

基于 Innography 的铝基复合材料专利分析^①

李 稔^② 郑彦宁 傅俊英 梁琴琴 袁 芳

(中国科学技术信息研究所 北京 100038)

摘 要 铝基复合材料(AMC)广泛应用于航空航天、汽车、电子和机械制造等领域。基于 Innography 分析平台收录的铝基复合材料相关专利数据,从专利申请和授权的年度趋势、发明人所在地、专利申请地、专利分类体系分布以及专利权人的角度,结合产业信息,分析了铝基复合材料专利的整体产出、重点技术领域以及研发机构情况等。研究表明,全球铝基复合材料研究始于 20 世纪 60 年代末,随着中国对该领域研发与知识产权重视程度的提高,铝基复合材料相关专利申请数量自 2011 年起开始快速上升,但在该领域缺少龙头企业,相关研发以大学和科研院所为主,尚需培育其市场需求。

关键词 铝基复合材料(AMC), Innography, 专利分析

0 引 言

金属基复合材料具有高比强度、高比模量、耐高温、耐磨损、抗辐射、热膨胀系数低等诸多优点,在航空航天和军工等高科技领域有重要应用。其中,铝基复合材料(aluminum matrix composites, AMCs)由于密度和成本较低,且铝合金的应用相对成熟,在金属基复合材料中使用最为广泛。本文以专利分析为主,结合产业研究,对铝基复合材料领域产业的技术发展现状进行了阐释,并指出我国在这一领域需要改进的方向。

1 专利数据来源与处理

1.1 专利数据来源

本文采用 CPA Global 公司旗下的 Innography 数据库对铝基复合材料领域专利进行检索和分析,其数据源包括 100 多个国家和地区的上亿篇专利文献及其法律状态,如邓白氏商业情报数据库及美国证券交易委员会等的专利权人财务数据,美国法院电

子数据库系统(PACER)的专利诉讼案件、美国国际贸易委员会(ITC)337 调查以及美国 PTAB 的专利无效复审案件,以及美国商标信息^[1]等。

1.2 专利检索与分析

采用关键词检索方法,检索式为“@ (abstract, pclaims, title) ((‘ aluminium matrix composite ’) or (‘ aluminum matrix composite ’) or (‘ Al matrix composite ’) or (‘ aluminium based composite ’) or (‘ aluminum based composite ’) or (‘ Al based composite ’)) ”,专利检索时间截止到 2018 年 12 月 31 日,并采用扩展专利同族中的 INPADOC(International Patent Documentation)家族对同族专利进行处理。对搜索到专利的年度申请和授权变化趋势、专利来源地和受理地、技术领域分布与申请机构进行分析,并以图表予以呈现。

2 铝基复合材料相关专利整体情况分析

2.1 专利年度变化趋势分析

根据上述检索策略,得到全球铝基复合材料相

① 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(QN2018-03,ZD2018-01)和青海省科技计划(2018-0303-ZJC-0023)资助项目。

② 男,1989 年生,博士;研究方向:先进制造产业;联系人,E-mail: linong@istic.ac.cn
(收稿日期:2019-01-06)

关专利共2 199 件(专利家族),其中,授权专利共 1 092件,总体授权率为 49.66%,其申请数量与授权数量的年度变化趋势如图 1 所示。由图中可以看到,全球铝基复合材料相关专利申请始于 1968 年,至 2010 年这段期间,专利申请量平均年复合增长率为 10.33%;2011 年至 2016 年,专利申请量快速上升,平均年复合增长率大幅增至 23.96%。由于专

利申请后于 18 个月内公开,故 2017 年至 2018 年的专利申请数据不完整。另外,铝基复合材料相关专利授权量曲线走势和专利申请量曲线走势基本一致,1968 年至 2010 年,专利授权量平均年复合增长率为 9.11%;2011 年至 2016 年,专利授权量也快速上升,平均年复合增长率为 21.20%。

