

基于专利数据的我国钛铝合金材料发展态势研究^①

鲍芳芳^② 高 威 冯 新 丁贤飞 南 海

(中国航发北京航空材料研究院 北京 100095)

(北京市先进钛合金精密成型工程技术研究中心 北京 100095)

摘 要 为了解我国钛铝合金材料领域知识产权状况,基于 Incopat 专利数据库对我国钛铝合金材料领域专利文献进行检索收集、数据统计和计量分析,分析了专利申请趋势、技术构成、地区分布、主要创新主体、主要发明人、重要创新主体、关键研发技术、重点专利情况,揭示出我国钛铝合金材料发展态势。研究发现,专利申请主体集中在高校和科研院所;哈尔滨工业大学、北京科技大学、西北工业大学是重要创新主体;来华专利申请人以日本、美国和德国为主;专利申请涉及精密铸造、熔模铸造、焊接等技术主题。

关键词 钛铝合金;专利;数据;发展

0 引 言

随着航空、航天、车辆、舰船发动机性能的提升,高温结构材料面临更高的要求,即“更强、更刚、更耐热和更轻”,这迫切需要发展比强度高、比模量高和耐更高使用温度的新型高温结构材料。高温结构材料中,钛铝合金有良好的耐腐蚀性能,并且比镍基高温合金轻 50%,在替代 650 ~ 750 ℃ 下使用的镍基高温合金方面有很大优势,被视为新型高推比航空发动机与航天推进系统静止件和转动件极具潜力的候选材料^[1-2]。为此,我国有不少学者对钛铝合金材料展开了深入研究^[3-7]。

专利数据为重要技术创新资源之一,通过专利数据研究能够得到我国钛铝合金材料技术的发展历史、现状和趋势^[8-15]。曾有学者对我国航空领域钛合金、钛铝合金及其精密铸造专利分布简要介绍^[16],也有学者从材料的成分设计和制备方法对我国钛铝合金专利技术进行综述等^[17-20]。在推进我国钛铝合金材料发展的进程中,对钛铝合金材料专利发展态势予以深入揭示,既能够涵盖时间、地区、

发明人/机构等专利数据的广度分析,又能够呈现出技术构成、关键研发技术、重点专利等专利数据的深度揭示,无疑会对我国钛铝合金材料的专利动态知悉、研发策略调整和市场布局参照等产生积极影响。为此,本文基于 Incopat 专利数据库对我国钛铝合金材料专利进行文献检索、数据提取和计量分析,既从专利数据的广度也从专利数据的深度呈现出我国钛铝合金材料专利发展态势,旨在全面了解钛铝合金材料知识产权状况,为我国钛铝合金材料发展研究提供参考。

1 专利申请概况

对钛铝合金材料主题进行分解,提取关键词“钛铝合金”,并将关键词扩展到“钛铝基合金”、“钛铝金属间化合物”、“钛铝系金属间化合物”、“Ti-Al 合金”、“Ti-Al 基合金”、“Ti-Al 金属间化合物”、“Ti-Al 系金属间化合物”、“Ti-Al alloy”、“titanium aluminum alloy”、“Ti-Al based alloys”、“titanium aluminum based alloys”、“Ti-Al intermetallic”、“titanium aluminum intermetallic”、“Ti-Al based intermetallic com-

① 国家自然科学基金(51671026)资助项目。
② 女,1984 年生,博士;研究方向:钛及钛铝合金铸造技术及专利战略研究;联系人,E-mail: cnhk228@139.com
(收稿日期:2020-05-28)

pound”、“titanium aluminum based intermetallic compound”、“ γ -TiAl”、“ α_2 -Ti₃Al”、“ δ -TiAl₃”等,在 Incopat 专利数据库中对在我国申请且申请时间以 2019 年 12 月 31 日为截止日的专利进行检索,检索时间为 2020 年 3 月 2 日。对下载的专利数据先进行申请号合并,再通过人工逐篇去噪与检索批量去噪结合,最终得到我国钛铝合金材料专利 1065 件,包括发明专利 994 件,实用新型专利 71 件。需指出的是,Incopat 专利数据库统计的是目前已公开专利,一般发明专利在申请后 3~18 个月公开,实用新型专利和外观设计专利在申请后 6 个月左右公开,为此,2018-2019 年的专利检索数据仅供参考。

