

过去由于没有合适的陶瓷型芯材料,工厂在制造不锈钢、结构钢空心零件时不得不采用锻造毛坯经机加工、焊接密封等方法,这样不仅花费大量的锻造模具加工工时和费用,而且毛坯加工余量大、加工工时多,同时在焊接时由于局部加热容易引起变形。因此,零件的设计者和制造者都希望采用陶瓷型芯一次铸出带有内孔的毛坯。但用普通硅质陶瓷型芯材料浇注,结

果在型芯与金属的界面上出现大量的气孔。为寻找适合于铸造不锈钢用陶瓷型芯材料,我们进行了大量的试验研究工作,终于成功地找到了完全适合于铸造不锈钢空心零件用的陶瓷型芯材料—氧化镁。

一、试验条件

1. 铸造合金成分

ZGCr₁₇Ni₂合金比较广泛地用作高压压气机和外函道叶片,点火器及喷嘴等空心零件,其成分列于表1。

表1 ZGCr₁₇Ni₂合金化学成分

C	Cr	Ni	Si	Mn	Fe
0.06~0.12	15~18	2.8~3.3	0.8~1.5	0.3~0.8	余

2. 试验零件

试验选用ZGCr₁₇Ni₂不锈钢空心整流叶片,如图1所示,型芯尺寸为:大端9.5×2.0mm,小端7.5×1.7mm。用熔模精密铸造方法制造壳型,在大气下将高频炉熔炼的1600~1670℃的钢水浇入经800~950℃预热处理的壳型中。

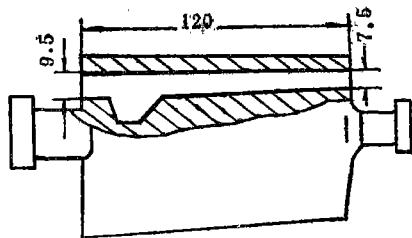
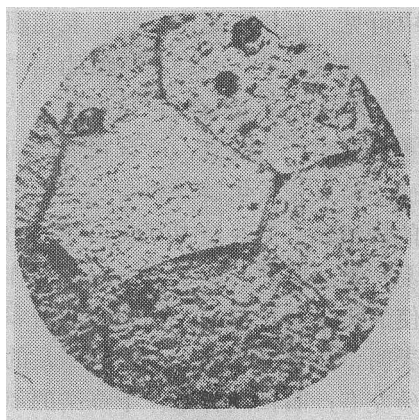


图1 不锈钢空心叶片

二、试验结果及讨论

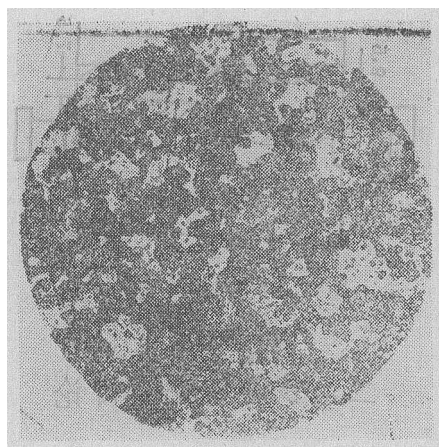
氧化镁是优质耐火材料,具有很高的耐火度,SK可达40~41(约1930~1935℃)。它在浇注温度下与许多合金元素无化学反应。氧化镁是典型的碱土金属氧化物,它能很好地溶解于无机酸(如盐酸、磷酸等),有机酸(如草酸、酒石酸、醋酸等)水溶液中。

氧化镁种类繁多。如电熔氧化镁,由于方镁石发育十分完善(图2),因此,其化学活性很小,水化速度很低,使脱芯增加困难;菱镁矿,由于杂质含量多,使型芯性能变差;化学氧化镁由于方镁石发育不完善,晶粒十分细小(图3),化学活性大,能很快地溶解于水和蒸汽中。因此,原材料尽量选取高纯度的化学氧化镁。



100X

图2 电熔氧化镁晶粒结构



400×

图 3 化学氧化镁晶粒结构

用氧化镁制成的陶瓷型芯浇注ZGCr₁₇Ni₂一类不锈钢时,即使浇注温度提高到1650℃,仍未发现型芯材料与铸造合金发生化学反应,未发现气孔(见图4)和粘砂现象(见图5),内孔表面光洁,表面粗糙度不大于10微米(见图6)。这是由于镁对氧的亲合力远大于合金中诸元素对氧的亲合力(见表2)。而且用氧化镁陶瓷型芯浇注的空心薄壁铸件,即使壁厚很薄也不容易出现热裂。一方面是由于氧化镁陶瓷型芯的热膨胀系数与ZGCr₁₇Ni₂合金的热膨胀系数相近,趋势相似(见图7)。另一方面是由于氧化镁陶瓷型芯有很好的退让性(压溃性)。图8是氧化镁陶瓷型芯断口扫描照片。从图中可见,氧化镁呈圆粒状,表面粗糙。这些特征都说明是蒸发—凝聚传质的结果。所谓蒸发—凝聚传质就是在烧结温度下,从高表面能的颗粒表面产生蒸气,凝聚在低表面能的颗粒表面。结果使氧化镁颗粒与颗粒之间有一个细小的烧结颈,但连结力甚弱,在应力作用下很容易折断。同时,由于蒸发—凝聚作用的结果,使氧化镁颗粒与颗粒间的气孔增多。实际测定表明:对于硅质陶瓷型芯烧结后的气孔率为25%左右;而在同样条件下烧结的氧化镁陶瓷型芯的气孔率达50%左右。这种多孔的陶瓷型芯在合金凝固应力作用下容易溃散,避免合金凝固收缩受阻而产生热裂。