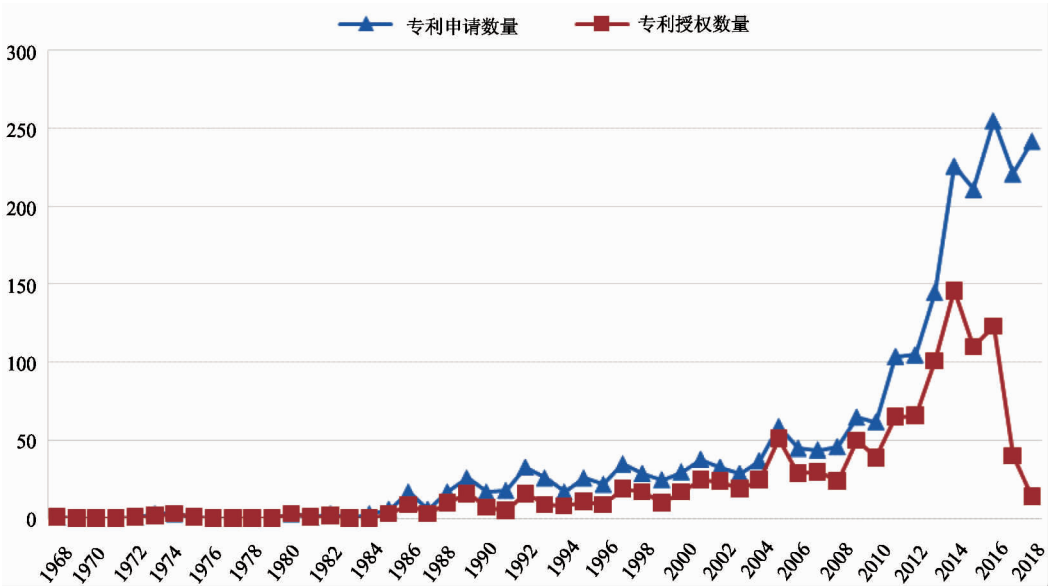


图 1 全球铝基复合材料相关专利申请数量与授权数量的年度变化趋势

铝基复合材料相关专利申请与授权数量在 2011 年后快速上升,主要是因为中国对这一领域研

究的加强。中国铝基复合材料相关专利申请数量与授权数量的年度变化趋势如图 2 所示。

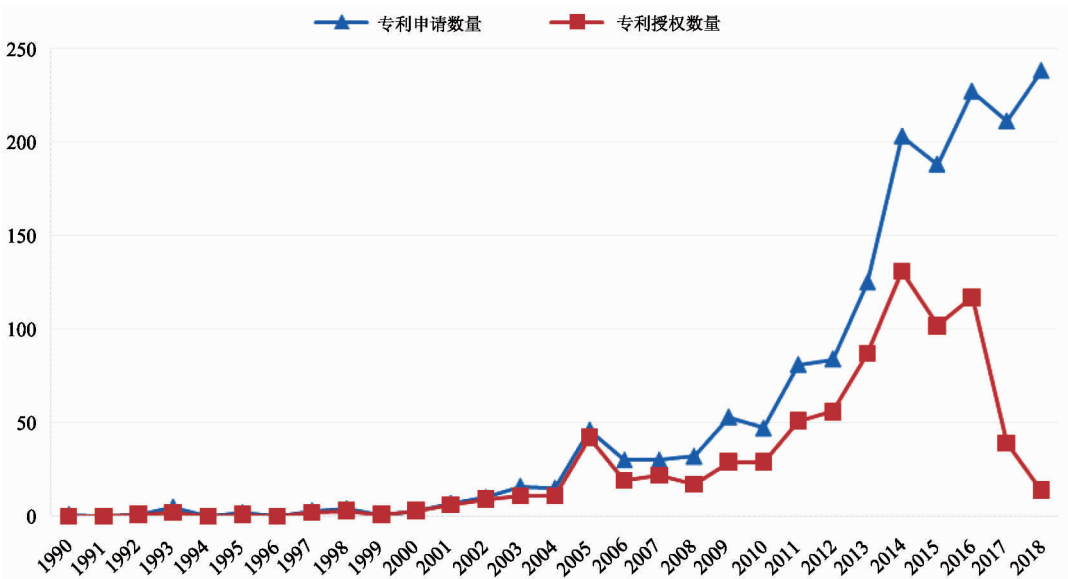


图 2 中国铝基复合材料相关专利申请数量与授权数量的年度变化趋势

中国铝基复合材料相关专利申请始于 1990 年,至 2010 年这段期间,专利申请量平均年复合增长率为 21.23%,专利授权量平均年复合增长率为 20.57%;2011 年至 2016 年,专利申请量快速上升,平均年复合增长率上升至 30.01%,专利授权量平均年复合增长率为 26.17%。可以看到,中国在铝基复合材料相关专利上的申请与授权量在 30 年间一直保持在 20% 以上,随着绝对数量的不断增大,中国成为全球该领域相关专利产出的主要驱动力,专利申请与授权数量全球占比近年来已经超过 90%。