1.1 申请趋势

根据图 1,可以从宏观层面把握我国钛铝合金材料各时期专利申请热度变化。2005 年以前钛铝合金材料专利年申请量维持在每年 10 件以下。2005 年以后钛铝合金材料专利申请总体呈上升趋势,2005 年钛铝合金材料专利数量比 2004 年增长 144%,2015 年达到年申请量 135 件的高峰。钛铝合金材料专利申请数量的上升趋势呈现为波动性上升,其中,2003 年、2006 年、2008 年、2012 年和 2016 年专利申请数量较上年数量有所减少,反映出钛铝合金材料领域研究周期的变动。

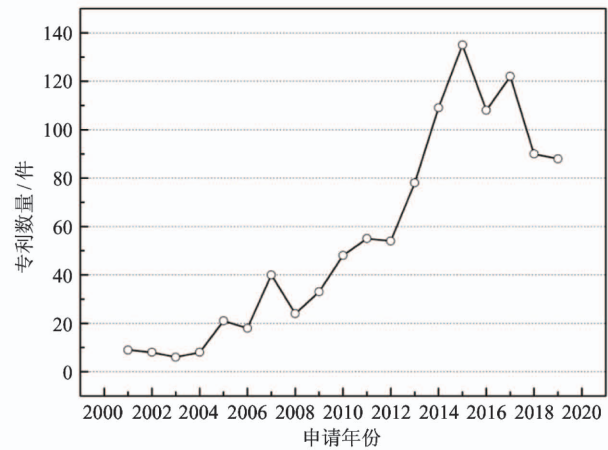


图 1 我国钛铝合金材料专利申请数量变化

1.2 技术构成

结合《国际专利分类的斯特拉斯堡协定》编制的国际通用专利文献分类和检索工具 IPC (international patent classification) 号释义,我国钛铝合金材

料在多个技术领域有涉及,排名前 10 位的技术构成及其专利数量为:C22C 合金,专利 411 件;C23C 对金属材料的镀覆/用金属材料对材料的镀覆,表面扩散法、化学转化或置换法的金属材料表面处理,真空蒸发法、溅射法、离子注入法或化学气相沉积法的一般镀覆,专利 184 件;B22F 金属粉末的加工,由金属粉末制造制品、金属粉末的制造、金属粉末的专用装置或设备,专利 131 件;C22F 改变有色金属或有色合金的物理结构,专利 109 件;B23K 钎焊或脱焊,焊接,用钎焊或焊接方法包覆或镀敷,局部加热切割,用激光束加工,专利 88 件;B22D 金属铸造,用相同工艺或设备的其他物质的铸造,专利 61 件;B22C 铸造造型,专利 35 件;B32B 层状产品,专利 35 件;H01L 半导体器件,其他类目中不包括的电固体器件,专利 34 件;C22B 金属的生产或精炼,原材料的预处理,专利 30 件。其中,C22 专利 550 件、C23 专利 184 件、B22 专利 227 件、B23 专利 88 件,此四大类专利申请居多,并且,C22 大类远高于 C23、B22、B23 四大类总和,反映出 C22 技术领域发展潜力大、成熟程度高。

1.3 地区分布

我国有 27 个省份/直辖市/自治区在钛铝合金材料领域提出过专利申请,包括北京市 150 件,黑龙江省 147 件,江苏省 114 件,陕西省 96 件,辽宁省 70 件,山东省 53 件,广东省 45 件,上海市 43 件,浙江省 36 件,湖南省 31 件,河南省 30 件,四川省 29 件,安徽省 26 件,湖北省 19 件,天津市 18 件,山西省 16 件,河北省 12 件,江西省 10 件,云南省 10 件,吉林省 8 件,广西壮族自治区 7 件,贵州省 7 件,宁夏回族自治区 6 件,重庆市 6 件,台湾省 6 件,甘肃省 1 件,新疆维吾尔自治区 1 件。北京市钛铝合金材料专利主要创新主体及其专利数量为北京科技大学,专利 45 件;中国航发北京航空材料研究院,专利 26 件;北京工业大学,专利 20 件。黑龙江省钛铝合金材料专利申请主体集中于哈尔滨工业大学,有专利 138 件,该机构所提交的钛铝合金材料专利占该省钛铝合金材料专利总数的 93.9%。

