



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03143686.2

[43] 公开日 2004 年 4 月 28 日

[11] 公开号 CN 1492065A

[22] 申请日 2003.7.30 [21] 申请号 03143686.2

[30] 优先权

[32] 2002.7.30 [33] US [31] 10/064607

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·H·沃德 G·冯

C·G·贝克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

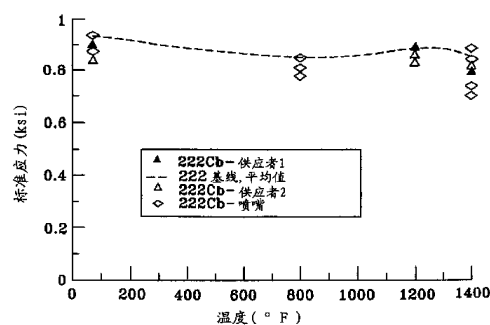
代理人 温大鹏 郑建晖

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称 镍基合金

[57] 摘要

本发明涉及一种适用于燃气涡轮发动机应用的并有所期望的强度和耐腐蚀、抗氧化性能平衡的镍基合金。该合金的适合组分主要包括,重量百分比为 10% - 25% 的钴、20% - 28% 的铬、1% - 3% 的钨、0.5% - 1.5% 的铝、1.5% - 2.8% 的钛、0.8% - 1.45% 的铌、钽的含量低于铌并且 $Cb + 0.508Ta$ 为 1.15% - 1.45%、0.001% - 0.025% 的硼、高达 0.4% 的锆、0.02% - 0.15% 的碳,其余主要为镍和附带杂质。



1. 一种可铸和可焊的镍基合金主要包括, 以重量百分比计, 10% - 25% 的钴、20% - 28% 的铬、1% - 3% 的钨、0.5% - 1.5% 的铝、1.5% - 2.8% 的钛、0.8% - 1.45% 的铌、钽的含量低于铌并且 $Cb + 0.508Ta$ 为 1.15% - 1.45%、0.001% - 0.025% 的硼、高达 0.4% 的锆、0.02% - 0.15% 的碳, 其余主要为镍和附带杂质。
2. 如权利要求1所述的合金, 其特征在于, 铌含量至少为 1.25%。
3. 如权利要求1所述的合金, 其特征在于, 钽含量约为 0.0%。
4. 如权利要求1所述的合金, 其特征在于, 钴含量为 18.5% - 19.5%, 铬含量为 22.2% - 22.8%, 钨含量为 1.8% - 2.2%, 铝含量为 1.1% - 1.3%, 钛含量为 2.2% - 2.4%, 硼含量为 0.002% - 0.015%, 锆含量为 0.005% - 0.4%, 以及碳含量为 0.08% - 0.12%。
5. 如权利要求1所述的合金, 其特征在于, 该合金包含体积百分比至少为 18 的 γ 主析出相。
6. 如权利要求1所述的合金, 其特征在于, 该合金采用燃气涡轮发动机铸造喷嘴的形式。
7. 如权利要求6所述的合金, 其特征在于, 所述喷嘴安装在燃气涡轮发动机的第二或者第三涡轮级中。
8. 如权利要求1所述的合金, 其特征在于, 该合金主要包括, 以重量百分比计, 18.5% - 19.5% 的钴、22.2% - 22.8% 的铬、1.8% - 2.2% 的钨、1.1% - 1.3% 的铝、2.2% - 2.4% 的钛、0.9% - 1.45% 的铌、小于 0.5% 的钽并且 $Cb + 0.508Ta$ 为 1.15% - 1.45%、0.002% - 0.015% 的硼、0.005% - 0.4% 的锆、0.08% - 0.12% 的碳, 其余主要为镍和附带杂质。
9. 如权利要求8所述的合金, 其特征在于, 所述合金是无钽的。
10. 如权利要求8所述的合金, 其特征在于, 该合金包含体积百分比约为 25 至 38 的 γ 主析出相。