2.2 专利来源地分析

全球铝基复合材料相关专利来自于 29 个国家

和地区,其中排名前 10 的国家和地区铝基复合材料相关专利申请数量、授权数量与授权比例如图 3 所示。可以看到,铝基复合材料相关专利主要来自中国、日本、美国、韩国、俄罗斯、中国台湾、英国、加拿大、德国和法国。其中,中国以 1 669 件专利申请量和 823 件专利授权量排名第一,全球占比分别达到 75.17% 和 74.54%,但相关专利绝大多数在国内申请,海外申请数量仅为 21 件,占比为 1.27%,海外申请地为 6 个,总体专利授权率为 49.24%,略低于全球平均水平。中国、日本和美国合计铝基复合材料相关专利申请与授权量全球占比达到 92.91% 和 93.50%,几乎可以代表全球铝基复合材料技术发展情况。

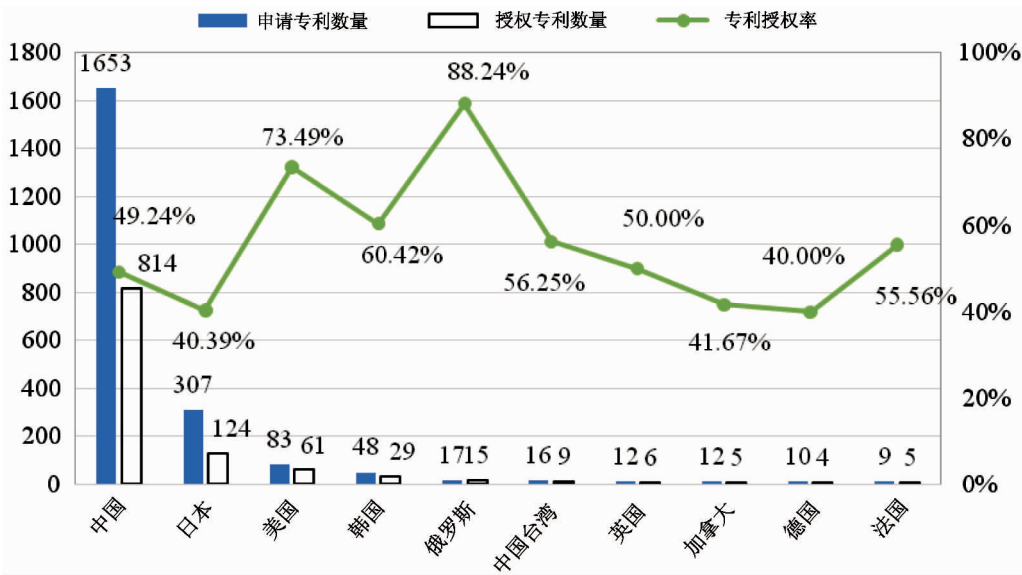


图 3 排名前十的铝基复合材料相关专利来源地申请数量、授权数量与授权比

2.3 专利受理地分析

全球铝基复合材料相关专利的受理地包括 35 个国家、地区和组织,其中,排名前 10 的国家、地区和组织铝基复合材料相关专利申请数量、授权数量与授权比例如图 4 所示。可以看到,铝基复合材料相关专利主要受理地区为中国、日本、美国、世界知识产权组织、韩国、欧洲专利局、加拿大、中国台湾、俄罗斯和英国。中国、日本和美国仍然是最大的专利受理地,其中,美国作为铝基复合材料相关专利的受理地,其专利申请与授权数量显著高于其自身作为专利来源地的数量,而中国和日本则大体接近,这

