

Ti-Al 合金定向凝固技术专利分析

鲍芳芳 丁贤飞 高威 宗晓 冯新 南海 张爱斌

(中国航发北京航空材料研究院,北京市先进钛合金精密成型工程技术研究中心)

摘要 通过 Ti-Al 合金定向凝固技术专利的检索、提取和分析,了解 Ti-Al 合金定向凝固技术专利整体情况。从 Ti-Al 合金定向凝固的专利概况、重要创新主体、重要专利分析等角度揭示了 Ti-Al 合金定向凝固技术专利的整体态势。研究发现我国 Ti-Al 合金定向凝固技术专利数量占据优势;主要研究机构以高校和企业为主;研究热点主要围绕 Ti-Al 合金及其制备展开,涵盖合金成分、单晶制备、型壳制备等方面。

关键词 Ti-Al 合金;定向凝固;专利

中图分类号 T249.5;TG146.2

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2022.03.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Patent Analysis of Directional Solidification Technology for Ti-Al Alloy

Bao Fangfang, Ding Xianfei, Gao Wei, Zong Xiao, Feng Xin, Nan Hai, Zhang Aibin

(Beijing Engineering Research Center of Advanced Titanium Alloy Precision Forming Technology, AECC Beijing Institute of Aeronautical Materials)

Abstract: The patents of directional solidification technology for titanium aluminum alloy were searched, extracted and analyzed to fully command the overall situation in the field. The trend of directional solidification technology for titanium aluminum alloy was revealed from the perspectives of patent overview, main innovation subjects and important patent analysis. The results indicate that the number of domestic patents of directional solidification technology for titanium aluminum alloy occupies a unique advantage. The majority of relevant research are mainly carried out in universities and enterprises. The hotspots focus on titanium aluminum alloy and their preparation, covering alloy composition, single crystal preparation, mold shell preparation and other topics.

Key Words: Ti-Al Alloy, Directional Solidification, Patent

Ti-Al 合金是综合性能最好的轻质高温合金之一,是轻质合金的研究重点^[1]。定向凝固是高温合金熔体在铸型中凝固时通过一定控制生成的几乎相互平行的柱状晶^[2]。研究者对 Ti-Al 合金定向凝固展开了深入研究^[3~5],提出了许多 Ti-Al 合金定向凝固技术专利^[6,7]。本课题依托 Incopat 专利数据库对 Ti-Al 合金定向凝固技术专利展开检索、提取和分析,并从多个维度揭示出 Ti-Al 合金定向凝固技术态势,包括申请时间、地理分布、申请机构、重要创新主体、重点专利、高被引证专利、权利要求数等,为我国 Ti-Al 合金定向凝固技术专利的申请与布局提供参考。

1 专利概况

1.1 专利检索

对 Ti-Al 合金定向凝固技术进行分解,具体包含

“钛铝合金”和“定向凝固”两组关键词,对两组关键词的中英文常用表达形式汇总,按照检索策略制定检索式并展开测试与优化。依托 Incopat 专利数据库对 Ti-Al 合金定向凝固技术专利展开检索。截至 2021 年 6 月 10 日,经过专利同族合并及人工专利筛选之后,得到 Ti-Al 合金定向凝固技术专利 279 件,包括发明专利 214 件、发明专利 60 件和实用新型专利 5 件。本研究基于 279 件 Ti-Al 合金定向凝固技术专利展开相关分析,需要注意的是,受专利公开时限的影响,2020 和 2021 年 Ti-Al 合金定向凝固技术专利数据仅供参考。

1.2 申请时间与地理分布

Ti-Al 合金定向凝固技术专利申请较多的年份及其专利数量见图 1。可以看出,专利不少于 10 件的年

收稿日期:2021-06-23;修改稿收到日期:2021-07-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51671026)

第一作者简介:鲍芳芳,女,1984 年出生,博士研究生,北京(100095),E-mail:cnhk228@139.com

通信作者:丁贤飞,男,1980 年出生,高级工程师,北京(100095),E-mail:xianfeimail@gmail.com

引用格式:鲍芳芳,丁贤飞,高威,等. Ti-Al 合金定向凝固技术专利分析[J]. 特种铸造及有色合金,2022,42(3):342-345.

BAO F F, DING X F, GAO W, et al. Patent analysis of directional solidification technology for Ti-Al alloy[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(3):342-345.