镍基合金

技术领域

5 本发明总的涉及镍基合金。更具体地说，本发明涉及具有适用于燃气涡轮发动机应用方面的显示所希望特性的可铸和可焊的镍基合金。

背景技术

10 超级合金GTD-222（美国专利No. 4,810,467）具有适用于燃气涡轮发动机应用方面的许多期望特性，诸如用于涡轮部分的较后（第二和第三）级中的喷嘴（叶片）。GTD-222的标称组分（按重量计算）为：约19%的钴、约22.5%的铬、约2%的钨、约1.2%的铝、约2.3%的钛、约3.5%的Al+Ti、约0.8%的钨（铌）、约1.0%的钽、约0.01%的硼、约0.01%的锆、约0.1%的碳，其余主要为镍和附带杂质。如同其他镍
15 基合金的成分一样，GTD-222的改进包括对某些关键性合金元素的浓度的精心和可控调节以达到所需的性能组合。对于涡轮喷嘴方面的应用，特别是对于使用GTD-222的后级喷嘴，这样的性能包括高温强度、可铸性、可焊性以及耐低周期疲劳、耐腐蚀和耐氧化的性能。涡轮部分的第二级内的热环境是非常恶劣的，因此由GTD-222合金制成的喷
20 嘴需要抗氧化涂层、阻热涂层（TBC）和/或内部冷却。GTD-222的性能足以使第三级喷嘴达到没有这样的附加措施的喷嘴所需的设计寿命。

当试图使一种超级合金的任何一个的期望性能达到最佳时，其他性能通常会受到不良影响。特定的示例是可焊性和抗蠕变性，这两个
25 性能对于燃气涡轮发动机喷嘴是非常重要的。但是较高的抗蠕变性会使合金比较难以焊接，而必须利用焊接进行修补。我们相信，GTD-222所表现的蠕变强度和可焊性的期望组合是在合金中使用适量的铝、钛、钽和铌所导致的。这些元素中的每一种参与 γ 主弥散强化相（Ni₃（Ti，Al））。铝和钛是形成 γ 主相的关键元素，而钽和铌的主要作用
30 是参与MC碳化物相。在MC碳化物形成后剩余的钽和铌对于 γ 主相的形成起到很少的但不重要的作用。

尽管GTD-222已经被证明是非常适合用作燃气涡轮发动机的后级喷嘴的合金，但是也期望采用其他可选择材料。目前所关注的是减少所使用的钽，这是由于其成本很高。但是，钽含量较小的合金的性能最好接近GTD-222，特别是用于第二和第三级喷嘴的合金的性能。

5 发明概述

本发明提供适用于燃气涡轮发动机的后级喷嘴，特别是第二和第三级喷嘴并具有所期望的强度（包括抗蠕变性）和耐腐蚀、耐氧化性能平衡的镍基合金。该合金还是可铸的，比GTD-222容易焊接并且具有可接受的热处理要求。利用排除钽或者使钽含量达到较低的程度并且使铌含量保持达到较高的程度来获得与GTD-222合金类似的性能的合金来达到这些所期望的性能。

根据本发明，该镍基合金主要包括，用重量百分比表示，10% - 25%的钴、20% - 28%的铬、1% - 3%的钨、0.5% - 1.5%的铝、1.5% - 2.8%的钛、0.8% - 1.45%的铌、钽的含量低于铌并且 $Cb + 0.508Ta$ 为1.15% - 1.45%、0.001% - 0.025%的硼、高达0.05%的锆、0.02% - 0.15%的碳，其余主要为镍和附带杂质。该合金的铌含量至少为0.9%较好，最好至少为1.25%，而该合金的钽含量优选小于0.5%，最好完全从合金中排除。