表明美国铝基复合材料市场在全球范围最具吸引力,而中国铝基复合材料市场尚未培育起来。

2.4 铝基复合材料相关专利的 IPC 分布情况分析

铝基复合材料相关申请专利在 IPC 类的分布如图 5 所示,IPC 类的分类注释如表 1 所示。铝基复合材料相关专利分布在 119 个子类中,但主要集中在 C22C 子类“合金”,总体占比达到 46.60%,表明铝基复合材料相关技术的关键在于合金组分及相应工艺。排名前 5 的 IPC 子类占比达到 66.25%,主要是以有色金属的冶炼、铸造、压力加工、切削加工与后处理技术为主。

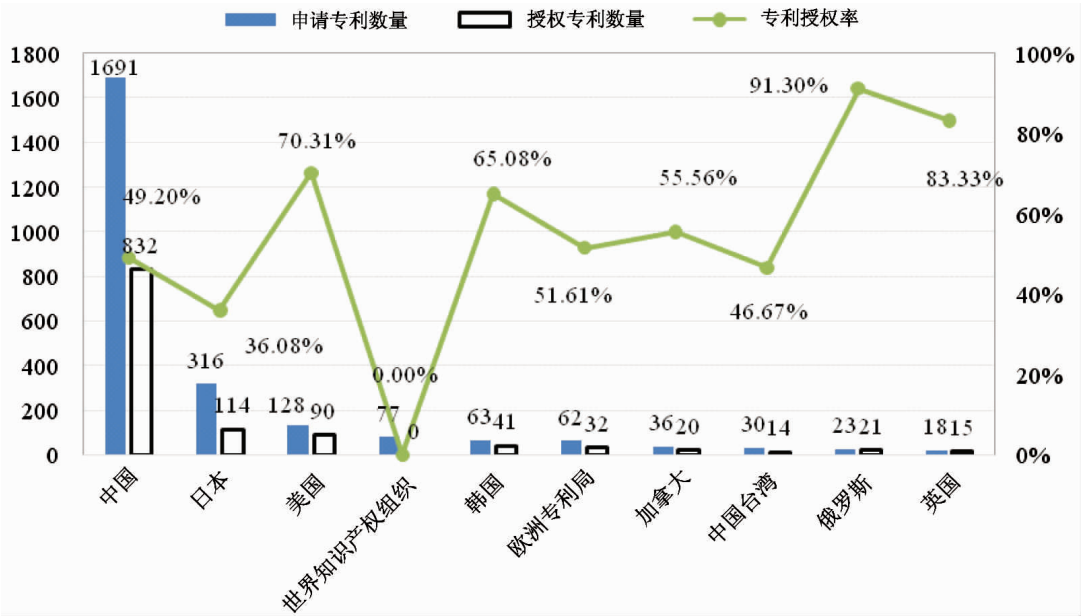


图 4 排名前十的铝基复合材料相关专利受理地申请数量、授权数量与授权比

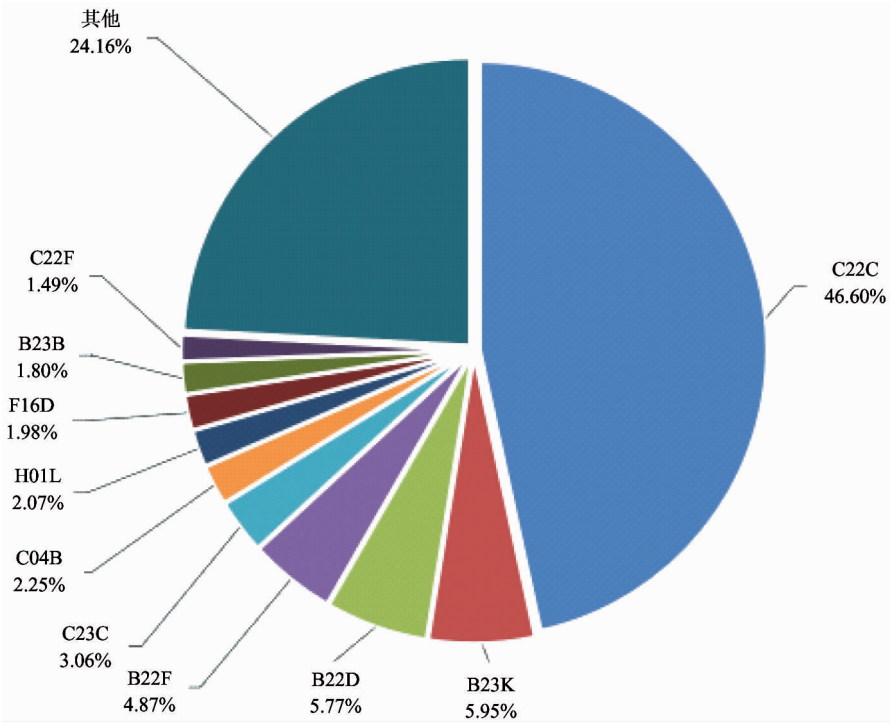


图 5 铝基复合材料相关申请专利前 10 的 IPC 子类分布

铝基复合材料相关申请专利在 IPC 组的分布如图 6 所示,IPC 组的分类注释如表 2 所示。铝基复合材料相关专利分布在 259 个组中,但主要集中分布于 C22C 1/00 组“有色金属合金的制造”,以及 C22C 21/00 组“铝基合金”,总体占比分别达到 21.86%

和 14.29%。排名前 5 的 IPC 组占比达到 47.82%。

最终,铝基复合材料专利可归纳为 3 大类:组分、制造与应用。对于铝基复合材料组分专利,主要分为:铝基体组 C22C 1/00、C22C 21/00;颗粒增强体^[24]组 C22C32/00;晶须增强体^[5]与纤维增强

表 1 IPC 子类的分类注释

序号	分类号	分类内容	申请量	授权量
1	C22C	合金	1 034	494
2	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,如火焰切割;用激光束加工	132	70
3	B22D	金属铸造;用相同工艺或设备的其他物质的铸造	128	69
4	B22F	金属粉末的加工;由金属粉末制造制品;金属粉末的制造	108	53
5	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	68	27
6	C04B	石灰;氧化镁;矿渣;水泥;其组合物,例如砂浆、混凝土或类似的建筑材料;人造石;陶瓷	50	23
7	H01L	半导体器件;其他类目中不包括的电固体器件	46	19
8	F16D	传送旋转运动的联轴器	44	15
9	B23B	车削;镗削	40	11
10	C22F	改变有色金属或有色合金的物理结构	33	18