份为 2018 年(24 件)、2015 年(20 件)、2012 年(18 件)、2017 年(15 件)、2019 年(15 件)、2013 年(13 件)、2010 年(12 件)、2016 年(10 件)、2020 年(10 件)。

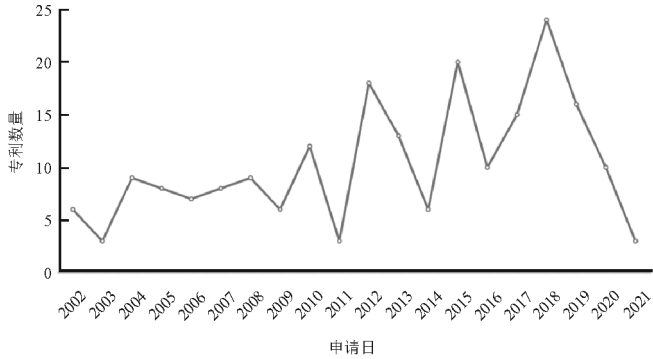


图 1 Ti-Al 合金定向凝固技术专利申请时间

Fig.1 Applicant time of patents of directional solidification technology for titanium aluminum alloy

在专利申请地理分布中,中国 Ti-Al 合金定向凝固技术专利的申请数量共有 120 件,占全球专利总数的 43%。其次为美国,72 件专利;日本,38 件专利;德国,19 件专利;韩国,9 件专利。另一方面,在中国专利申请地理分布中,Ti-Al 合金定向凝固技术专利的申请以江苏省(28 件)、黑龙江省(16 件)和北京市(13 件)为主,3 个省份占中国 Ti-Al 合金定向凝固技术专利总数的 47.5%。

1.3 申请机构与技术构成

Ti-Al 合金定向凝固技术专利主要申请机构及其专利数量为:哈尔滨工业大学,16 件专利;南京理工大学,12 件专利;北京科技大学,3 件专利;美国通用电气公司,2 件专利;日本京都大学,1 件专利。其中,哈尔滨工业大学专利主要集中在金属铸造(B22D)领域、南京理工大学专利主要集中在合金(C22C)领域、北京科技大学专利主要集中在 B22D 领域,见图 2,图中,C30B 为单晶生长,C04B 表示石灰、氧化镁、矿渣等。

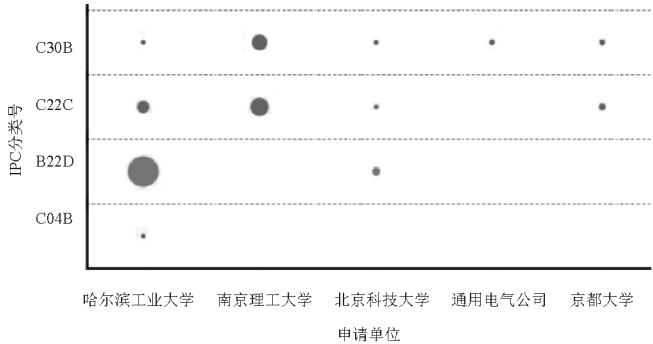


图 2 Ti-Al 合金定向凝固专利技术分类与主要机构匹配

Fig.2 Technical classification corresponding to main institutions of directional solidification patents for titanium aluminum alloy

Ti-Al 合金定向凝固技术专利主要申请机构类型及其专利数量为:高校,70 件专利;企业,55 件专利;科研单位,12 件专利。

2 重要创新主体

2.1 哈尔滨工业大学

哈尔滨工业大学 Ti-Al 合金定向凝固技术专利 16 件,包括 2012 年的 5 件专利、2018 年的 5 件专利、2010 年的 2 件专利、2017 年的 2 件专利、2005 年的 1 件专利和 2007 年的 1 件专利。其中,公开号为 CN1733391A、名称为“一种 TiAl 基合金板件的定向凝固方法”的专利申请时间最早、同族专利最多、被引证次数最多,该专利同族专利 2 件,被引证 20 次。公开号为 CN101941066A、名称为“用于电场处理下浇注金属的陶瓷铸型及采用其浇注 Ti-Al 基合金的方法”的专利权利要求数最多,为 10 项。

