

C-Co-Cr 三元中间合金的应用

西安航空发动机公司

廖华清

一、前言

C-Co-Cr 三元系合金的研究, 是为了配制几种司太立特钴基高温铸造合金。在司太立特合金中, Stellite1、Stellite3、Stellite12、Stellite20、Stellite100 和 Stellite SF20 等, 含碳量均超过 1.5~2.5%。含碳量这么高的钴基合金成分的配制, 具有一定的难度。据有关资料报导, 碳在钴中没有固态溶解性。

由于司太立特合金中铬含量都比较高, 碳在合金中可以形成不同形式的碳化物, 因此含有一定量的碳也并不难熔制。但是, 当碳的重量百分比过大时, 熔制时难以加入, 合金成分不易保证。我们在研制 Stellite1、Stellite12 合金时, 首先研制了 C-Co-Cr 三元中间合金, 并以这种三元合金形式配制碳的百分含量, 不仅避免因加入过多的碳而出现烧损过大, 导致成分不合格外, 而且还避免合金的污染, 使其成分均匀、组织致密。

本题通过试验研究, 并结合司太立特合金的试验, 终于成功地研制成了 C-Co-Cr 三元系中间合金。这一成果的取得, 为我国发展司太立特系列合金奠定了基础。

二、三元系合金成分论证

研究三元系合金的目的, 在于配制司太立特合金系列中含碳量较高的材料。因此, 该合金的特点是在保证司太立特合金成分的基础上尽可能地提高 C-Co-Cr 三元合金的含碳量。

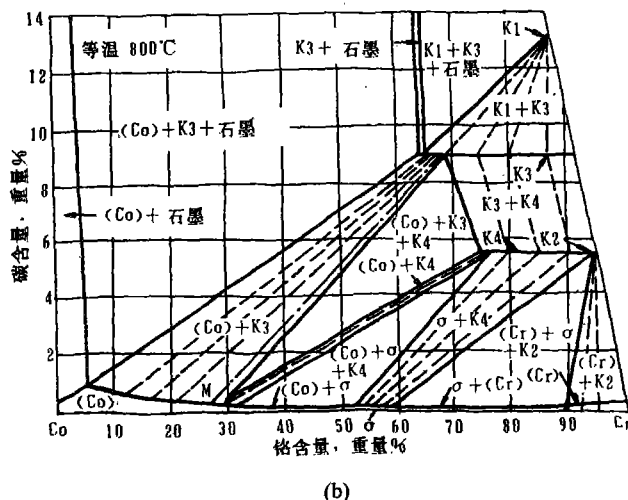
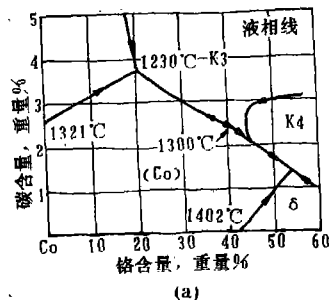
根据有关资料介绍, C-Cr 二元系合金中, 碳和铬可能以三种不同的碳化物形式出现, 即 $Cr_{23}C_6$ (碳原子百分比为 20.69, 重量百分比为 5.68)、 Cr_4C (碳的重量百分比为 5.46) 和 Cr_7C_3 (碳的重量百分比为 9.00)。同时, 碳在钴内的溶解度很小。根据 C-Co 二元合金有关文献介绍, 碳在钴的固溶体中与石墨形成一种共晶体, 其共晶体的成分和温度是: 碳的重量百分比为 2.6~3.1, 温度为 1274~1317℃。

由 J·M·DRAPIKR 和 D.COUTSOURADIS 的 C-Co-Cr 三元系相图查明, C-Co-Cr 可以形成三元共晶, 详见下图。

Koster 和 Sperner 指出, 共晶体是在 1300℃ 下从亚包晶体连续反应形成的, 即从 $L+K4 \rightarrow (Co) + K3$, 直至 1230℃ 形成“ $(Co) + K3 + 石墨$ ”的三元共晶体, 其反应为 $L \rightarrow (Co) + K3 + 石墨$ 。Lemkey 和 Thompson 的报告认为, 在靠富钴角单变三元共晶线反应生成 $L \rightarrow (Co) + K3$ 。

由上述可知, 三元共晶点成分约为: C=3.6~3.8%,

Cr=20~22%, 其余为 Co, 合金组织为 $(Co) + K3 [(Cr, Co)_7C_3] + 石墨$ 。从 800℃ C-Co-Cr 三元系金相图可知, 三元共晶区域较大, 在成分选择时可依此适当提高碳和铬在合金中的百分含量。