1.4 主要创新主体

由图 2 可知,我国钛铝合金材料专利申请主要

创新主体为高校和科研院所,其中,总申请量前3位的创新主体及其专利数量分别为哈尔滨工业大学,专利138件;北京科技大学,专利45件;西北工业大学,专利37件。值得一提的是,仅哈尔滨工业大学申请的钛铝合金材料专利数量就占我国钛铝合金材料专利总数的13%。

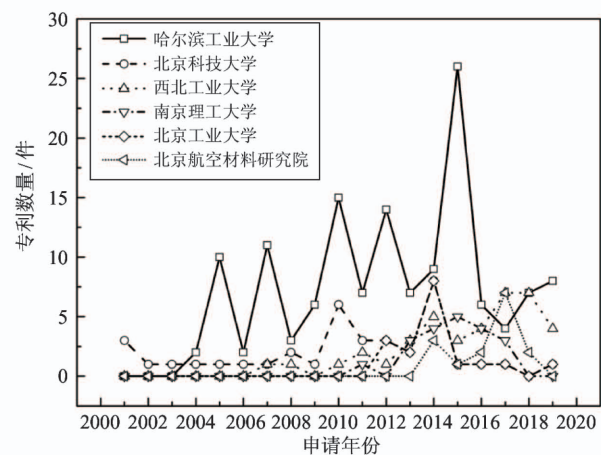


图2 我国钛铝合金材料专利申请主要创新主体

我国钛铝合金材料专利申请人类型包括大专院校申请专利557件,占比52.3%;企业申请专利354件,占比33.2%;科研单位申请专利130件,占比12.2%;个人申请专利56件,占比5.3%;机关团体申请专利4件,占比0.4%。另结合图2信息,我国钛铝合金材料专利申请主要创新主体中缺乏企业身影,建议与高校和科研院所展开深入合作。

根据图3,我国钛铝合金材料专利申请主要创新主体技术构成能够揭示出这些申请机构在各领域的专利分布情况,并可以据此了解主要创新主体侧重的术领域、技术方向和技术实力。其中,哈尔滨工业大学钛铝合金材料专利主要集中于4个小类,4个小类专利数占哈尔滨工业大学专利总数的78%,包括:C22C,专利49件;B23K,专利22件;B22F,专利20件;B22D,专利17件。北京科技大学钛铝合金材料专利主要集中于2个小类,2个小类专利数占北京科技大学专利总数的71%,包括:C22C,专利21件;B22F,专利11件。西北工业大学钛铝合金材料