本发明的合金具有与GTD-222合金相当的性能，具有改良的延展性和可焊性，并且不会使可铸性降低。应该注意的是，在不牺牲抗蠕变性的前提下提高可焊性。即使钽和铌的相对含量与GTD-222的相反，即，在该合金中含有的铌多于钽，最好，钽的最大含量低于GTD-222所需的钽的最小含量。我们相信，使合金中的铌和钽的总的原子百分比基本上保持不变能够达到期望性能，其中由于根据公式 $Cb + 0.508Ta$ 表示组合总量，因此与钽相比，铌对总量的影响是较大的。与GTD-222相反（美国专利No. 4,810,467）相反，当利用基本上不含钽，即仅包括杂质含量的钽的合金铸造时第二和第三级喷嘴具有极好的性能。因此，本发明的合金由于减少或者消除了对钽的需求而提供了一种极好的并且低成本的GTD-222的替代物。

30 从下面的详细描述中可以更好地看出本发明的其他目的和优点。

附图的简要说明

图1至图3是描绘GTD-222镍基合金和在本发明的保护范围内的镍基合金的抗拉强度、屈服强度和延伸百分率相对于温度的关系的图表。

图4和图5分别是描绘GTD-222合金和在本发明的保护范围内的合金在1400°F和1600°F下的低循环疲劳寿命的图表。

图6是描绘GTD-222合金和在本发明的保护范围内的合金在1450°F和1600°F下的蠕变寿命的图表。

本发明的详细描述

本发明是努力开发一种性能与市场上被称为GTD-222并且在美国专利No. 4,810,467中披露的镍基合金相当的镍基合金的结果，美国专利No. 4,810,467中所披露的内容在这里作为参考，但其化学成分被精心平衡以减少或者完全消除钽。该研究导致在性能特别适于燃气涡轮发动机的第二或者第三涡轮级中所用的喷嘴的镍基合金的开发。因此，所关注的特定性能包括蠕变强度、可焊性、疲劳寿命、可铸性、冶金稳定性和耐氧化性。该研究的结果是，增大铌含量以代替钽的缺少，因此从根本上改变了GTD-222中的已知影响 γ 主弥散强化相的两种微量合金元素。

镍基超级合金的高温强度与 γ 主相的体积百分率是直接相关的， γ 主相的体积百分率又与所存在的 γ 主相形成元素（铝、钛、钽和铌）的总量是直接相关的。基于这些关系，可估计达到已知强度所需的这些元素的量。也可根据合金的初始化学组分和一些关于形成这些相的基本假设估计 γ 主相和其他副相（诸如碳化物和硼化物）组分以及 γ 主相的体积百分率。利用这样一种程序，可以推断，具有所需用于第二和第三级喷嘴的蠕变强度的合金应该包含体积百分比为18或者更多的 γ 主相。但是，对于燃气涡轮发动机喷嘴比较重要的其他性能，诸如可焊性、疲劳寿命、可铸性、冶金稳定性和耐氧化性不能根据这些和其他元素的含量来预测。

在研究过程中，配制和铸造具有下面表I中所列出的近似化学成分的两种合金。制备GTD-222合金铸件，GTD-222合金具有下列近似化学成分，重量百分比约19%的钴、约22.5%的铬、约2%的钨、约1.2%的铝、约2.3%的钛、约0.8%的铌、约1.0%的钽、约0.008%的硼、约0.022%的锆、约0.1%的碳，其余主要为镍和附带杂质。每一种合金铸件经受

下列热处理工艺，即需要在大约2100°F（约1150℃）下进行约两个小时的固溶处理，接着在大约1475°F（约800℃）下进行约8个小时的时效处理。以一种常规的方式将铸件机加工成试样。

5

表I

	合金号	
	B1	B2
Co	19.06	19.10
Cr	22.86	22.40
W	1.96	2.02
Al	1.17	1.21
Ti	2.29	2.32
Cb	1.28	1.32
Ta	0.01	0.09
B	0.003	0.003
Zr	0.007	0.007
C	0.09	0.10
Mo	<0.01	0.03
Hf	<0.01	0.00
Ni	余量	余量