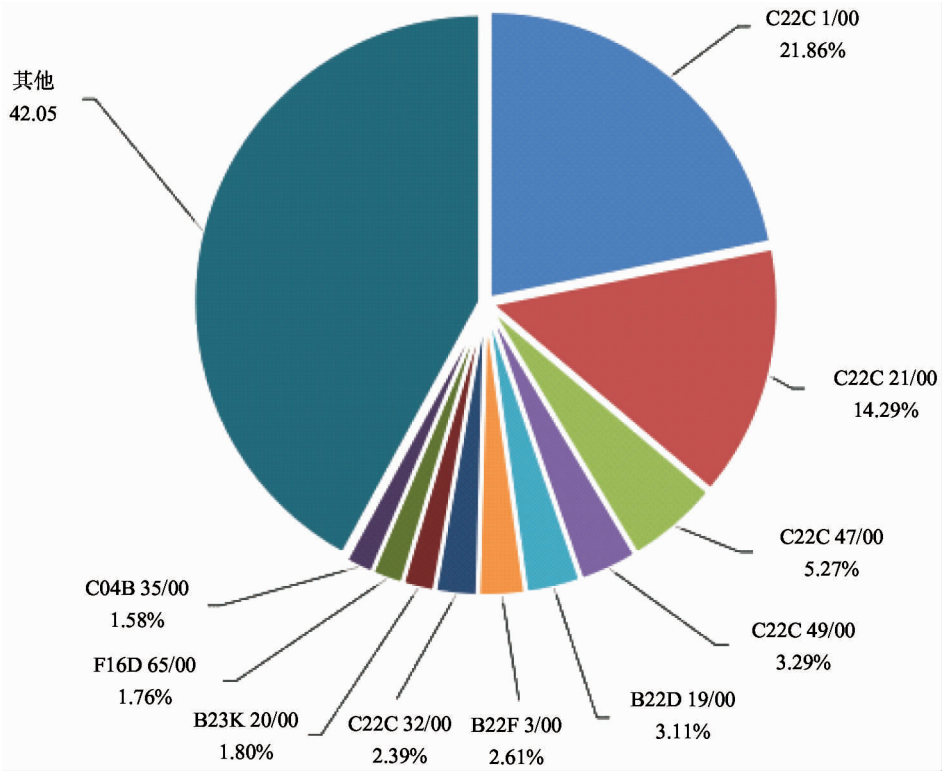


图 6 铝基复合材料相关申请专利前 10 的 IPC 组分布

体^[6, 7]组 C22C 47/00、C22C 49/00;新兴的陶瓷结构增强体^[8]组 C04B 35/00。对于铝基复合材料制造^[9]专利,B22D 19/00 组对应铝基复合材料制造方法中主要的液态制造法,主要包括搅拌铸造法、液态金属浸渗法、共喷射沉积法和热喷涂法;B22F 3/00 组合 B23K 20/00 组分别对应粉末冶金法和热压法,

属于固态制造法;其他常用的铝基复合材料制造方法还有原位合成法,对应 C22C 32/00 组。对于铝基复合材料应用专利,主要为制动器零部件组F16D 65/00,原因在于其在汽车产业的应用^[10],由于它们在航空航天与军工产业^[11, 12]的应用较为敏感,专利申请量较少。而 H01L 这一 IPC 子类的存在是因为铝基复

合材料具有高导热、低膨胀的特性,有利于集成电路 有较多应用^[13]。
的散热,且产生的热应力小,因而在半导体封装领域

表 2 IPC 子类的分类注释

序号	分类号	分类内容	申请量	授权量
1	C22C 1/00	有色金属合金的制造	485	224
2	C22C 21/00	铝基合金	317	150
3	C22C 47/00	制造含有金属或非金属纤维或细丝的合金	117	50
4	C22C 49/00	含金属或非金属纤维或细丝的合金	73	26
5	B22D 19/00	在制品上、制品内、制品周围铸造,该制品成为产品的一部分	69	36
6	B22F 3/00	石灰;氧化镁;矿渣;水泥;其组合物,例由金属粉末制造工件或制品,其特点为用压实或烧结的方法;所用的专用设备	58	27
7	C22C 32/00	含有 5% 至 50% 质量分数、加入或原位形成的氧化物、碳化物、硼化物、氮化物、硅化物或其他金属化合物	53	25
8	B23K 20/00	利用冲击或其他压力的非电焊接,用或不用加热,例如包覆或镀敷	40	17
9	F16D 65/00	制动器的部件或零件	39	13
10	C04B 35/00	以成分为特征的陶瓷成型制品;陶瓷组合物	35	15

2.5 国外铝基复合材料领域机构分析

国外铝基复合材料专利申请排名前 10 的机构如表 3 所示,全部为企业。除总部位于英国的力拓股份公司和总部位于美国的 3M 公司之外,其余全部为日本企业。丰田、本田、三菱综合材料、曙光制动和古河电气的铝基复合材料相关专利布局均围绕汽车及汽车零部件业务展开;神户制钢、力拓股份公

司、昭和铝业和新日铁住金公司主营金属冶炼与加工业务,专利集中于围绕铝基复合材料组分与制造。另外,力拓股份公司的铝基复合材料相关专利来自于其 2007 年收购的加拿大铝业公司,新日铁住金的铝基复合材料相关专利则源于 2012 年新日本制铁公司与住友金属工业公司合并之前,住友金属工业公司旗下的住友轻合金工业公司。

表 3 国外铝基复合材料专利申请排名前 10 机构

序号	机构英文名	机构中文名	申请量	授权量
1	Honda Motor Co. , Ltd.	本田汽车公司	36	22
2	Toyota Motor Corporation	丰田汽车公司	29	6
3	Mitsubishi Materials Corporation	三菱综合材料公司	18	9
4	Akebono Brake Industry Co. , Ltd.	曙光制动器工业有限公司	18	3
5	Furukawa Electric Co. , Ltd.	古河电气工业有限公司	13	1
6	Kobe Steel Ltd	神户制钢所	13	5
7	Rio Tinto Plc	力拓股份公司	11	5
8	3M Company	3M 公司	9	7
9	Showa Aluminum Corp	昭和铝业公司	9	0
10	Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation	新日铁住金公司	9	4

