和提高其尺寸精度的方法。

参考文献:

- [1] 敖晖,李晓明,曲选辉,等. 充模流动计算机模拟在硬质合金 MIM 中的应用[J]. 硬质合金,2001,18(4):197-200.
- [2] 李益民,黄伯云,张健,等. 不同粉末对 Fe-Ni 合金注射

成形工艺过程的影响[J]. 机械工程材料,2001,25(6):17-20.

- [3] 李笃信,黄伯云. 金属注射成形技术的研究现状[J]. 材料科学与工程,2002,20(1):136-139.
- [4] 韩建民,于淑珍,晏传鹏. 材料成形工艺技术基础[M]. 北京:中国铁道出版社,2002. 166-171.
- [5] 蒋成禹,胡玉洁,马明蟾. 材料加工原理[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001. 105-118.
- [6] 深津保. 硬质合金的注射成形[A]. 日本专家技术讲座资料汇编[C]. 自贡:自贡硬质合金有限责任公司,2001. 24-28.
- [7] 曾凡同,陈利民,赵效杰. 金属粉末注射成形工艺技术[J]. 机械工艺师,1998,(2):29-31.
- [8] 施江澜,赵占西,顾用中. 材料成形技术基础[M]. 北京:机械工业出版社,2001. 176-199.
- [9] 高建祥,曲选辉,赵赛. 金属粉末注射成形技术的最新研究动态与发展趋势[J]. 硬质合金,2003,20(1):56-59.
- [10] Richard T, Daeyong L. Optimization of Metal Injection Molding: Experimental Design [J]. The International Journal of Powder Metallurgy, 1990, 26(3):233-241.
- [11] Wei T S, Gesman R M. Injection Molded Tungsten Heavy Alloy[A]. White D G. Compendium on Metal Injection Molding (II) [C]. Princeton:MPIF, 1989. 143-152.
- [12] 李昆,李晓明,黄伯云. 硬质合金剃刀座注射成形工艺过程的研究[J]. 硬质合金,2002,19(2):83-86.
- [13] 祝宝军,曲选辉,陶颖,等. 硬质合金注射成形参数的优化[J]. 稀有金属材料与工程,2002,31(3):232-235.
- [14] Yang M, German R M. Nanophase and Superfine Cemented Carbides Processed by Powder Injection Molding[J]. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, 1998, 16(2):107-117.
- [15] Nyborg L. Guide to Injection Molding of Ceramics and Hardmetals: Special Consideration of Fine Powder[J]. Powder Metallurgy, 1998, 41(1):41-45.
- [16] 李松林,梁叔全,李笃信,等. 粉末注射成形溶剂-热二步法脱脂过程变形的研究[J]. 粉末冶金技术,2003,21(2):76-79.

Present state of research on cemented carbide injection molding

FU Xiao-ming

(School of Materials Science and Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, 212013, China)

Abstract: Principle, technology, characteristic and application of cemented carbide injection molding are summarized in the article. And the influence of some factors such as binder, injection pressure, injection temperature, injection speed and mold temperature on cemented carbide injection molding are also summarized.

Key words: cemented carbide; injection molding; state of research