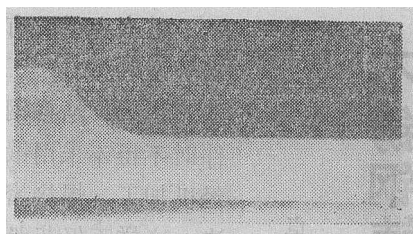


图 4 铸造内孔X光透视

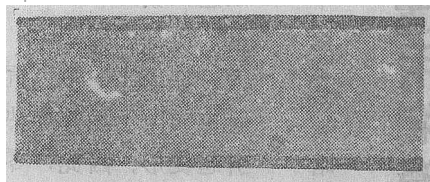
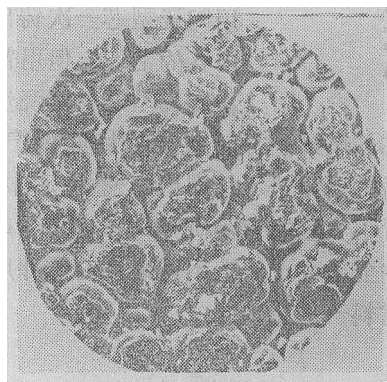


图 5 铸造内孔表面



1000×

图 6 铸造内孔表面扫描

表 2 氧化镁陶瓷型芯与合金各元素反应的自由能变化(千卡/克分子O₂)

温度 ℃	2C(co)	Si	2Mn	$\frac{4}{3}$ Cr	C(co ₂)	2Fe	2Ni
1500	55	51	60	77	87	112	114
1600	41	46	54	70	77	104	139
1700	26	40	48	64	67	97	134

用氧化镁制成的陶瓷型芯浇注后脱芯方便。500毫克的试样在醋酸水溶液中煮10~15分钟左右便完全溶解。象图9那样的铸件,型芯很薄(大端厚2.0毫米,小端厚1.7毫米)、很长(约120毫米),浇注后只需将铸件放入5~50%的醋酸水溶液中或磷酸水溶液中煮2~20小时,型芯便完全溶解干净。经金相检验铸件表面未发现腐蚀现象(见图10)。

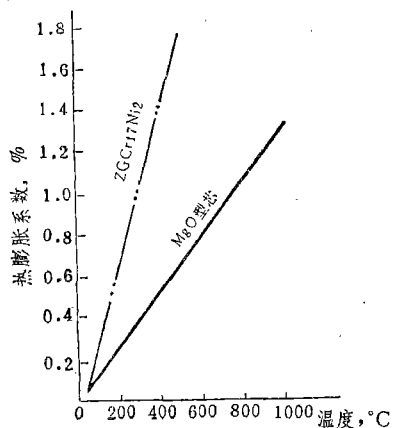
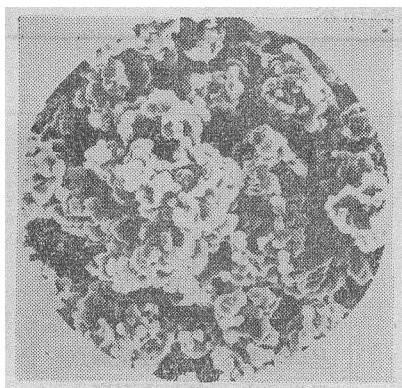


图 7 MgO型芯热膨胀系数



1000×

图 8 氧化镁陶瓷型芯的内部结构

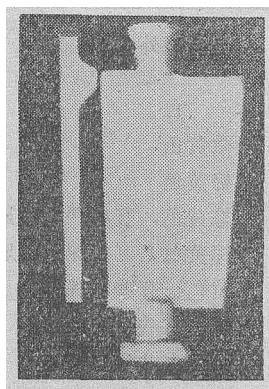
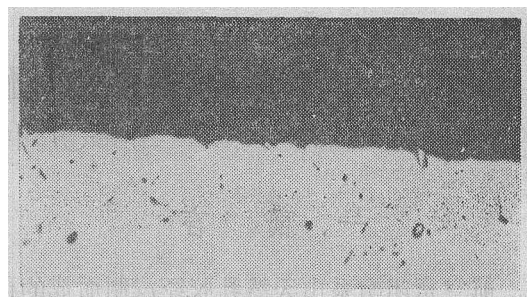


图 9 氧化镁陶瓷型芯及铸件



500×

图 10 ZGCr₁₇Ni₂合金经醋酸水溶液煮12小时后的边界组织

三、结 论

氧化镁是一种优质的陶瓷型芯材料。用它在大气下浇注ZGCr₁₇Ni₂一类不锈钢时可经受1600~1670℃温度的浇注考验；与许多合金元素无化学反应，不发生气体，铸造内孔表面光洁，表面粗糙度不大于10微米，尺寸精确，且能很好地溶解于有机酸或无机酸的水溶液中，脱芯溶液对这类不锈钢无有害的腐蚀作用。因此，氧化镁是铸造不锈钢较为理想的陶瓷型芯材料。

航空零件失效分析学术 交流会在梧州召开

由中国航空学会、北京航空学会联合举办的航空零件失效分析学术交流会于1984年11月5日至10日在广西梧州召开。参加会议的代表分别来自航空部、航天部、冶金部、机械部、民航、空军等六个部门三十二个单位。他们以多年来的故障分析的实例为基础，撰写出具有实际应用价值和一定学术水平的论文，也有少量试验方法、机理研究及文献综述方面的文章。会议选用了论文60篇，大会宣读了28篇。失效分析涉及到设计、材料、工艺、制造、使用、维护等多方面知识的一门综合性学科，人们常常把失效分析比作“工业医院”。通过这次学术交流会，将进一步提高我们的失效分析的科学技术水平，也将促进军工企业与地方企业的技术合作。

(徐石斌)