



当前位置： 首页 > 技术交流 > 铝液净化是半固态压铸的基石

铝液净化是半固态压铸的基石

发布时间：2022-10-24 作者：铸造工程 浏览量：441

最新资讯

-  关于召开“第十九届中国铸造协会年会”的预通知
-  中国机床铸件行业发展交流会与中国铸造协会机床铸件分会2022年会的通知
-  2023年德国GIFA & NEWCAST展会 即刻预订!
-  关于中国铸造协会智能铸造工作委员会一项团体标准制修订的批复
-  关于中国铸造协会智能铸造工作委员会等一项团体标准制修订的批复
-  关于中国铸造协会标准工作委员会等一项团体标准制修订的批复
-  直播预告 | “会长谈产业”之铸造特辑
-  关于开展2022年品牌价值评价工作的通知

半固态压铸SSMDC是一种涉及在固相线和液相线温度之间成形的技术。顾名思义，其成形材料必须由被液体基质包围的固体近球状晶粒和宽的固相线到液相线过渡区组成。在世界范围内，已经开发了许多可以适量产生球状微观结构的技术。这些微结构使浆料被赋予触变特性；即具有剪切和时间相关的流动特征，这是半固态得以压铸成形的关键内核。原则上，高粘度铝合金不适合用于半固态压铸，目前尚没有推出专门为半固态压铸设计的铝合金系列。不过，北美压铸协会NADCA于数年前已推出半固态和挤压铸造工艺压铸件产品规范标准。

1 半固态成形工艺的回望

众所周知，传统概念的半固态工艺，一定是采用高固含量浆料，通常含有40%~50%的固体颗粒。半固态金属铸造需要使用低粘度流体但不是熔融的材料，成形发生在大约30%到65%的金属保持固态并且70%到35%变得粘稠的温度范围内，因此它综合了铸造和锻造的许多优点。

半固态压铸成形通常比普通压铸生产的铸件强度高且孔隙少，净公差更严格精确。目前国内对采用高固含量浆料实现半固态压铸的关注度不高，广为推崇的是低固含量浆料的半固态压铸，其浆料含有5%到20%的固体颗粒，粘度仅略高于全液态合金的粘度。由这些低固含量工艺生产的压铸件所使用的模具设计与传统压铸相比几乎没有变化，其性能提高的幅度也是仁者见仁，智者见智，笔者姑且将其视为准半固态工艺，以示有别。

时至今日，围绕树枝晶转化为球状形态的过程和方法，已提出了多种机制和推断，这些机制包括枝晶臂断裂、枝晶臂根重熔和生长控制机制等。然而，确定将枝晶转变为球形形态的准确机制仍不清楚。

总体上看，根据原材料状态，半固态金属加工技术可分为两大类：一类是液态路线，又可分为搅拌和非搅拌路线。机械搅拌、磁流体动力搅拌（MHD系通过三种方式获得旋转流来实现电磁搅拌，即水平搅拌、垂直搅拌和螺旋搅拌）、半固态流变铸造（SSR，将冷石墨搅拌器插入熔体中作为成核源，形成非树枝状微结构）、气体诱导半固态流变铸造（GISS，在低过热度均匀温度下，成核由多孔石墨棒将氩气气泡引入熔体，以获得精细的非树枝状微结构）以及涡流熔平衡装置（SEED），这些属于搅拌路线。而新流变铸造（NRC）、冷却斜率铸造（俗称溜板法）超声波振动，剪切-冷却辊工艺（SCR）和喷射成形（用于生产任何其他途径无法生产的晶粒尺寸小于20 μm的合金）等，属于非搅拌路线。其中MHD目前是生产性能优良关键部件的首选。可以生产出比NRC、SSR或GISS等液体路线具有更好力学性能的产品。

另一类是固态路线。已成功用于商业应用的固态路线有直接部分重熔法（DPRM）、应变诱导熔体活化法（SIMA）、再结晶和部分熔化法（RAP）、直接部分重熔法（DPRM）、固溶处理和部分重熔方法等。使用镁颗粒或片的注射成型技术即触变成型已成功地生产了商业零件。SIMA工艺产生的微结构具有近球形晶粒，最适合半固态加工。