1979 年,美国政府下令对金属基复合材料技术进行封锁^[14],有许多美国公司具有很强的相关技术实力,但主要应用于航空航天与军工装备上,故没有大量申请相关专利。例如,美国原麦道公司生产的 F-15 战斗机在机身后段的垂直安定面和水平尾翼上采用了 Textron 公司生产的硼纤维增强铝基复合材料,其早期型号搭载的普惠公司 F-100 涡扇发动机也采用了由 NASA 旗下 Lewis 研究中心开发的硼纤维增强铝基复合材料风扇叶片;麦道公司的 F/A-18 战斗机则采用 SiCp/Al 替代 2 系列铝合金制造液压制动器缸体,实现减重的同时提高了抗疲劳性与热稳定性;空客 A330 和波音 B777 等民用客机上搭载的普惠 PW4000 系列发动机导流叶片采用了美国 DWA 公司生产的 17.5% 体积分数 SiCp/6092Al 复合材料,在提高抗冲击性和耐腐蚀性的同时,降低了生产成本;美国通用动力公司和洛克希德·马丁公司生产的 F-16 战斗机则采用 SiCp/6092Al 复合材料替代 2214 航空铝合金来制造腹鳍,服役寿命提高至 8000 小时;洛克希德·马丁公司和波音公司联合研制的 F-22 战斗机采用了高体积分数 SiCp/Al 复合材料制造的印刷电路板芯板、电子元件基座和外

壳,在减重的同时提高了散热能力;美国 APMC 公司则采用光学级 SiCp/Al 复合材料制造出轻量化坦克激光反射镜、空间望远镜和卫星太阳反射镜等^[9]。

2.6 中国铝基复合材料领域机构分析

中国铝基复合材料专利申请排名前 10 的机构如表 4 所示,包括 8 家高校与科研院所以及 2 家企业。其中,中国科学院系统申请铝基复合材料相关专利的机构包括中科院金属研究所(21 项)、中科院长春光学精密机械与物理研究所(4 项)、中科院大连化学物理研究所(3 项),中科院合肥物质科学研究院、中科院生态环境研究中心、中科院重庆绿色智能技术研究院和中科院深圳先进技术研究院各 1 项。企业方面,有研科技集团有限公司(北京有色金属研究总院)在 1999 年由科研院所转制为大型科技企业。苏州莱特复合材料有限公司是一家外资独资企业,主营金属基复合材料及其制品的研发、生产、销售,并提供技术服务,其母公司是总部位于美国的北美最大粉末冶金公司 NetShape Technologies Inc.。我国机构在专利布局上主要以铝基复合材料的组分为主。

表 4 中国铝基复合材料专利申请排名前 10 机构

序号	机构英文名	机构中文名	申请量	授权量
1	Harbin Institute of Technology	哈尔滨工业大学	110	71
2	Shanghai Jiaotong University	上海交通大学	74	43
3	Jiangsu University	江苏大学	66	46
4	Chinese Academy of Sciences	中国科学院	32	17
5	General Research Institute For Nonferrous Metals	有研科技集团有限公司	28	22
6	North University of China	中北大学	26	8
7	Nanchang University	南昌大学	22	20
8	Suzhou Netshape Composite Materials Co., Ltd.	苏州莱特复合材料有限公司	21	5
9	Kunming University of Science and Technology	昆明理工大学	21	10
10	University of Science and Technology Beijing	北京科技大学	20	13

中国于 20 世纪 80 年代末期开始进行 SiCp/Al 复合材料的研究。在“863”计划的支持下,北京有色金属研究总院、上海交通大学、华南理工大学、北京航空材料研究院、中科院金属研究所、哈尔滨工业大学等国家重点科研单位对 SiCp/Al 复合材料制备工艺及相关理论进行了研究。其中,北京有色金属

研究总院设有国家有色金属复合材料工程技术研究中心;上海交通大学设有金属基复合材料国家重点实验室。以 SiCp/Al 为代表的铝基复合材料在我国探月工程、载人航天工程、卫星和先进航天器等国家重大型号及重大工程上获得了应用,涵盖 200 余种规格、3000 余件高性能铝基复合材料构件。例如,

替代导弹惯性导航系统的铸造铝合金结构件,以提高刚度、增加阻尼、改善热膨胀匹配性;替代铍材料制造惯性器件,以提高强度、降低制造成本并避免加工毒性;用于高分辨率遥感卫星的光机结构,提升系统可靠性与寿命;替代航空航天装备电子元器件封装用的可伐合金(Kovar),以大幅减重并增强散热等。

