

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B22D 18/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810064180.4

[43] 公开日 2008年8月20日

[11] 公开号 CN 101244454A

[22] 申请日 2008.3.26

[21] 申请号 200810064180.4

[71] 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

[72] 发明人 苏彦庆 叶喜葱 郭景杰 傅恒志

[74] 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所
代理人 毕志铭

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

[54] 发明名称

金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法

[57] 摘要

金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，它涉及一种钛基合金的精密铸造方法。本发明解决了现有的钛基合金加工工艺存在工作量大、工艺成本高、制备工艺复杂、合金在制备过程中极易受到间隙元素的污染、致密性难以保证、影响铸件质量差等的问题。本发明的主要步骤是：制作金属型；用非自耗电极电弧炉中进行真空熔炼；将熔炼后的钛基合金锭翻转到可吸铸坩埚内再进行熔炼并给予一定的过热度；将金属型所在的真空室抽真空，打开可吸铸坩埚上的吸铸按钮，使液态的钛基合金在自身重力和压力差的作用下充型即得到所需铸件。用本发明方法得到的钛基合金铸件充型完整，表面质量良好，铸件组织晶粒细小，在10~30um左右，枝晶也相应的得到细化，偏析减少，且组织致密。

1、一种金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，其特征在于它是按照以下步骤实现的：步骤一、根据需要制作出型腔内布有若干通气孔的金属型；步骤二、将根据浇注量备好的钛基合金放入非自耗电电极电弧炉中进行真空熔炼；步骤三、将步骤二中熔炼后的钛基合金锭翻转到可吸铸坩埚内进行熔炼，使液态的钛基合金封住可吸铸坩埚底部的石墨孔，当可吸铸坩埚内熔池的中心呈现凸起状时，快速给予一定的过热度；步骤四、完成步骤三后，将步骤一中所述的金属型所在的真空室抽真空，打开可吸铸坩埚上的吸铸按钮，使液态的钛基合金在自身重力和压力差的作用下，从可吸铸坩埚底部的石墨孔吸入到步骤一中所述的金属型中，充满型腔后快速冷却，即得到所需铸件。

2、根据权利要求1所述的金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，其特征在于在步骤四中所述金属型所在的真空室的真空度为 $5.0 \times 10^{-1} \sim 6.0 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 。

3、根据权利要求1所述的金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，其特征在于在步骤二中所述非自耗电电极电弧炉抽真空后，再充入氩气。

4、根据权利要求1所述的金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，其特征在于步骤二、步骤三中均采用钨电极对钛基合金进行熔炼。

金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法

技术领域

本发明涉及一种钛基合金的精密铸造方法。

背景技术

钛基合金具有密度小、比强度高、耐腐蚀性能好和热强度高的特点，有利于降低飞行器的结构重量，提高飞行器的结构效率，是航空航天飞行器较为理想的结构材料。钛基合金可分为固溶钛合金和金属间化合物钛合金，如TC4合金和TiAl基合金。钛基合金有着广泛的用途，存在很多优点，但是固溶钛合金和金属间化合物钛合金的共同缺点是：钛基合金室温塑性低，变形极限低，变形抗力大，冷成形容易开裂，大大地限制了钛基合金的冷态工艺性；钛基合金的热变形温度高，流动应力大，应变速率低，超塑性成形时间长，效率低；加工周期长，生产费用高等一系列问题。在这种情况下，国内外出现了钛基合金的近净成形技术，以降低零件的成本，加快合金的实用化进程。目前，铸锭冶金、粉末冶金技术、熔模铸造等诸多成形方法已运用到钛基合金中，但是这些成形技术各自的缺点也很明显：在铸锭冶金方法中，首先将得到的铸锭采用热变形方法来碎化其粗大的组织，从而得到合金件，但在碎化粗大的铸态组织前要将铸锭进行热等静压和均匀化热处理，工作量大，成本高，且难获得形状复杂的产品；粉末冶金虽然可以显著降低晶粒的尺寸，获得组织细小均匀的毛坯，但制备工艺复杂，合金在制备过程中极易受到间隙元素的污染，致密性难以保证；而在熔模铸造中，金属与铸型界面相互作用是影响铸件质量的首要因素，这是因为熔融的钛基合金具有很高的化学活性，几乎可以与所有的耐火材料反应，在铸件表面形成污染层，恶化铸件的内在和外观质量。