2.2 南京理工大学

南京理工大学申请了 Ti-Al 合金定向凝固技术专利 12 件,包括 2014 年的 3 件专利、2015 年的 3 件专利、2016 年的 2 件专利、2013 年的 2 件专利、2011 年的 1 件专利和 2010 年的 1 件专利。其中,公开号为 CN102400074A、名称为“一种减少定向凝固高铌 Ti-Al 合金显微偏析的热处理工艺”的专利申请时间最早。公开号为 CN103789598A、名称为“一种定向 TiAl 基合金及其制备方法”的专利同族专利数量和被引证次数最多,该专利同族专利为 2 件,被引证了 21 次。公开号为 CN103225033A、名称为“一种低钨高铌片层组织 Ti-Al 合金及其制备方法”的专利权利要求数最多,为 10 项。

2.3 北京科技大学

北京科技大学申请 Ti-Al 合金定向凝固技术相关专利 3 件。3 件专利具体公开号为 CN102672150A、名称为“一种钛铝钼合金片层组织方向控制方法”的专利同族专利 2 件、权利要求数 7 项、被引证 9 次。公开号为 CN102011195A、名称为“一种定向凝固高铌钛铝合金单晶的制备方法”的专利同族专利 2 件、权利要求数 5 项、被引证 21 次。公开号为 CN101875106A、名称为“一种定向凝固高铌钛铝基合金的制备方法”的专利同族专利 2 件、权利要求数 6 项、被引证 33 次。

2.4 通用电气公司

通用电气公司申请的 Ti-Al 合金定向凝固技术相关专利 2 件。分别为:公开号为 JP05200529A、名称为“アルミニウム化チタンの方向性凝固鑄造法”的专利

同族专利 2 件、权利要求数为 8 项、被引证了 5 次。公开号为 EP530968A1、名称为“Method for directional solidification casting of a titanium aluminide”的专利同族专利 2 件、权利要求数为 8 项、被引证了 23 次。

3 重要专利

3.1 重点专利

表 1 为 Ti-Al 合金定向凝固技术重点专利。表中

表 1 Ti-Al 合金定向凝固技术重点专利

Tab.1 Key patents of directional solidification technology for titanium aluminum alloy

公开号	专利名称	申请时间	申请机构	被引证次数	同族数量
CN101875106A ^[8]	一种定向凝固高铌钛铝基合金的制备方法	20091120	北京科技大学	33	2
EP530968A ^[9]	Method for directional solidification casting of a titanium aluminide	19920728	通用电气公司	23	2
CN102011195A ^[10]	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	21	2
CN103789598A ^[11]	一种定向 TiAl 基合金及其制备方法	20140228	南京理工大学	21	2
CN102935507A ^[12]	钛铝合金叶片坯件连续冷坩埚定向凝固铸造装置	20121108	哈尔滨工业大学	9	2
CN104328501A ^[13]	一种片层取向完全可控的 TiAl 单晶合金及其制备方法	20141009	南京理工大学	9	2
CN102744366A ^[14]	钛铝基及铌硅基合金定向凝固熔模精铸模壳的制备方法	20120619	北京百慕航材高科技股份有限公司	8	2
JP2001328899A ^[15]	TiAl 基单结晶合金のラメラ方位制御法	20000518	东京工业大学	6	2
CN102400074A ^[16]	一种减少定向凝固高铌钛铝合金显微偏析的热处理工艺	20111202	南京理工大学	12	1
CN102011078A ^[17]	一种细化定向凝固钛铝合金板坯表层组织的方法	20101223	哈尔滨工业大学	3	2
RU2017115945A ^[18]	МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ И МЕТОДЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ	20151009	НАНЬЦЗИН ЮНИВЕРСИТИ ОФ САЙЕНС ЭНД ТЕКНОЛОДЖИ	—	9
WO2016055013A1 ^[19]	TiAl intermetallic compound single crystal material and preparation method therefor	20151009	南京理工大学	—	8

数据是根据 Incopat 专利数据库检索到专利的被引证次数、同族数量、专利价值等信息对 Ti-Al 合金定向凝固技术专利筛选后得到的。

3.2 高被引证专利

表 2 为 Ti-Al 合金定向凝固技术高被引专利。就

Ti-Al 合金定向凝固技术专利被引证次数而言,以申请时间为 2009 年 11 月 20 日、申请机构为北京科技大学、公开号为 CN101875106A、名称为“一种定向凝固高铌钛铝基合金的制备方法”的专利为例,该专利被 33 件专利引证。

表 2 Ti-Al 合金定向凝固技术高被引专利

Tab.2 High cited patents of directional solidification technology for titanium aluminum alloy

