

DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2023.03.007

3D 陶瓷打印技术专利发展态势及产学研合作分析

王志强¹, 王 敏¹, 赵哲骐¹, 于 欢², 鄢春根³

(1. 宁波大学 图书馆, 浙江 宁波 315000; 2. 景德镇学院, 江西 景德镇 333032;

3. 景德镇陶瓷大学, 江西 景德镇 333403)

摘 要: 3D 陶瓷打印技术相比于传统陶瓷生产具有操作简易、材料利用率高、精细化程度高等特点, 其主要应用于陶瓷的光固化成型、喷墨打印、熔化沉积形等领域中。基于智慧芽专利数据库平台, 结合专利分析方法, 从 3D 陶瓷打印技术全球专利的发展态势、专利布局、专利创新主体和产学研合作等方面进行探讨。研究发现, 全球的 3D 陶瓷打印技术当前处于成熟发展期, 其中, 中国依托西安交通大学与广东工业大学等高校的技术创新及产学研合作成为了 3D 陶瓷打印技术的主要输出国之一, 故可从推进高校科研院所专利的开放程度、强化高校与企业间的产学研合作, 大力引进高新技术人才等方面实施我国 3D 陶瓷打印技术产业化发展战略。

关键词: 3D 陶瓷打印; 专利; 产学研合作

中图分类号: TQ174.75

文献标志码: A

文章编号: 1000-2278(2023)03-0473-08

Patents in 3D Ceramic Printing Technology: Technology Development Trend and Analysis of Industry-university Cooperation

WANG Zhiqiang¹, WANG Min¹, ZHAO Zheqi¹, YU Huan², YAN Chunghen³

(1. Library of Ningbo University, Ningbo 315000, Zhejiang, China; 2. Jingdezhen University, Jingdezhen 333032, Jiangxi, China; 3. Jingdezhen Ceramic University, Jingdezhen 333403, Jiangxi, China)

Abstract: Compared with traditional ceramic production, 3D ceramic printing technology has the characteristics of simple operation, high material utilization rate and high degree of refinement. It is mainly used to fabricate ceramics with light curing molding, ink-jet printing, melting deposition molding and so on. Based on the patent database platform of Wisdom Bud, combined with patent analysis methods, the development trend, patent layout and industry-university research cooperation of global patents in 3D ceramic printing technology are summarized and discussed. The global 3D ceramic printing technology is currently in a mature stage of development, while China has become one of the major exporting countries in 3D ceramic printing technology, relying on the technological innovation and industry university research cooperation between Xi'an Jiaotong University and Guangdong University of Technology. Therefore, it is possible to promote the openness of the patents in university and research institutes, strengthen the industry-university research cooperation, and introduce high-tech talents and other aspects to implement the industrialization strategy of China's 3D ceramic printing technology.

Key words: ceramic 3D printing; patent; industry-university-research cooperation

0 引 言

传统陶瓷材料具有耐高温、抗腐蚀等性能,

在建筑卫浴、艺术鉴赏等领域具有重要的实用及商业价值。然而, 传统陶瓷因其成品率低、交货周期长、器型装饰单一、产品设计缺乏实用性等问题,

收稿日期: 2022-11-09。

修订日期: 2023-02-17。

基金项目: 国家知识产权局先进陶瓷产业专利信息科研创新项目(220116); 浙江省图工委项目(812104150); 宁波市软科学项目(2021R018); 景德镇学研究中心委托项目(JYW2021006)。

通信联系人: 于 欢(1984-), 男, 硕士, 助教。

Received date: 2022-11-09.

Revised date: 2023-02-17.

Correspondent author: YU Huan (1984-), Male, Master, Assistant.

E-mail: 15961030@qq.com

生产制作工艺逐渐陷入瓶颈,不适合量产^[1]。随着智能化时代到来,3D 打印技术被广泛应用于工业制造、生物医疗、电子信息等领域,其中 3D 陶瓷打印技术具有设备操作便捷、材料利用率高、精细化程度高等优势,一出现就受到了社会的广泛关注^[2]。2015 年,国务院在《中国制造 2025》中提出大力推动重点领域突破发展,加快高档数控机床、增材制造等前沿技术和装备的研发,以期实现 3D 陶瓷打印等新技术的突破和应用^[3]。近年来,我国形成了喷墨打印技术、熔化沉积成型技术、光固化成型技术、分层实体制造、激光选区烧结等 7 大主流 3D 陶瓷打印技术^[4-5]。