因此现有的钛基合金加工工艺存在工作量大、成本高、难获得形状复杂、制备工艺复杂的铸件、合金在制备过程中极易受到间隙元素的污染、致密性难以保证、影响铸件质量差等的问题。

发明内容

本发明为了解决现有的钛基合金加工工艺存在工作量大、工艺成本高、难

获得形状复杂、制备工艺复杂、合金在制备过程中极易受到间隙元素的污染、致密性难以保证、影响铸件质量差等的问题，进而提供了一种金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法。

本发明解决技术问题所采用的技术方案是：一种金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，它是按照以下步骤实现的：步骤一、根据需要制作出型腔内布有若干通气孔的金属型；步骤二、将根据浇注量备好的钛基合金放入非自耗电电弧炉中进行真空熔炼；步骤三、将步骤二中熔炼后的钛基合金锭翻转至可吸铸坩埚内再进行熔炼，使液态的钛基合金封住可吸铸坩埚底部的石墨孔，当可吸铸坩埚内熔池的中心呈现凸起状时，快速给予一定的过热度；步骤四、完成步骤三后，将步骤一中所述的金属型所在的真空室抽真空，打开可吸铸坩埚上的吸铸按钮，使液态的钛基合金在自身重力和压力差的作用下，从可吸铸坩埚底部的石墨孔吸入到步骤一中所述的金属型中，充满型腔后快速冷却，即得到所需铸件。

本发明具有以下有益效果：用本发明方法得到的钛基合金铸件充型完整，表面质量良好，铸件组织晶粒细小（如图4和图6所示），在10~30um左右，枝晶也相应的得到细化，偏析减少，且组织致密。从图7可以看出，铸件表面未发现Fe元素，表明钛基合金的金属液不和金属型（金属模具）发生反应。金属液是在真空条件下充型、凝固，克服了充型过程中氧化物的形成；克服了复杂薄壁构件在充型过程中由于凝固速度快，导致充型能力下降而出现浇不足、流痕等铸造缺陷；铸件在凝固过程中处于正压力场的作用下，缩松缺陷大为减少，充型能力强，可浇注较复杂的钛基合金铸件；金属型铸造不会对钛合金铸件表层产生污染；金属利于率高，操作方法的简单，工艺适用性强，工作量大、工艺成本低、制备工艺简单、获得形状复杂的铸件的优点。此外，本发明方法还具有以下优点：

1、金属型具有较高的导热性和蓄热性，冷却速度快。可以细化铸件晶粒，使其组织致密，性能提高。并且效率高，无需反复造型，易于批量生产。

2、钛基合金活性比较大，很容易氧化，真空吸铸是在真空条件下充型，克服了普通铸造方法在充型、凝固过程中氧化物的形成。

3、钛基合金的电弧炉熔炼的合金液过热度低，所以进入型壳后，凝固速

度快，很容易出现浇不足、流痕等缺陷。为了获得形状完整、表面光洁、内部致密的合格铸件，必须增加充型速度，本发明中的真空吸铸是重力和吸力的耦合作用，增加了充型动力，和一般铸造方法相比，不需要很高的过热度就可完成充型。

4、完成充型后合金液处于正压力场的作用，克服其它铸造方法在凝固过程中金属液结晶凝固压力低，补缩性能差等缺陷，尤其是复杂薄壁铸件的缩孔、缩松、冷隔等铸造缺陷。

附图说明

图 1 为本发明的熔炼和吸铸原理示意图，图 2 为采用本发明方法铸造的 Ti-6Al-4V 铸件，图 3 为采用本发明方法铸造的 Ti-47Al-5Nb-0.5Si 合金薄板铸件，图 4 为 Ti-47Al-5Nb-0.5Si 铸件的金相组织图（可以看出细小的枝晶），图 5 为采用本发明方法铸造的 Ti-47Al-2W-0.5Si 合金叶片铸件，图 6 为 Ti-47Al-2W-0.5Si 金相组织图，图 7 是 Ti-47Al-2W-0.5Si 的能谱分析谱图。