选择上述合金含量以评估用铌代替钽的效果，但其他成分保持GTD - 222的组分。利用标准光滑条状试样确定合金的拉伸性能。图1、图2和图3中列出了标准化数据，其中“222基线，平均值”表示特定性质的GTD - 222的历史平均值，“222Cb - 供应者1”表示B1试样的数据，以及“222Cb - 供应者2”表示B2试样的数据。还对利用与B1试样相同的合金铸造的燃气涡轮发动机喷嘴进行评估。该数据表示，B1和B2试样的抗拉强度比GTD - 222基线约低3%至5%，但B1和B2试样中的延伸率却高很多 - 大约高30%至40%。与GTD - 222相比，B1和B2合金的延伸率高并且抗拉强度类似，这表明，试验的合金适于作为GTD - 222的替换物。

图4和图5分别是表示B1和B2合金与GTD - 222在1400°F（约760℃）和1600°F（约870℃）下的低循环疲劳（LCF）寿命的图表。在两个试验中，对0.25英寸（约8.2毫米）的条进行裂纹产生反复测试。在图4中，为评估的合金（平均）以及GTD - 222绘制3σ（“3S”）。3σ图表示B1和B2合金在1400°F下的LCF寿命基本上与在应变值高于0.5%的

GTD-222基线相同，但在应变值低于0.5%的情况下，LCF寿命降低15%至25%。在图5中，1600°F LCF测试的数据表明，B1和B2合金具有基本上与GTD-222相同的LCF寿命。

5 图6是表示B1和B2合金与GTD-222在应变值约为0.5%并且温度约为1450°F(约790℃)和1600°F(约870℃)下的蠕变寿命的图表。在1450°F的测试温度下，B1和B2合金具有基本上与GTD-222相同的蠕变寿命。在1600°F的测试温度下，根据拉伸数据可以推断，B1和B2合金的短期寿命低于GTD-222。但是，图6表明，B1和B2合金的长期寿命基本上与GTD-222相同。

10 对B1和B2合金进行附加测试以与GTD-222比较其他各种性能。这样的测试包括高循环疲劳(HCF)和低循环疲劳(LCF)测试、耐氧化性、可焊性、可铸性、扩散涂覆性能和物理性能。在所有这些研究中，B1和B2合金的性能基本上与GTD-222基线的相同，但是可焊性除外，我们惊异地发现，B1和B2合金的可焊性在抗断裂方面略微好于GTD-
15 222。另外，可以确定在B1和B2合金中的TIG焊缝的LCF寿命比形成在GTD-222中的TIG焊接头的LCF寿命约长两倍，这与可焊性研究结果是一致的。

综上所述，我们相信，具有表II中所列出的 γ 主相含量(体积百分比)和一般、优选和标称组分(重量百分比)的合金具有与GTD-222
20 相当的性能，因此适于用作燃气涡轮发动机的后级喷嘴的合金以及需要类似性能的其他应用。

表II

	<u>一般</u>	<u>优选</u>	<u>标称</u>
Co	10 - 25	18.5 - 19.5	19
Cr	20 - 28	22.2 - 22.8	22.5
W	1 - 3	1.8 - 2.2	2
Al	0.5 - 1.5	1.1 - 1.3	1.2
Ti	1.5 - 2.8	2.2 - 2.4	2.3
Cb	0.8 - 1.45	1.25 - 1.45	1.3
Ta	小于 Cb	小于 0.5	0.0
Cb+0.508Ta	1.15 - 1.45	1.25 - 1.45	1.3
B	0.001 - 0.025	0.002 - 0.015	0.01
Zr	高达 0.4	0.005 - 0.02	0.01
C	0.02 - 0.15	0.08 - 0.12	0.1
Ni	余量	余量	余量
γ'	25 - 38 体积%	33 - 38 体积%	

5

得到公式 $\text{Cb} + 0.508\text{Ta}$ 以使合金中组合的钽和铌的总原子百分比保持恒定，尽管铌是明显优选的。优选的是，使钽的含量保持在 GTD - 222 中所允许的量以下，根据上述研究结果，最好在合金中完全排除钽。我们相信，在研究过程中，所述铌的范围必须补偿排除或者减少钽的量以保持合金所需的以及合金 B1 和 B2 所表现的性能。我们相信，利用上述处理工艺对表 II 中列出的合金进行令人满意的热处理，尽管也可使用适于镍基合金的常规热处理。

