

高温合金的发展与选择

Kurt P. Rohrbach

(Carpenter Technology Corp., P. O. Box 14662, Reading, PA 19612 - 4662, USA)

高温合金通常指在 260 ~ 1 205 内具有强度、耐环境性能并具稳定性的材料。过去 35 年来,现代高温合金的化学成分变化很小,新型合金出现的很少;但是,现有合金性能却大为改进。合金性能的近期改进主要是通过改善生产加工工艺而取得。

1 高温合金分类

高温合金通常可分三类。

铁基高温合金 此类合金又分为固溶强化合金和时效硬化合金。时效硬化合金包括 Pyromet A - 286、901、V - 57、CTX - 1、CTX - 909 合金和 Themo - Span 合金。这些合金均包含铌及(或)钛和铝。经固溶时效硬化处理后,在 595 ~ 705 下具备良好的强度与硬度。

镍基高温合金 此类合金又分为非时效硬化合金和时效硬化合金。含铬量约 20%,而镍含量为 50% ~ 80%。典型的时效硬化合金有:Waspaly, Pyromet 720、和 Pyromet 41、80A、X - 750 和 751 合金,这些合金的适用温度最高为 870 。固溶强化合金(Pyromet 102、680 和 625 合金)最高工作温度达 1 205 。

钴基高温合金 此类合金的代表是 L - 605。除含有镍、铁、铬和钨外,其钴含量达 50%;它属展延性合金,工作温度最高约 1 040 ;此类合金还包括 MP159 和 188 合金。此类合金尤其适用于需耐硫腐蚀的环境。

2 合金使用范围及选择

在 540 ~ 815 高强度应用场合主要采用析出强化合金。这些合金体系均包含通过镍、铝、钛或铌的析出物(Ni_3Al 、 Ni_3Ti 、 Ni_3Nb)以及固溶强化元素(如 Mo)加以强化的奥氏体基体。

当析出物过剩并随温度升高开始溶解时,说明这些合金已达到温度极限。但是,通过增加析出成形元素($TiAl$ 、 Nb),可以提高其耐热性。此外,还必须持续增加镍含量,以形成金属间析出物,并稳定合金含量更高的奥氏体结构。还可以添加钴元素,降低析出物的溶解倾向。添加钨和钼等难熔元素,可提高高温硬度。所有这些添加元素可改善耐热性能,但亦使合金成本大幅提高。

3 合金的选择标准

选择合金取决于力学性能要求(即强度、蠕变、疲劳)以及最高使用温度。典型高温合金的成分、力学性能和使用温度上限分别见表 1、表 2。

A - 286 合金属于奥氏体析出硬化型高温合金,在最高 620 下可长期工作并具有中等强度。A - 286 的名义镍含量为 25%,成本较低。

按耐热性能的升序排列,其他常用合金有 901、718、X750、751、Waspaly 和 Pyromet 41 与 720 合金。表 1 所示为本系列材料逐渐增加的合金含量。

Pyromet 718 合金也许是最通用的高温合金,在 675 具有高强度和抗蠕变性,且这两种特性在最高 760 下,均达合理水平,其抗疲劳特性极其优越。

Waspaly 合金主要用于温度超出 675 时和最高温度在 760 时需达至超蠕变的情况。由于它的镍和钴含量更高,故其成本较高。Waspaly 是涡轮部件、锻模紧固件和钢模锻造等的理想之选。

Rene 41因钛、铝及钼含量更高,所以其使用温度高于 Waspaly。它曾被用于最高温度达 870 时的紧固件应用中,但它更适合用于 730 ~ 815 。Rene 41的强度及抗蠕变性均高于 Waspaly,但抗疲劳性稍差。

720合金的工作温度范围与 Waspaly和 Pyromet 41合金相同,但强度和抗蠕变性优于后两者,其合金含量是传统铸造和锻造合金的上限,因此其成本更高、生产难度更大。

合金化程度越高的固溶强化合金,其强度越高,如 Pyromet 600、601、L605、680和 625合金,以及 Alloy - S和 Alloy - 188合金。另外,更恶劣的工作环境,可考虑选择外来氧化物弥散强化合金。

高温合金的发展已很成熟,根据具体需求发展现有合金,比开发新型合金更为经济。合金生产工艺及控制技术日新月异,为合金性能的发展开辟了新的天地。

表 1 典型高温合金的标准成分

% (质量分数)

合金	碳	锰	硅	磷	硫	铬	镍	钼	钨	钴	钛	铝	铌	硼	锆	铁	氮	钒
Pyromet A - 286	0.04	0.35	0.2	0.01	0.005	15.0	25	1.25	-	-	2.2	0.2	-	0.005	-	余量	-	0.2
Pyromet 718	0.04	0.2	0.15	0.005	0.001	18.0	53	3	-	-	0.9	0.5	5.3	0.003	-	余量	-	-
Waspaly	0.03	0.05	0.05	0.005	0.001	19.0	58	4.3	-	13	3	1.4	-	0.005	0.05	余量	-	-
Pyromet 41	0.07	0.05	0.10	0.008	0.001	19.0	53	10	-	11	3.2	1.65	-	0.006	0.04	余量	-	-
L - 605	0.12	1.5	0.3	0.008	0.006	20.0	10	-	15	51	-	-	-	0.006	-	余量	0.035	-
Pyromet 720	0.03	0.10	0.10	0.005	0.002	18.0	55	3	1.3	15	5.0	2.5	-	0.03	0.04	-	-	-
Pyromet 751	0.08	0.3	0.3	0.008	0.008	16.0	72	0.15	-	-	2.4	1.2	1.0	0.008	0.06	余量	-	-
Pyromet 680	0.08	0.6	0.6	0.01	0.003	21.5	48	8.7	0.5	1.75	-	-	-	0.005	-	余量	-	-
Pyromet 625	0.04	0.1	0.2	0.005	0.005	22.0	62	9.0	-	-	0.2	0.2	3.9	0.002	-	余量	-	-
Thermo - Span™	0.01	0.15	0.25	0.005	0.001	5.5	24.60	-	-	29.0	0.80	0.50	4.8	0.005	-	余量	-	-

表 2 典型高温合金的拉伸、蠕变断裂特性及实际持续使用温度上限

合金	屈服强度 /MPa		断裂应力 (649、1000 h) /MPa	可持续使用温度上限 /
	24	649		
Pyromet A - 286	655	606	317	621
Pyromet 901	861	792	517	677
Pyromet 718	1 206	1 034	586	677
Waspaly	792	689	613	760
Pyromet X - 750	634	565	475	-
Pyromet 41	1 061	999	703	816
Pyromet 720	896	827	723	-
Pyromet 625	489	420	372	1 093
Pyromet 680	358	276	214	1 204
L - 605	482	331	269	1 093

详情请联系: Kurt P. Rohrbach (Carpenter Technology公司涡轮机材料部市场推广经理)

地址: Carpenter Technology Cop., P. O. Box 14662, Reading, PA 19612 - 4662, USA

电话: (610) 208 - 2533; 传真: (610) 208 - 3172

电子邮件: krohbach@cartech.com