具体实施方式

具体实施方式一：本实施方式所述的金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，是按照以下步骤实现的：

步骤一、根据需要制作出型腔内布有若干通气孔的金属型，若干通气孔分布在金属型的上、下位置，制做叶片的金属型模具的通气孔应分布在金属型的上、中、下位置；

步骤二、将根据浇注量备好的钛基合金放入非自耗电极电弧炉中进行真空熔炼；

步骤三、将步骤二中熔炼后的钛基合金锭翻转到非自耗电极电弧炉中的可吸铸坩埚内再进行熔炼，使液态的钛基合金封住可吸铸坩埚底部的石墨孔，当可吸铸坩埚内熔池的中心呈现凸起状时，快速给予一定的过热度；

步骤四、完成步骤三后，将步骤一所述的金属型所在的真空室抽真空，打开可吸铸坩埚上的吸铸按钮，使液态的钛基合金在自身重力和压力差的作用下，从可吸铸坩埚底部的石墨孔吸入到步骤一所述的金属型中，充满型腔后快速冷却，即得到所需铸件。

具体实施方式二：结合图 1、图 2 说明本实施方式，本实施方式所述的金属

属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，由以下几个步骤完成：一、根据浇注量需求称取预制的 Ti6Al4V 合金 20g；二、将称取的 Ti6Al4V 合金放入非自耗电电极电弧炉中进行熔炼，熔炼步骤如下：1、打开循环水对非自耗电电极电弧炉进行冷却，同时打开机械泵对非自耗电电极电弧炉进行预抽真空，使炉体内的真空度达到 $5.0 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ，再打开分子泵进一步抽真空，直到真空度达到 $6.0 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 时关闭分子泵；2、充入惰性气体氩气，直到炉体内的压强达到 380mm 汞柱时（0.05MPa）时关闭充气阀；3、调节钨电极末端与坩埚中的引弧原料之间的距离在 2~3mm 左右，使用引弧试样引弧，电弧开始时，电弧电流一般应小一些，然后旋转手轮，提升电极，使弧长达到 50~80mm，再加大电流对配料进行熔炼，熔炼一次后，将试样翻转进行，再次熔炼，直到熔炼得彻底熔化均匀；三、将熔炼后的钛基合金锭 8 翻转到非自耗电电极电弧炉中的可吸铸坩埚 3 内（可吸铸坩埚所在的真空室为上真空室 1，金属型 7 设在可吸铸坩埚的下方，金属型所在的真空室为下真空室 2，使上真空室 1 的压力大于下真空室 2 的压力），对试样再熔炼一次，先加电流 150A，使液态的钛基合金封住可吸铸坩埚底部的石墨孔 4，观察到坩埚中的合金熔化，当熔池的中心呈现凸起状，快速加大钨电极 5 上的电流到 250~300A 给予钛基合金一定的过热度；四、在快速加电流到 250~300A 的同时，按电弧炉上的吸铸按钮，合金液在自身重力、上真空室 1 和下真空室 2 的压力差的耦合作用下被吸到金属型 7 中；五、放出下真空室 2 内的气体，取出模具；六、将非自耗电电极电弧炉内清理干净，然后抽真空保护。

具体实施方式三：结合图 1 图、3 和图 4 说明本实施方式，本实施方式所述的金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，由以下几个步骤完成：一、对 Ti-47Al-5Nb-0.5Si 合金进行熔配，名义化学成分为：钛 11.4g，铝 5.35g，铌 2.3g，硅 0.07g；二、将配制的合金放入非自耗电电极电弧炉中，进行熔炼，熔炼步骤如下：1、打开循环水对非自耗电电极电弧炉进行冷却，同时打开机械泵对非自耗电电极电弧炉进行预抽真空，使炉体内的真空度达到 $5.0 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ，再打开分子泵进一步抽真空，直到真空度达到 $6.0 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 时关闭分子泵；2、充入惰性气体氩气，直到炉体内的压强达到 380mm 汞柱时（0.05MPa）时关闭充气阀；3、调节钨电极末端与坩埚中的引弧原料之间的距离在 2~3mm 左右，