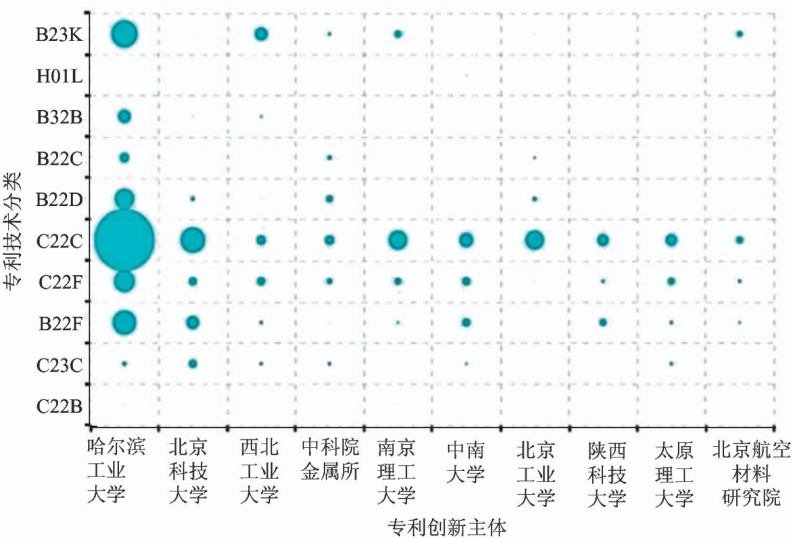


图3 我国钛铝合金材料专利申请主要创新主体技术构成

专利主要集中于3个小类,3个小类专利数占西北工业大学专利总数的70%,包括B23K,专利11件;C22C,专利8件;C22F,专利7件。

1.5 主要发明人

由图4可知,我国钛铝合金材料专利主要发明人及其专利数量为哈尔滨工业大学的陈玉勇,专利50件;哈尔滨工业大学的孔凡涛,专利32件;北京

科技大学的林均品,专利29件;哈尔滨工业大学的郭景杰,专利24件;哈尔滨工业大学的耿林,专利21件;哈尔滨工业大学的肖树龙,专利21件;北京工业大学的陈子勇,专利20件;哈尔滨工业大学(威海)的冯吉才,专利19件;哈尔滨工业大学的王晓鹏,专利19件;西北工业大学的寇宏超,专利18件。统计显示,排名前10位的发明人钛铝合金材料

专利总和占我国钛铝合金专利总数的近 1/4,反映出我国钛铝合金材料专利发明以国内主要几所工科高校的科研人员为主。

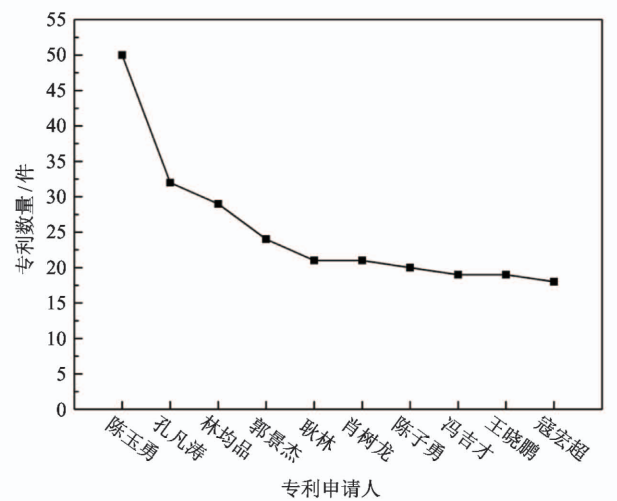


图 4 我国钛铝合金材料专利主要发明人

1.6 来华专利申请

由图 5 可知,国外钛铝合金材料来华专利申请人以日本、美国和德国为主,共有专利 65 件,占专利总数的 6.1%,包括:发明专利 64 件,实用新型专利 1 件,其中授权专利 38 件、权利终止专利 9 件、实质审查专利 7 件、撤回专利 7 件、驳回专利 3 件、公开专利 1 件。65 件专利中,包括:日本专利 20 件,美国专利 18 件,德国专利 12 件,法国专利 5 件,韩国专利 4 件,英国专利 2 件,澳大利亚专利 1 件,西班牙专利 1 件,意大利专利 1 件和挪威专利 1 件。

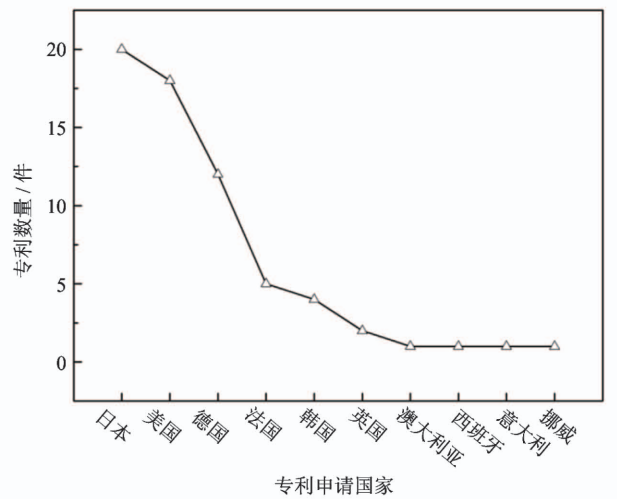


图 5 钛铝合金材料来华专利申请国家

由图 6 可知,国外钛铝合金材料来华专利申请机构及其专利数量为美国通用电气公司,专利 5 件;日本 IHI 公司,专利 4 件;日本 OSG 公司,专利 3 件;日本三菱综合材料公司,专利 3 件;日本三菱重工公司,专利 3 件;德国 GKSS 盖斯特哈赫特研究中心有限责任公司,专利 2 件;德国 VDM 金属国际有限公司,专利 2 件;美国博格华纳公司,专利 2 件;法国国家科学研究中心,专利 2 件;日本夏普公司,专利 2 件。统计显示,国外钛铝合金材料来华专利申请类型及其专利数量为:C22C,专利 21 件;C23C,专利 15 件;F01D,专利 9 件;B23P,专利 7 件;B22C,专利 6 件;B22D,专利 6 件;B22F,专利 5 件;B23B,专利 5 件;F02B,专利 5 件;H01L,专利 5 件。