C-Co-Cr 三元系曲线图

K1- Cr_3C_2 , K2- $Cr_{23}C_6$, K3- $(Cr, Co)_7C_3$

K4- $(CrCo)_{23}C_6$, δ - $\delta CoCr$, σ - $\sigma CoCr$

综上所述及试验证明, 碳含量可以选择 4.5~5.0%, 铬含量可以选择 45~47%, 剩余为钴。按此方案配制的中间合金组织仍处于 $(Co) + K3 [(Cr, Co)_7C_3] + 石墨$ 三相区。用此方案试验, 除碳含量略有烧损外, 所配制的 C-Co-Cr 三元合金, 可以取得满意的结果。

三、试验结果分析

本试验是在中频感应炉碱性炉衬内进行的。原材料选用纯金属钴、金属铬和光谱电极碳棒。合金配制成分按以上结论选用下表中的百分比。

由于碳量较多, 将碳分成两次或多次加入, 即在炉底加入 1/2 碳和全部铬与钴, 剩余碳在合金全熔后, 当温度升至 1480℃ 左右逐渐加入。碳全部熔入后将合金温度升至 1530℃ 保持 7 分钟左右, 搅拌均匀。随后降低功率, 调整合金温度到 1500℃ 左右, 即可脱氧浇注。

试验方案	成分配比 (wt%)		
	C	Cr	Co
1	6.0	47.0	47.0
2	5.0	47.5	47.5

C-Co-Cr 三元系合金对司太立特合金的影响, 在本文前面已叙述过, 司太立特系列中含碳量较高, 熔制时碳的加入难度较大, 且合金成分不均, 污染和成分偏析严重, 组织不均, 使合金性能降低。当采用 C-Co-Cr 三元中间合金加入时, 有如下优点:

2.使合金成分均匀,不易产生偏析:以 C-Co-Cr 三元中间合金形式配入熔炼 Stellite1 和 Stellite2 合金时,合金熔炼工艺简化,在 1500℃左右合金元素可全部化清。最

✖ ✖ ✖ ✖ ✖ ✖ ✖

塑料和复合材料已用作运动器械的材料，但是它的强度和刚性不如铝、镁、钛和铜铍合金等金属，所以不及这些金属用得多。

铝是地球上最丰富的金属，而且是最用途广泛的一种，因为它与其它元素可以组成性能不同的合金。用作运动器械时，铝的最理想特点就是它的韧性好，密度低、强度高。铝合金的密度约为 0.10lb/in^3 ，镁为 0.065 ，钛为 0.16 ，钢为 0.28 ，铜合金为 0.302 。

6061 铝合金的这些性能,使其成为制造羽毛球拍和滑雪板的理想管材。6061 铝合金板材可用来制造游艇,因为它的抗腐蚀性、可塑性和可加工性都很好。

镁是很轻的商品金属，它的比重是铝的三分之一。镁制品的价格可与铝竞争，因为它与铝相比，压铸快，机加工容易，壁厚要求较薄等。Hydro 镁合金公司使用 AZ91 镁合金制造羽毛球拍和网球拍，可减少球拍弯曲的可能性。

Dow 化学公司使用 AZ91HP 合金制造了弓箭。使用

试验证明, 采用 C-Co-Cr 三元中间合金形式加入后, 合金初生组织变细, 生成的碳化物呈细小弥散形态分布。用此方案熔制的 Stellite12 合金在 650℃, 295MPa 应力下的持久寿命高达 1090 小时。

(参加本项工作的有朱国成、何山岗、黎斌仙、毛闻远、杨志昌等同志)

钛合金的比强度高。它具有优良的加工性能和良好的抗腐蚀性。现在的体育用品，用得比较多的是Ti-3Al-2.5V（早期称宇航合金）。这种合金制造的高尔夫球柄的抗扭力极佳，制造的羽毛球拍刚性高、手感好。山路用自行车的钛合金车架，重量轻，能够对付高低不平 and 弯曲的路面。

铜铍合金的密度较大 (0.302lb/in^3)，用它可为铁器和木器用具作成壁薄、腔大的外套。该合金约含 2% 的铍，Brash Wellman 公司可供应 5 或 15 磅重的铜铍合金锭。

(赵文龙译)

本书共八章，分为四大部分：定向凝固高温合金和复合材料的理论基础；工艺技术；力学性能和显微组织稳定性。书中附有大量图表和参考文献，是目前已知的国内外唯一论述定向凝固高温材料的专著。由英国著名学者 M. Mclean 博士著，陈石卿和陈荣章翻译，已由航空工业出版社出版，新华书店发行。