使用引弧试样引弧，电弧开始时，电弧电流一般应小一些，然后旋转手轮，提升电极，使弧长达到 50~80mm，再加大电流对配料进行熔炼，熔炼一次后，将试样翻转进行，再次熔炼，直到熔炼得彻底熔化均匀；三、将熔炼后的钛基合金锭 8 翻转到非自耗电极电弧炉中的可吸铸坩埚 3 内（可吸铸坩埚所在的真空室为上真空室 1，金属型 7 设在可吸铸坩埚的下方，金属型所在的真空室为下真空室 2，使上真空室 1 的压力大于下真空室 2 的压力），对试样再熔炼一次，先加电流 200A，使液态的钛基合金封住可吸铸坩埚底部的石墨孔 4，观察到坩埚中的合金熔化，当熔池的中心呈现凸起状，快速加大钨电极 5 上的电流到 400~450A 给予钛基合金一定的过热度；四、在快速加电流到 400~450A 的同时，按电弧炉上的吸铸按钮，合金液在自身重力、上真空室 1 和下真空室 2 的压力差的耦合作用下被吸到金属型 7 中；五、放出下真空室 2 内的气体，取出模具；六、将非自耗电极电弧炉内清理干净，然后抽真空保护。

具体实施方式四：结合图 1、图 5 和图 6 说明本实施方式，本实施方式所述的金属型底漏式真空吸铸钛基合金的精密铸造方法，由以下几个步骤完成：一、对 Ti-47Al-2W-0.5Si 合金进行熔配，名义化学成分为：钛 17.88g，铝 8.39g，钨 3.61g，硅 0.11g；二、将配制的合金放入非自耗电极电弧炉中，进行熔炼，熔炼步骤如下：1、打开循环水对非自耗电极电弧炉进行冷却，同时打开机械泵对非自耗电极电弧炉进行预抽真空，使炉体内的真空度达到 $5.0 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ，再打开分子泵进一步抽真空，直到真空度达到 $6.0 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 时关闭分子泵；2、充入惰性气体氩气，直到炉体内的压强达到 380mm 汞柱时（0.05MPa）时关闭充气阀；3、调节钨电极末端与坩埚中的引弧原料之间的距离在 2~3mm 左右，使用引弧试样引弧，电弧开始时，电弧电流一般应小一些，然后旋转手轮，提升电极，使弧长达到 50~80mm，再加大电流对配料进行熔炼，熔炼一次后，将试样翻转进行，再次熔炼，直到熔炼得彻底熔化均匀；三、将熔炼后的钛基合金锭 8 翻转到非自耗电极电弧炉中的可吸铸坩埚 3 内（可吸铸坩埚所在的真空室为上真空室 1，金属型 7 设在可吸铸坩埚的下方，金属型所在的真空室为下真空室 2，使上真空室 1 的压力大于下真空室 2 的压力），对试样再熔炼一次，先加电流 300A，使液态的钛基合金封住可吸铸坩埚底部的石墨孔 4，观察到坩埚中的合金熔化，当熔池的中心呈现凸起状，快速加大钨电极 5 上的电流

到 475~500A 给予钛基合金一定的过热度；四、在快速加电流到 475~500A 的同时，按电弧炉上的吸铸按钮，合金液在自身重力、上真空室 1 和下真空室 2 的压力差的耦合作用下被吸到金属型 7 中；五、放出下真空室 2 内的气体，取出模具；六、将非自耗电极电弧炉内清理干净，然后抽真空保护。

钛基合金采用非自耗电极电弧炉进行多次重熔。将合金放在氩气保护下的可吸铸坩埚（水冷铜坩埚）中熔炼，给予一定的过热度，之后将金属型所在的真空室吸真空，金属液在熔炼室与吸铸室气体压差和自身重力作用下充型。上真空室 1 是氩气保护，合金液在该气氛下熔炼，有一定的压力 P_2 ，下真空室 2 为真空状态 P_1 ，金属型 7 铸型处于该真空室中，当钛基合金液达到一定的过热度进行浇注，合金液在上下真空室的压力差（ $P_2 - P_1 \approx P_2$ ）和自身重力下充型。