公开号	名称	申请时间	被引证次数
CN101875106A ^[8]	一种定向凝固高铌钛铝基合金的制备方法	20091120	33
EP530968A1 ^[9]	Method for directional solidification casting of a titanium aluminide	19920728	23
CN102011195A ^[10]	一种定向凝固高铌钛铝合金单晶的制备方法	20101123	21
CN103789598A ^[11]	一种定向 TiAl 基合金及其制备方法	20140228	21
CN1733391A ^[20]	一种 TiAl 基合金板件的定向凝固方法	20050902	20
CN102935506A ^[21]	连续悬浮式冷坩埚定向凝固铸造装置	20121108	15
CN105642831A ^[22]	一种用于 TiAl 基合金精密铸造或定向凝固的模壳及制备该模壳的方法	20160127	13
CN102400074A ^[16]	一种减少定向凝固高铌钛铝合金显微偏析的热处理工艺	20111202	12
CN104278173A ^[23]	一种高强高塑 TiAl 合金材料及其制备方法	20141009	10
CN104878452A ^[24]	一种高温高强 TiAl-Nb 单晶及其制备方法	20150513	10
CN102744366A ^[14]	钛铝基及铌硅基合金定向凝固熔模精铸模壳的制备方法	20120619	8
JP2001328899A ^[15]	TiAl 基单结晶合金のラメラ方位制御法	20000518	6

3.3 权利要求数

以申请时间为 2015 年 10 月 9 日、申请机构为南京理工大学、公开号为 WO2016055013A1、名称为“TiAl

intermetallic compound single crystal material and preparation method therefor”的专利为例,其权利要求数有 20 项,代表该专利被侵权的可能性较高,见表 3。

表3 Ti-Al合金定向凝固技术专利权利要求数
Tab.3 Claim number of patents of directional solidification technology for titanium aluminum alloy

公开号	名称	申请时间	权利要求数
WO2016055013A1 ^[19]	TiAl intermetallic compound single crystal material and preparation method therefor	20151009	20
CN101941066A ^[25]	用于电场处理下浇注金属的陶瓷铸型及采用其浇注钛铝基合金的方法	20101015	10
CN102011078A ^[17]	一种细化定向凝固钛铝合金板坯表层组织的方法	20101223	10
CN102935506A ^[21]	连续悬浮式冷坩埚定向凝固铸造装置	20121108	10
CN103225033A ^[26]	一种低钨高镍片层组织钛铝合金及其制备方法	20130510	10
CN107354331A ^[27]	以高熔点金属为基底籽晶控制 TiAl 基合金定向凝固组织片层取向的方法	20170714	10
CN107354344A ^[28]	一种 β 单相凝固 TiAl 基合金及其组织控制方法	20170714	10
CN102935507A ^[12]	钛铝合金叶片坯件连续冷坩埚定向凝固铸造装置	20121108	8
EP530968A1 ^[9]	Method for directional solidification casting of a titanium aluminide	19920728	8
CN103789598A ^[11]	一种定向 TiAl 基合金及其制备方法	20140228	8
JP05200529A ^[29]	Direction coagulation casting of aluminum-titanium	19920729	8
JP2001328899A ^[15]	Method for controlling lamella orientation of TiAl single crystal alloy	20000518	4

4 结束语

综上所述,可以总结出以下关于 Ti-Al 合金定向凝固技术专利的结论:我国 Ti-Al 合金定向凝固技术专利拥有数量优势;Ti-Al 合金定向凝固技术研究机构主要为高校和企业;Ti-Al 合金定向凝固技术专利主要围绕合金材料及其制备展开,主题涵盖合金成分、单晶制备、型壳制备、铸造装置等。因此,应关注 Ti-Al 合金定向凝固技术专利的数量提升和质量优化,增强 Ti-Al 合金定向凝固技术研制的高校和企业间合作,推进 Ti-Al 合金定向凝固技术研制主题的深入。

参 考 文 献

[1] 李兴华,杨绍利. 钛铝合金制备技术现状 & 新进展[J]. 材料导报, 2011, 25(7): 94-100.
[2] 张卫国,刘林,赵新宝,等. 定向凝固高温合金的研究进展[J]. 铸造, 2009, 58(1): 1-6.
[3] DING X F, ZHANG L W, HE J P, et al. As-cast microstructure characteristics dependent on solidification mode in TiAl-Nb alloys [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2019, 809: 1-9.