尽管已经参照优选实施例对本发明进行了详细描述，但是本领域普通技术人员显然可采用其他形式。因此，本发明的保护范围是由所附权利要求书所限定的。

15

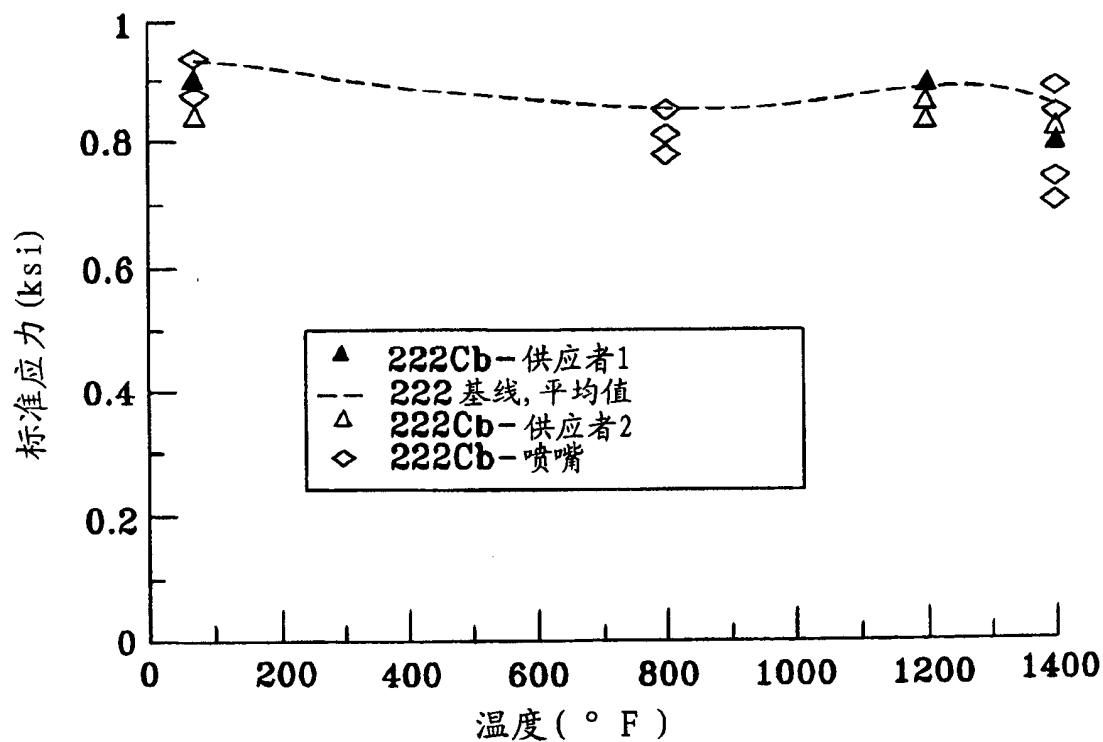


图 1

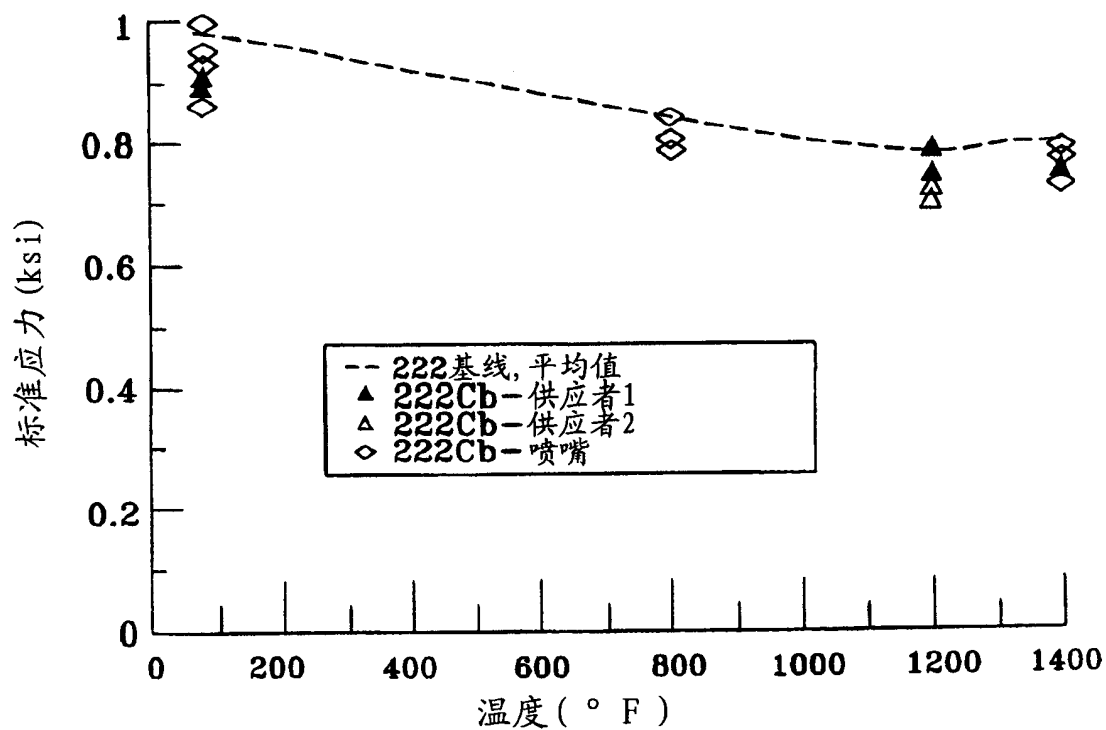


图 2