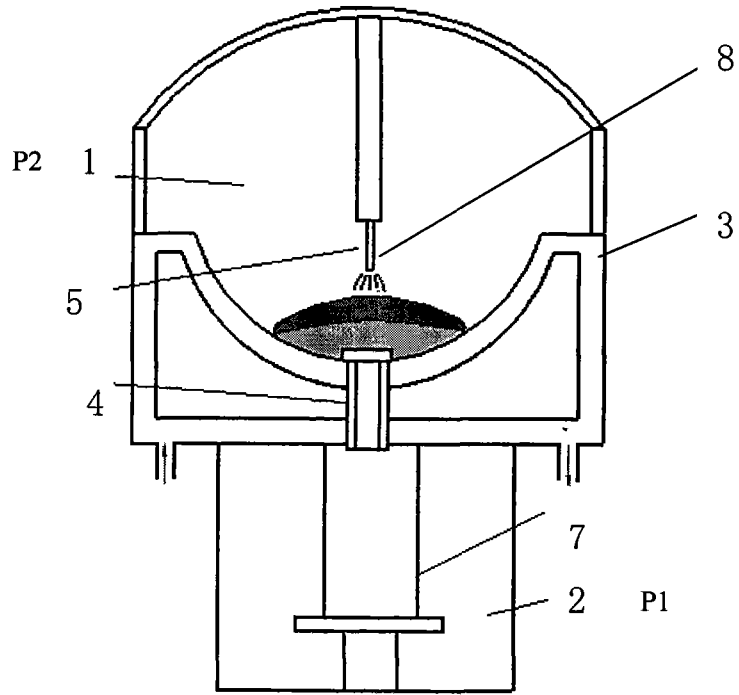


图 1

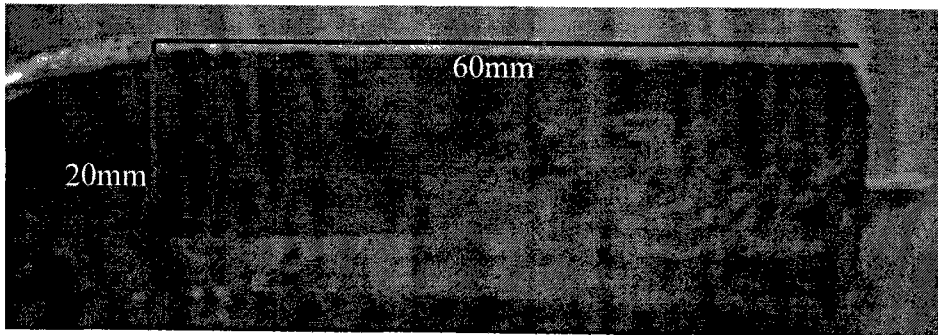


图 2

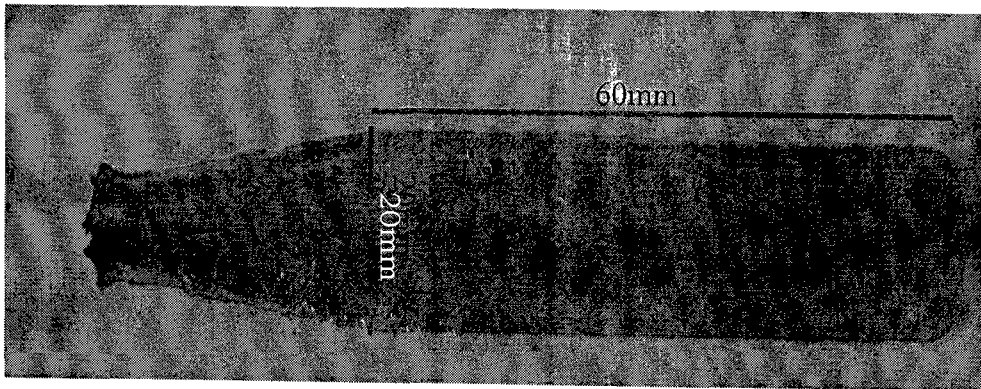


图 3

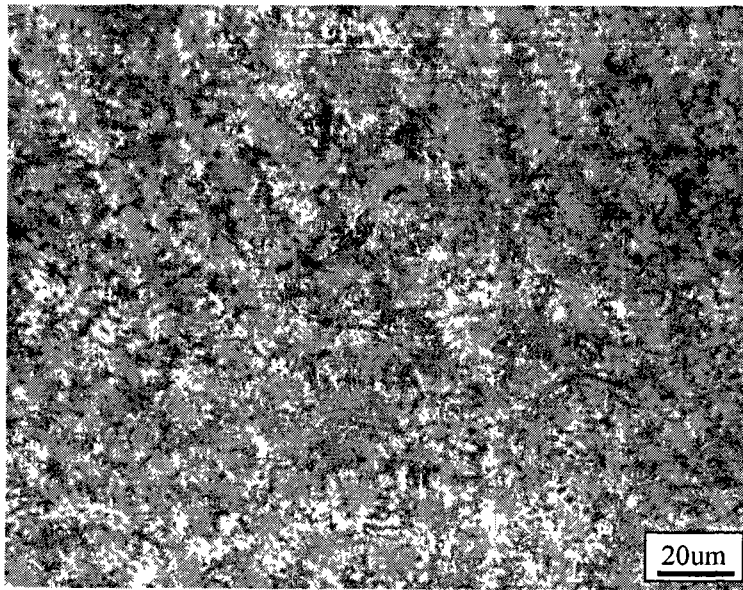