[4] 丁贤飞,林均品,张来启,等. 高 Nb-TiAl 合金定向凝固组织的研究[J]. 材料工程, 2009(S1): 258-262, 266.
[5] 于延洲,李永胜,程晓玲,等. 高温 TiAl 基合金定向凝固的研究现状[J]. 材料导报, 2012, 26(7): 102-107.
[6] DING X F, LIN J P, ZHANG L W, et al. Direction control method of TiAl-Nb alloys lamellar structure: China, WO2013170585A1 [P]. 2012-12-23.
[7] 陈光,祁志祥,葛志军,等. 一种双重结构 TiAl 合金及其制备方法: 中国, CN105821470A [P]. 2016-04-14.
[8] 林均品,丁贤飞,王皓亮,等. 一种定向凝固高镍钛铝基合金的制备方法: 中国, CN101875106A [P]. 2010-11-03.
[9] HUANG S C. Method for directional solidification casting of a titanium aluminide: China, EP530968A1 [P]. 1992-07-28.
[10] 林均品,丁贤飞,郝国建,等. 一种定向凝固高镍钛铝合金单晶的制备方法: 中国, CN102011195A [P]. 2011-04-13.
[11] 陈光,王建成,周雪峰,等. 一种定向 TiAl 基合金及其制备方法: 中国, CN103789598A [P]. 2014-02-28.
[12] 丁宏升,李明亮,王永喆,等. 钛铝合金叶片坯件连续冷坩埚定向凝固铸造装置: 中国, CN102935507A [P]. 2013-02-20.
[13] 陈光,彭英博,李沛,等. 一种片层取向完全可控的 TiAl 单晶合金及其制备方法: 中国, CN104328501A [P]. 2015-02-04.
[14] 刘晨光,王红红. 钛铝基及镍硅基合金定向凝固熔模精铸模壳的制备方法: 中国, CN102744366A [P]. 2012-10-24.
[15] 竹山雅夫,森島弘晃,山本幸則. TiAl 基单结晶合金のラメラ方位制御法: Japan, JP2001328899A [P]. 2001-11-27.
[16] 李永胜,于延洲,陈光. 一种减少定向凝固高镍钛铝合金显微偏析的热处理工艺: 中国, CN102400074A [P]. 2012-04-04.
[17] 单德彬,任涛林,徐文臣. 一种细化定向凝固钛铝合金板坯表层组织的方法: 中国, CN102011078A [P]. 2011-04-13.
[18] ЧЭНЬ Гуан, ПЭН Инбо, ЧЖЭН Гун. МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ И МЕТОДЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ: China, RU2017115945A [P]. 2015-10-09.
[19] CHEN G, PENG YB, ZHENG G, et al. TiAl intermetallic compound single crystal material and preparation method therefor: China, WO2016055013A1 [P]. 2015-10-09.
[20] 丁宏升,王艳丽,李春晖,等. 一种 TiAl 基合金板件的定向凝固方法: 中国, CN1733391A [P]. 2006-02-15.
[21] 丁宏升,李明亮,王永喆,等. 连续悬浮式冷坩埚定向凝固铸造装置: 中国, CN102935506A [P]. 2013-02-20.
[22] 崔永双,柴丽华,相志磊,等. 一种用于 TiAl 基合金精密铸造或定向凝固的模壳及制备该模壳的方法: 中国, CN105642831A [P]. 2016-06-08.
[23] 陈光,彭英博,李沛,等. 一种高强高塑 TiAl 合金材料及其制备方法: 中国, CN104278173A [P]. 2015-01-14.
[24] 陈光,祁志祥,彭英博,等. 一种高温高强 TiAl-Nb 单晶及其制备方法: 中国, CN104878452A [P]. 2015-09-02.
[25] 张永,丁宏升,姜三勇,等. 用于电场处理下浇注金属的陶瓷铸型及采用其浇注钛铝基合金的方法: 中国, CN101941066A [P]. 2011-01-12.
[26] 庞玉璇,李永胜,朱浩. 一种低钨高镍片层组织钛铝合金及其制备方法: 中国, CN103225033A [P]. 2013-07-31.
[27] 苏彦庆,刘桐,骆良顺,等. 以高熔点金属为基底籽晶控制 TiAl 基合金定向凝固组织片层取向的方法: 中国, CN107354331A [P]. 2017-11-17.
[28] 苏彦庆,刘桐,骆良顺,等. 一种 β 单相凝固 TiAl 基合金及其组织控制方法: 中国, CN107354344A [P]. 2017-11-17.
[29] SHIYUI C F. アルミニウム化チタンの方向性凝固鑄造法: Japan, JP05200529A [P]. 1993-08-10.

(编辑:刘晨辉)