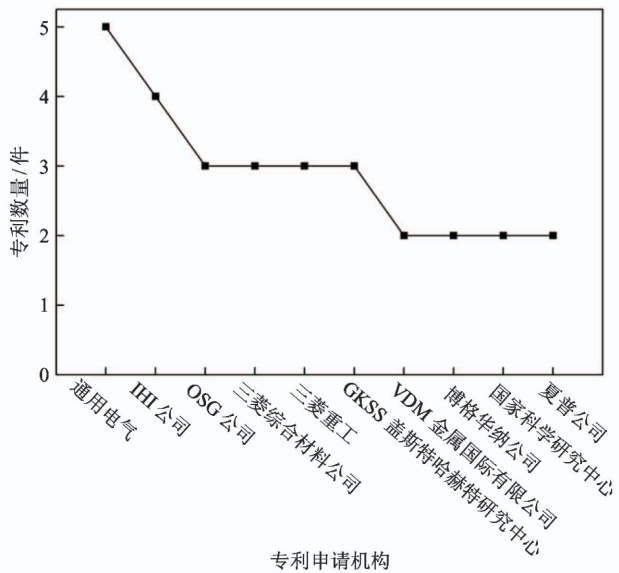


图 6 钛铝合金材料来华专利申请机构

2 重要创新主体与关键研发技术分析

2.1 重要创新主体

(1) 哈尔滨工业大学

截至目前,哈尔滨工业大学共申请钛铝合金材料专利 138 件,包括失效专利 71 件、有效专利 52 件、在审专利 15 件,转让专利 1 件。主要发明人及其专利数量为:陈玉勇,专利 45 件;孔凡涛,专利 31 件;郭景杰,专利 24 件;耿林,专利 21 件;王晓鹏,专利 19 件;肖树龙,专利 18 件;丁宏升,专利 16 件;冯吉才,专利 16 件;傅恒志,专利 15 件;田竟,专利 15