3 结 论

铝基复合材料相关专利绝大多数来自中、日、美 3 国,并可根据 IPC 分类归纳为组分、制造和应用这 3 大类。对于专利申请机构,中国以参与过相关“863 计划”的科研院所为主,企业力量不足,实际应用处于起步阶段。日本以汽车制造商为主,应用集中于制动器等汽车零部件。欧美以铝业与材料行业公司为主,但应用集中于航空航天和军工装备等敏感领域,所以专利申请量较少,必须结合产业信息才能够正确判断出其在铝基复合材料领域具有较强的技术实力。

尽管我国从 2011 年开始大量申请铝基复合材料相关专利,近年来在专利申请与授权占比上都超过九成,但整个产业实际上尚处于满足宇航军工领域重点型号的定制化、小批量需求的发展阶段。可以考虑以汽车零部件、电子封装基板等一般民品需求为依托,培育具有强大研发与生产能力的铝基复合材料龙头企业,最终实现铝基复合材料的产业化与大批量供给。

参考文献

[1] 吴学彦,单美玉,刘磊,等. 基于专利分析的碳纤维自行车行业发展研究[J]. 高技术通讯,2016,26(10-11):915-923

[2] 赵双赞,燕绍九,陈翔,等. 石墨烯纳米片增强铝基复合材料的动态力学行为[J]. 材料工程,2019,47(3):23-29

[3] 赵乃勤,刘兴海,蒲博闻. 多维度碳纳米相增强铝基复合材料研究进展[J]. 金属学报,2019,55(1):1-15

[4] 王志刚. SiCp/Al 基复合材料制备工艺及性能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2018. 4-13

[5] 赵青峰,程晓民. $Mg_2B_2O_5$ 增强铝基复合材料的研究进展[J]. 热加工工艺,2018,47(2):28-32

[6] 闫洁. 碳纤维增强铝基复合材料的研究进展[J]. 上海金属,2009,31(6):47-51

[7] 杨波,于杰. 碳纤维增强铝基复合材料的研究进展[J]. 热加工工艺,2016,45(8):16-18

[8] 陈亮. 三维网络结构 SiC/Fe 基复合材料的制备工艺和性能研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2018. 4-8

[9] 肖荣林,郑化安,付东升,等. 铝基复合材料的制备及应用进展[J]. 铸造技术,2015,36(5):1118-1121

[10] 宓利鹏,王爱琴,谢敬佩,等. 铝基复合材料在汽车领域的应用研究进展[J]. 稀有金属与硬质合金,2013,41(2):44-48

[11] 张文毓. 铝基复合材料国内外技术水平及应用状况[J]. 航空制造技术,2015(3):82-85

[12] 金鹏,刘越,李曙,等. 颗粒增强铝基复合材料在航空航天领域的应用[J]. 材料导报,2009,23(11):24-27+39

[13] 张晓辉,王强. 电子封装用金属基复合材料的研究现状[J]. 微纳电子技术,2018,55(1):18-25+44

[14] 张守魁,王丹虹. 搅拌铸造制备颗粒增强复合材料[J]. 兵器材料科学与工程,1997(6):36-40

Patent analysis of aluminum matrix composite based on Innography

Li Nong, Zheng Yanning, Fu Junying, Liang Qinqin, Yuan Fang
(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract

Aluminum matrix composites (AMCs) are widely used in aerospace, automobile, electronics and mechanical manufacturing. Based on the patents of AMCs collected in Innography analysis platform and combined with industry intelligence, the overall output, key technical fields and important R&D institutions are analyzed in this paper from the perspectives of the annual trend of patent application and authorization, the location of inventors, the locations that receive patent application, the distribution of patent classification system and patent assignees. The research shows that the global research on AMCs began in the late 1960s. With the increasing attention paid to research and development in this field and intellectual property rights in China, the number of patent applications for AMCs has increased rapidly since 2011, but there is a lack of leading enterprises in this field. The AMCs related R&D are dominated by universities and institutes, which still need to cultivate market demand.

Key words: aluminum matrix composite (AMC), Innography, patent analysis