如果从实现半固态材料理想状态出发，笔者认为固态技术更有优势，它可以提供更均匀和更圆润的颗粒，而且固态路线可能是生产用于触变成型高熔点合金原料的最有效方法。

流变路线涉及从液相制备SSM浆料并将其转移到模具或模具中以进行近净成型。触变路线涉及具有近球状微观结构的原材料，在重新加热并保持在固相线和液相线之间的适当温度后注入模具。

半固态金属加工最核心的问题是产生精细的近球形微结构，最终能产生良好力学性能铸件的理想显微组织，一定是具有均匀细晶粒度、高圆整度、形状因子接近1的组织。在这方面，与其他技术相比，MHD一直是能够生产大量适用于商业应用质量稳定的优质球状微结构的最有效方法。笔者在二十多年前，与科研小组的同仁及博士生、硕士生们，曾围绕半固态浆料的制备工艺，实验研究了旋转磁场对铝合金微观组织的影响，故对此颇有感悟。

多年来，通过世界各地研究人员的工作，对晶粒形态转变过程以及成功加工半固态合金和复合材料所需的加工参数已有了深入的了解。然而，五花八门的半固态金属加工路线，除了少量触变成型用户和使用MHD原料的用户之外，尚未见发挥其弥合铸造和锻造之间差距的潜力。即使触变成型最有潜力实现这一目标，但它现在也面临着来自金属注射成型等增材制造技术的新竞争。这个已研发五十余年的领域，挑战与机会并存，未来半固态金属加工依然被看好成为许多领域的重要制造方法，尤其是在汽车和航空航天工业。

围绕铝合金半固态压铸，采取何种工艺生成非树枝状原料很关键，需要对工艺的实效、稳定性、协调性、复杂程度、投资规模、生产效率、总体成本、环保以及原料可再生利用率等多方面权衡，但无论如何，能够生成理想非树枝状原料的前提还是要备好净化的铝液，否则一切近球形微结构处理技术都成为无源之水、无本之木。这个道理很浅显，但往往容易被轻忽。

铝液的净化效果对气孔、缩孔、夹杂的形成有重要的影响，且直接影响铝合金铸件的物理性能、力学性能。没有高质量的铝液，即使后续处理再先进，缺陷一旦产生就始终存在产品之中，高质量的铸件就难以获得。

对于半固态压铸，铝液的净化与否不仅关乎常规压铸件的终端质量，还将直接影响半固态浆料制备的效果。因为铝液中常见的非金属杂质氧化物、氮化物、碳化物、硼化物等，大都以颗粒状存在，典型的颗粒尺寸在1~30 μm范围内。除来自炉料外，主要是熔化过程中化学反应的产物。铝表面的氧化膜厚度在2~10 μm，接近熔点时增至200 μm，液面上的氧化膜不仅更厚，而且结构发生了变化；面向铝液一侧是致密的对铝液有保护作用，而铝液外侧是疏松的，内有直径5~10 μm的小孔并被氢、空气、水汽充满，液膜若搅入铝液必然会增杂、增气。另外一些不希望有的初生金属间化合物，还会形成富铁的铝铁相、针状铝硅铁相等，严重破坏铝的基体，这些杂质的存在，使半固态浆料的流变性明显下降，必然干扰和破坏半固态浆料球化处理的效果。

不仅如此，由于夹杂物与气体存在很强的交互作用和寄生机制，杂质附着气，气寄生于杂质，杂质多气多，当夹杂含量为0.002%~0.02%时，相应的氢含量为0.2~0.35 ml/100gAl。夹杂物含量越高，针孔率就越高。半固态压铸选用的铝合金，一般结晶温度范围宽，铸件凝固时，氢在固液两相的溶解度相差19.1倍，析出的气体分布在晶界及枝晶间隙中，形成网状针孔，使浆料球化处理的效果大打折扣，同时，含气量高的半固态浆料，必然使本来就十分脆弱的铝液流动性雪上加霜。