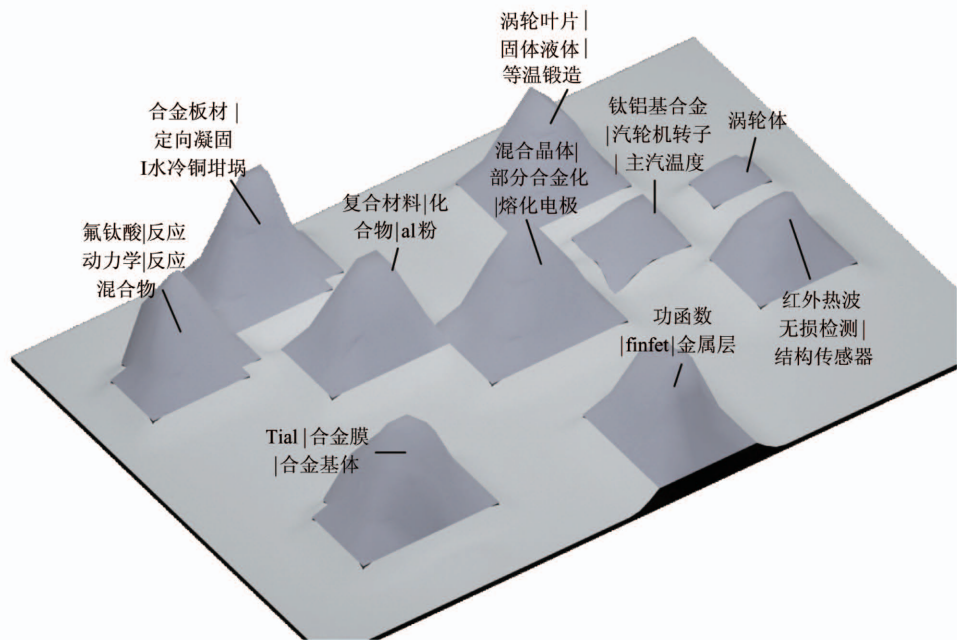


图 8 我国钛铝合金材料专利地图

可知,我国钛铝合金材料应用主要分布在半导体器件、涡轮叶轮、合金板材等技术领域。

3 重点专利分析

重点专利技术在于分析确定某专利在所属领域技术价值中的重要性,一般有引证分析、同族分析、法律状态分析等方法。结合 Incopat 专利数据库共享价值度模块能够快速聚焦重要专利的功能,即通过专利被引证次数、同族数量等多个指标参数分析出高价值专利组的功能,筛选得到表 1 中 10 件重点专利以对我国钛铝合金材料领域专利进行分析。

从申请时间来看,重点专利中德国 GKSS 盖斯特哈赫特研究中心有限责任公司申请的专利 CN1660540A,名称为“含有金属间钛铝合金构件或半成品的制造方法及相应构件生产”,申请时间较早,为 2005 年 2 月 28 日。经数据查找,在 1065 件专利中,1991 年 2 月 4 日由中国科学院化工冶金研究所申请的专利 CN1063909A,名称为“溶盐电解法制取钛-铝合金粉”,在我国钛铝合金材料专利中申请时间最早,亦或是我国钛铝合金材料领域的起源专利。

从申请人国家来看,重点专利中有中国专利 4

件、德国专利 3 件、澳大利亚专利 1 件、法国专利 1 件和美国专利 1 件,反映出,尽管钛铝合金材料领域国外申请人在华专利申请数量不多,但重点专利占比大,尤其对德国而言。

从被引证次数来看,2008 年 12 月 12 日德国 GKSS 盖斯特哈赫特研究中心有限责任公司申请的专利 CN101457314A,名称为“钛铝化物合金”,被引证次数高达 23 次,说明该专利较易被行业内研发人员所关注,一些发明创造也是在此基础上做出的,也可以被视为基础专利。

从同族数量来看,2008 年 12 月 12 日德国 GKSS 盖斯特哈赫特研究中心有限责任公司申请的专利 CN101457314A,名称为“钛铝化物合金”,同族数量高达 23 件,揭示出申请人对该专利的重视程度高。然而,重点专利中我国机构申请的专利同族数量均为 2 件,反映出其占领国际市场的意识薄弱。经数据查找,在 1065 件专利中,我国申请人申请专利同族数量前三的有:新星化工冶金材料(深圳)有限公司的专利 CN101838783A,名称为“通过控制压缩比来控制钛铝碳合金晶粒细化能力的变化量的方法”,同族数量为 11 件,包括欧洲专利局 3 件、英国 3 件、中国 2 件、美国 1 件、西班牙 1 件和世界知识产权组织 1 件;东北大学申请的专利 CN107151752A,

名称为“基于铝热自蔓延梯度还原与渣洗精炼制备钛合金的方法”,同族数量为 10 件,包括中国 2 件、欧洲专利局 2 件、英国 2 件、日本 1 件、美国 1 件、世界知识产权组织 1 件和欧亚专利组织 1 件;东北大学和沈阳北冶冶金科技有限公司申请的专利 CN104911376B,名称为“两段铝热还原制取钛或钛合金并副产无钛冰晶石的方法”,同族数量为 9 件,包括欧洲专利局 3 件、中国 2 件、加拿大 2 件、美国 1 件和世界知识产权组织 1 件。

此外,从技术来看,重点专利围绕钛铝合金材料

制备展开,制备方法有应用熔炼冶金或粉末冶金方法的制备、制备含有少于约 15wt% 铝的钛铝合金的方法、含有金属间钛铝合金的构件或半成品的制造方法、真空电弧再熔而生产经由 β -相固化的 γ -TiAl 基合金的方法、火花等离子烧结制造金属合金工件的工艺、铸模成分和模制的方法、 γ -TiAl 合金棒材的制备方法、TiAl 合金的等温锻造方法、TiAl 基合金自身连接的氩弧焊方法、定向凝固高铌钛铝合金单晶的制备方法,材料用途涉及航空发动机等。