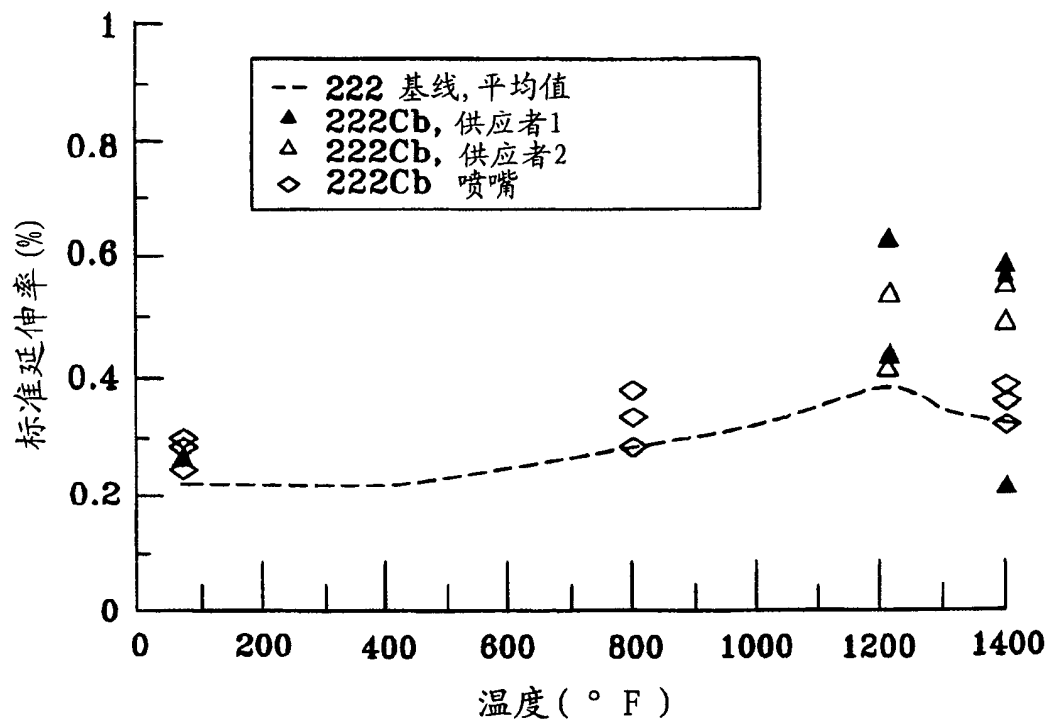


图 3

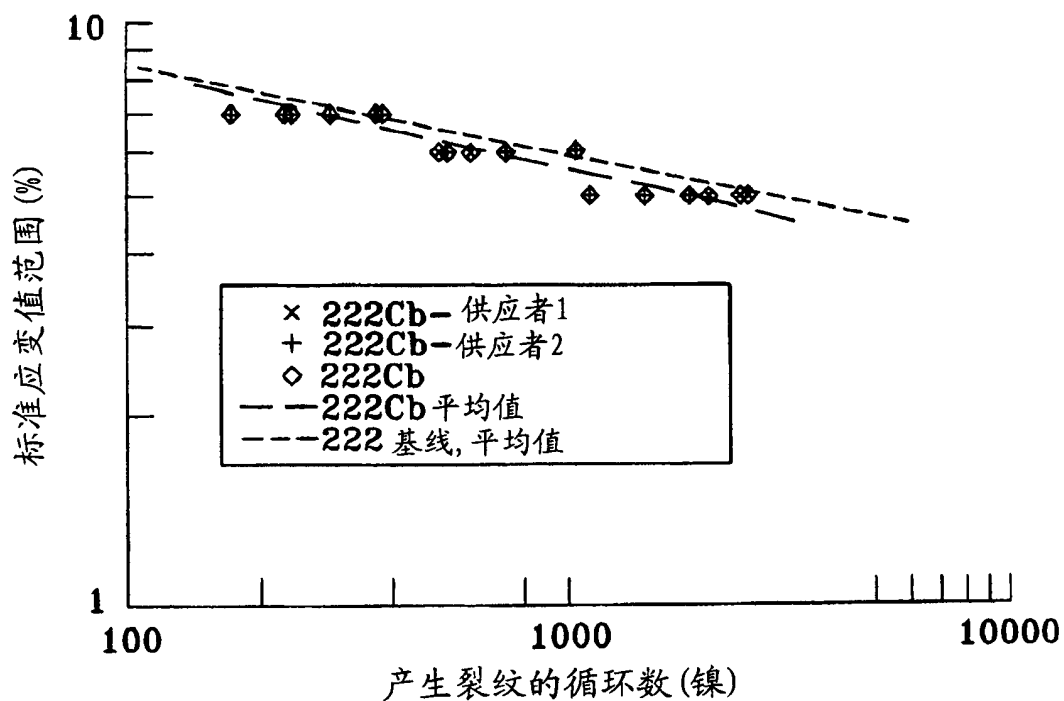


图 4