一旦半固态压铸出现质量问题，很少从铝液净化与否这个源头去顺藤摸瓜。作为半固态压铸的基石，若铝液没有净化完全，依然混迹于铝液中的各种形态的夹杂和气体，必然成为半固态浆料制备的干扰素，至少使完成半固态压铸成形所必要的流动性下降，其导致的连锁反应可想而知。

实践证明，在半固态压铸的开发研究及生产过程中，既不能一味追求工艺的简单化，也不能光盯着先进的半固态技术而疏忽了铝液的早期处理，特别是当前基础原料大多是再生铝当家，原铝液的质量管控难度较大，稍有不慎，将可能导致全盘皆输。实践证明，在铝液净化上多下点功夫，往往事半功倍。

4 含稀土多功能熔剂净化是未来发展方向之一

毋庸置疑，铝液的净化和晶粒细化综合处理，亦应成为半固态压铸的基础问题。铝液净化处理按生产环节的不同可分为炉内处理和炉外处理。铝合金炉内处理按净化的机理可分为吸附净化技术和非吸附净化技术。

吸附法净化主要是依靠精炼剂产生的吸附氧化夹杂物的作用，同时清除氧化夹杂及表面依附的氢，达到净化铝液的目的。非吸附法净化依靠其它物理化学作用，达到铝液净化的目的。吸附法净化作用只发生在吸附界面上，非吸附法净化的作用同时作用于整个铝液。目前吸附法主要有惰性气体吹洗、活性气体吹洗、混合气体吹洗、除渣精炼剂净化、溶剂法净化等；非吸附法，主要有真空净化处理法（静态真空处理、动态真空处理）、超声波净化处理法、电磁净化处理法、压力结晶法、稀土元素固氢法等。

在吸附法净化处理技术中，现有许多实用的铝液处理方法，如惰性气体旋转除气、泡沫陶瓷过滤、喷粉处理，以及旋转除气与喷粉处理联合使用等。在非吸附法净化处理技术中，稀土元素固氢法正逐渐成长为未来的发展方向之一。

最有代表性的铝液净化新工艺有旋转脉冲喷吹法、电磁净化法、多功能熔剂净化法等。在旋转脉冲喷吹法中，进一步减小气泡尺寸与气泡在铝液中的分布，是提高除气率的关键。电磁净化主要用于去除氧化夹杂。

多功能熔剂净化是使用含有稀土化合物和碳酸盐等成分的新型多功能熔剂，除氢效果好。稀土化合物可与铝熔体反应生成稀土单质，它既能与铝液中的氢生成 ReH_2 或 ReH_3 ，起到除氢的作用，又可以与 Al_2O_3 反应，置换出Al，以降低铝熔体中氧化物夹杂的数量。来自压铸、铝型材熔炼及再生铝锭生产厂家近五年的应用实践证明，含稀土的除渣精炼熔剂巧妙运用了稀土与铝熔体相互作用的特性，不仅简洁高效，而且能有效地改善再生铝熔炼的冶金质量，且处理全过程不会产生有害物质。该熔剂发挥了稀土元素对铝熔体的精炼净化和潜在的变质功能，通过进一步的研究开发，有望最终达到对铝熔体净化变质的一体化处理。

近年来，我国的铝液净化工艺及相应设备不断改进和完善，为高性能铝合金铸件提供了可靠保障。然而，与半固态压铸相呼应配合的铝液净化工艺尚未引起关注，笔者认为，为了充分发挥半固态压铸的优势，原则上对铝液的净化应有相对于传统压铸更严格的要求。因此建议在加强熔体净化工艺基础理论研究的同时，开展对铝熔体中氢和各种夹杂物与形成半固态浆料之间相互作用的关系的探讨，从而为半固态压铸用铝合金液净化工艺的设计提供精准的理论导向。



中铸鼎盛杂志社（北京）有限公司主办 铸造产经网@版权所有 客户服务: 400-1818888

京ICP证020021号 京ICP备12001679号 京公网安备: 1101020584

声明:版权归产经网所有 本网站内容未经书面授权不得转载与镜像



《铸造工程》



铸造头条