表 1 我国钛铝合金材料重点专利

公开号	专利名称	申请时间	申请人	申请人国家	被引证次数	同族数量	合享价值度
CN101457314A	钛铝化物合金	20081212	GKSS 盖斯特 哈赫特研究中心 有限责任公司	德国	23	23	10
CN102712966A	制备低铝的 钛铝合金的方法	20101217	联邦科学与工业 研究组织	澳大利亚	4	21	10
CN1660540A	含有金属间钛铝合金 构件或半成品的制造 方法及相应构件生产	20050228	GKSS 盖斯特 哈赫特研究中心 有限责任公司	德国	0	17	10
CN102449176A	生产 β - γ -TiAl 基合金的方法	20140611	GfE 金属和材料 有限公司;德国 钛铝公司	德国	2	13	10
CN105451915A	钛铝合金工件 制造工艺		国家科学研究 中心;国家航天 航空研究局	法国	2	14	10
CN104968451A	包含六铝酸钙的 铸模和表面涂层 成分和用于铸造钛 和钛铝合金的方法	20140121	通用电气公司	美国	0	11	10
CN101518794A	一种 γ -TiAl 合金 棒材的制备方法	20090323	哈尔滨工业大学	中国	6	2	10
CN102312181A	TiAl 合金的等温 锻造方法	20110907	上海交通大学	中国	6	2	10
CN102229018A	一种适合 TiAl 基合 金材料自身连接 的氩弧焊方法	20110428	中国航发北京 航空材料研究院	中国	13	2	10
CN102011195A	一种定向凝固高铌 钛铝合金单晶的 制备方法	20101123	北京科技大学	中国	20	2	10

4 结论与建议

本文基于 Incopat 专利数据库对我国钛铝合金材料专利进行文献检索、数据提取和计量分析,得出如下结论。

(1)从专利申请概况来看,我国钛铝合金材料申请总体呈上升趋势,北京市、黑龙江省、江苏省专利申请量多,创新主体以高校、科研院所为主,重要创新主体有哈尔滨工业大学、北京科技大学、西北工业大学。相比而言,企业研发能力较弱,可以推断,我国钛铝合金材料还没有实现大规模产业化生产。

(2)从来华专利申请来看,美国、日本、德国为来华专利申请的主要国家,重点专利中国外来华专利申请比重大,这在一定程度上反映出我国钛铝合金材料领域基础研究以及占领国际市场方面的意识较为薄弱。

(3)从专利技术领域来看,我国钛铝合金材料的专利申请涉及精密铸造、熔模铸造、焊接等技术,钛铝合金材料用途主要涉及航空发动机。

根据分析得出的我国钛铝合金材料发展态势,提出以下几点建议。

(1)加强高校、科研院所、企业之间的合作。我国钛铝合金材料领域,企业研发能力相对较弱,但在产业化与市场化方面有优势,高校、科研院所研发能力相对较强,但在产业化与市场化方面有不足。为此,高校、科研院所和企业之间应结合自身实际围绕钛铝合金材料展开针对性地深入合作,全面推进我国钛铝合金材料的发展。此外,在高校、科研院所和企业自主研发的同时,还应对国外失效的钛铝合金材料专利予以关注以进行二次创新和开发。

(2)以专利引进再开发策略建立行业技术标准。知识产权是企业无形资产和核心竞争力的重要组成要素,对企业创新发展有重要影响。为此,企业可考虑购买钛铝合金材料专利技术以实现较快获得高水平生产技术,与此同时,还可以推进二次开发创新一批核心专利,并推进行业技术标准建设来提升企业的行业影响力。

(3)以专利价值评估体系提高专利运用水平。

对钛铝合金材料专利的数量与专利质量进行考量,将技术、市场、竞争、法律等因素考虑在内,通过钛铝合金材料专利价值评估对所持有专利的技术价值、市场价值和权利稳定性予以评估,以对持有专利运营做出合理决策。