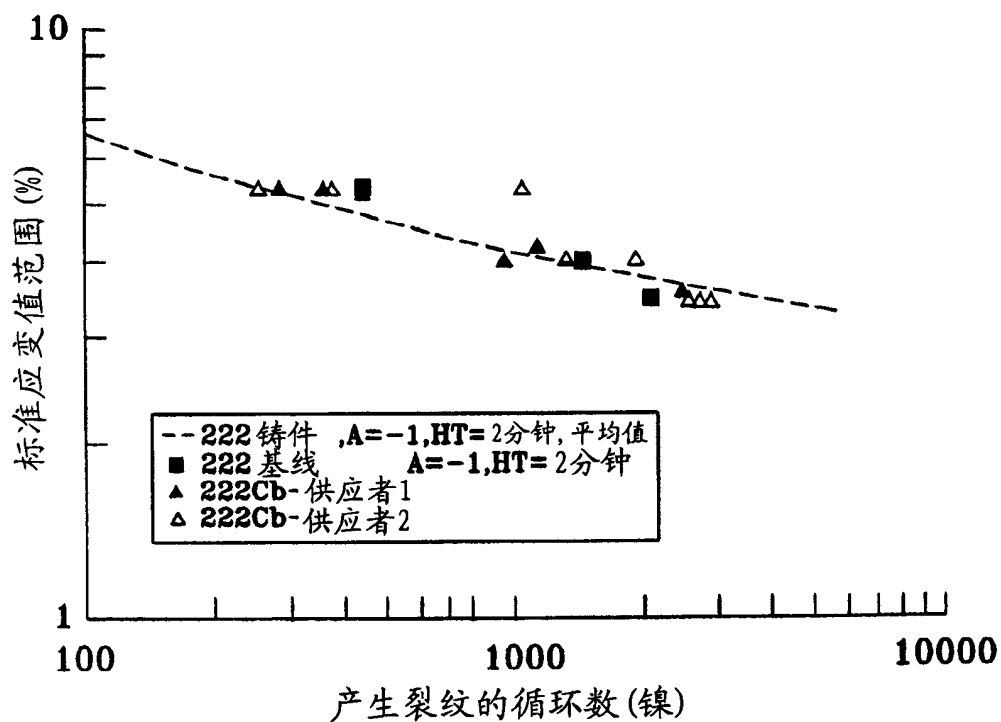


图 5

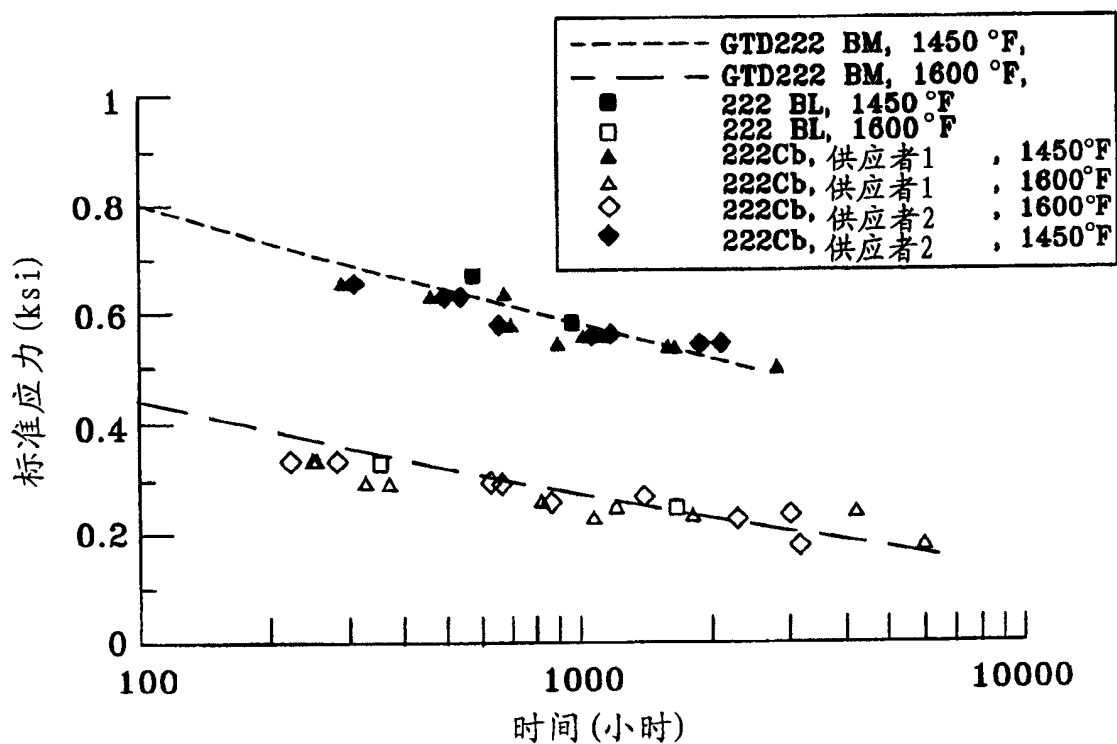


图 6