图 4

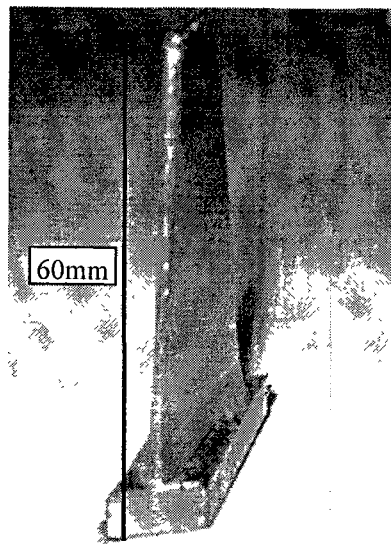


图 5

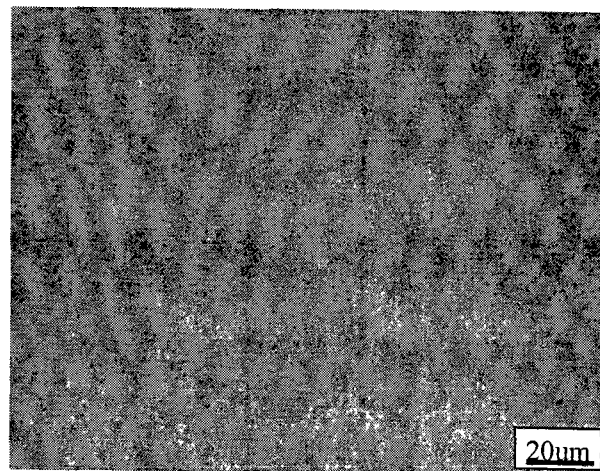


图 6

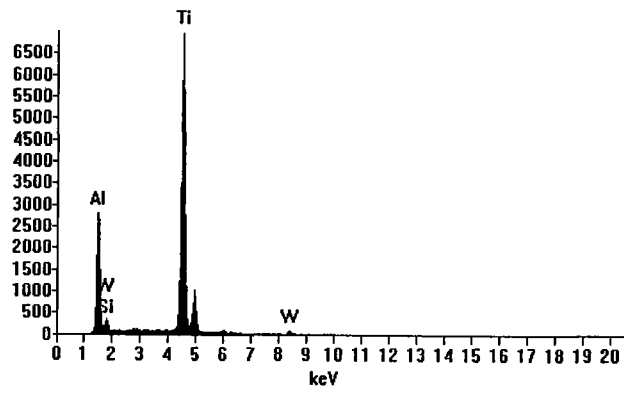


图 7