参考文献

- [1] 谢成木. 钛及钛合金铸造[M]. 北京:机械工业出版社, 2005: 1-7
- [2] 张永刚. 金属间化合物结构材料[M]. 北京:国防工业出版社, 2001: 686-670
- [3] 南海. 钛合金精密铸造技术及其应用发展[C]//2008 中国铸造活动论文集,中国机械工程学会, 2008: 712-718
- [4] Ding X F, Zhang L W, He J P, et al. As-cast micro-structure characteristics dependent on solidification mode in TiAl-Nb alloys[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2019(809): 1-9
- [5] Ding X F, Zhang L W, He J P, et al. Numerical and experimental study on peritectic transition in TiAl-Nb alloys [J]. *Computational Materials Science*, 2019(158): 333-339
- [6] 冯新,林均品,张国庆,等. 高 Nb-TiAl 多孔合金的制备及其焊接结构孔隙结构与性能[J]. 热加工工艺, 2019, 48(12):29-33,39
- [7] 冯新,丁贤飞,李潇楠,等. 高 Nb-TiAl 合金激光焊接头组织与力学性能研究[J]. 焊接技术, 2019, 48(5): 36-39,7
- [8] 孙志雨,李建崇,朱郎平,等. 一种细晶钛铝粉末成型方法[P]. 中国专利, 201710367652.2, 2017-10-24
- [9] 朱郎平,李建崇,南海,等. 一种钛铝金属间化合物的熔炼制备方法[P]. 中国专利,201410608728.2, 2015-3-4
- [10] 李建崇,朱郎平,南海,等. 一种钛铝复合管的制备方法及其模具[P]. 中国专利, 201910628447.6, 2019-9-27
- [11] 黄东,南海,刘晨光,等. 一种钛及钛铝基合金熔模精密铸造锆酸钙模壳的制备方法[P]. 中国专利, 201210513046.4, 2013-3-20
- [12] 李建崇,朱郎平,南海,等. 一种钛铝基合金定向凝固熔模精密铸造模壳的制备方法[P]. 中国专利, 201310460150.6, 2014-1-29

- [13] 黄东,魏战雷,余龙,等. 一种钛合金中介机匣支板及流道的制造方法[P]. 中国专利, 201810100366. 4, 2018-8-3
- [14] 赵嘉琪,周朋朋,吴国清,等. 一种氧化钙基陶瓷型芯的制备方法[P]. 中国专利, 201310084330. 9, 2013-6-19
- [15] 莫晓飞,南海,赵嘉琪,等. 一种 ZTG6 合金铸件冷却过程中预防裂纹缺陷的方法[P]. 中国专利, 201510271563. 9, 2015-11-18
- [16] 张美娟,鞠忠强,高富辉,等. 我国航空领域钛合金专利现状及对策研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2015, 35(4): 376-379
- [17] 党兴. 我国钛铝合金领域专利技术发展综述[J]. 新材料产业, 2017(3): 30-34
- [18] 付佳,唐志勇,杜骁勇,等. 钒铝合金专利申请状况分析[J]. 钛工业进展,2014, 31(2): 12-15
- [19] 吴良策,王姗. TiAl 高温合金产业专利分析[J]. 电子制作, 2014(10):83-83, 82
- [20] 王兴艳,袁开洪. 全球高端金属结构材料行业专利分析[J]. 新材料产业, 2013(10):43-47

Research on the development trend of titanium aluminum alloy materials in China based on patent data

Bao Fangfang, Gao Wei, Feng Xin, Ding Xianfei, Nan Hai

(AECC Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095)

(Beijing Engineering Research Center of Advanced Titanium Alloy Precision Forming Technology, Beijing 100095)

Abstract

To understand the status of intellectual property rights in the field of titanium aluminum alloy materials in China, the paper, based on Incopat patent database, carries out retrieval collection, data statistics and econometric analysis of patent documents in the field of titanium aluminum alloy materials in China. And it analyzes patent application trend, technology composition, regional distribution, main innovation subjects, main inventors, important innovation subjects, key R&D technologies, key patents, and so forth, and reveals the development trend of titanium aluminum alloy technology in China. The study shows that patent applicants are concentrated in universities and scientific research institutes. Harbin Institute of Technology, University of Science & Technology Beijing, and Northwestern Polytechnical University are important innovation subjects. The patent applicants in China are mainly from Japan, the United States and Germany, and the patent applications involve some technical topics such as precision casting, investment casting, and welding.

Key words: titanium aluminum alloy, patent, data, development