国外,在某些高精尖领域,如美国惠普有限公司、赫尔实验室等企业将 3D 陶瓷打印应用于医学、航天、珠宝、精密仪器零件等领域,如 Franck 等^[6]发明了 3D 打印生物陶瓷噬菌体治疗骨感染的方法。和国外相比,我国的 3D 陶瓷打印技术仍差距较大,其中,主要原因在于高精尖核心技术被掌握在国外企业及相关科研机构中,为此,我国要在相关技术上寻求突破,从专利角度探究 3D 陶瓷打印技术发展态势及热点是必要的,专利作为科研成果的主要文献载体,包含了 90% 以上的科研成果,研发人员可对专利信息进行挖掘,既可以借鉴技术方案又可在今后的研发中规避相关技术壁垒^[7],故本文从专利角度视角出发,探究 3D 陶瓷打印技术发展态势及产学研合作分析,希望为我国 3D 陶瓷打印技术发展提供决策参考。

1 数据来源及研究方法

本文数据主要基于智慧芽专利数据库, Incopat 等其他专利数据库,选取 3D ceramics、Ink jet printing、Melting deposition molding、喷墨打印、熔化沉积成型、光固化成型等近义词、近义词和上下位词作为主要检索要素,构建检索表达式,经数据查全、查准检验,通过数据初步检索、检索词扩展和补充检索等,以提升数据检索的全面和准确性。经过数据检索及去噪,检索日期截止至 2022 年 7 月 31 日,得到全球相关专利数据 2507 项。由于专利申请人在发展过程中存在并购重组、名称变化等,且发明人同企业之间存在人才流动等原因,专利数据需要从智慧芽和 Incopat 专利数据库中导出,然后对申请人和发明人去重与合并进行人工处理,针对 3D 陶瓷打印技术的全球主要产区专利布局、主要创新主体及专利质

量、人才合作等角度进行分析,以探究 3D 陶瓷打印技术的发展趋势及热点。

2 3D 陶瓷打印技术的全球技术发展状况分析

2.1 3D 陶瓷打印技术专利申请态势

图 1 为 3D 陶瓷打印技术专利申请态势。如图所示,从总量上看,我国早期虽然起步较晚,申请量低于国外申请,但截至检索日,专利总量已远超国外申请,申请量达 1868 项,占全球专利申请的 75%。

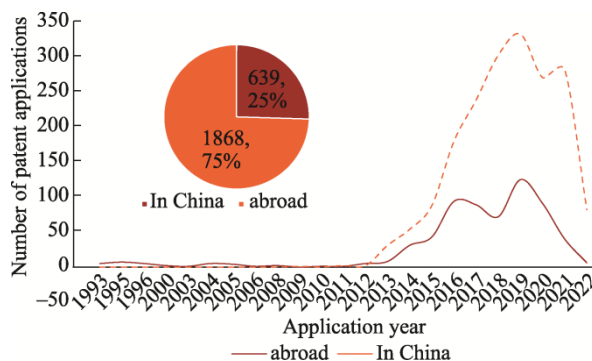


图 1 3D 陶瓷打印技术专利申请态势

Fig. 1 Trend in ceramic 3D printing technology patent application

从全球技术发展历史进程上看,该技术最早起源于 20 世纪 90 年代,美国麻省理工学院于 1993 年发明了 3D 陶瓷打印技术,利用金属、陶瓷粉末,通过黏结剂成型^[8]。20 世纪 90 年代由美国 DTM 公司推出 Sinterstation2000 系列商品化 SLS 成型机,由此世界上第一台激光选区成型技术 3D 陶瓷打印机诞生^[9]。20 世纪 90 年代中期,科研人员开始尝试通过 3D 打印技术制作陶瓷相关零部件,然而,其间关注该技术领域的企业、科研机构较少,商业化并未产生集聚效应,故申请量较少,关注度较低。2012 年之前,全球申请量均为个位数,2012 年英国《经济学家》发表专题文章称 3D 陶瓷打印是第三次工业革命^[10];该文章发表后使得大众对 3D 陶瓷打印技术有了新的认识,相关企业及高校开始关注该领域,3D 陶瓷打印技术作为 3D 打印技术的代表性领域,科技创新开始逐渐发展,专利申请量开始稳步增长;国内主要申请人如:广东工业大学、西安交通大学、西北工业大学、武汉理工大学、华南理工大学等高校开始涉及该技术,主要围绕陶瓷光固化 3D 打印技术、陶瓷分层实体制造技术、熔融沉积

成型等技术开展专利布局研究;而国外则主要以惠普、赫尔实验室为主要研发单位,对 3D 陶瓷打印技术开展专利布局,尤其布局在喷墨打印技术领域,其主要通过纳米陶瓷粉的悬浮液直接由喷嘴喷出经沉积形成陶瓷件。2016 年,惠普出资 10.5 亿美元收购三星公司的打印机业务,开始探索 3D 打印陶瓷零部件,2019 年全球专利申请量达到峰值,达 458 项。

2.2 3D 陶瓷打印产业生命技术周期

专利技术生命周期是指在相关产业在不同的发展阶段中,专利申请人数量与专利申请量的线性关系。图 2 为 3D 陶瓷打印产业近 20 年生命技术周期图;横坐标为专利数量,纵坐标为专利申请人数量。

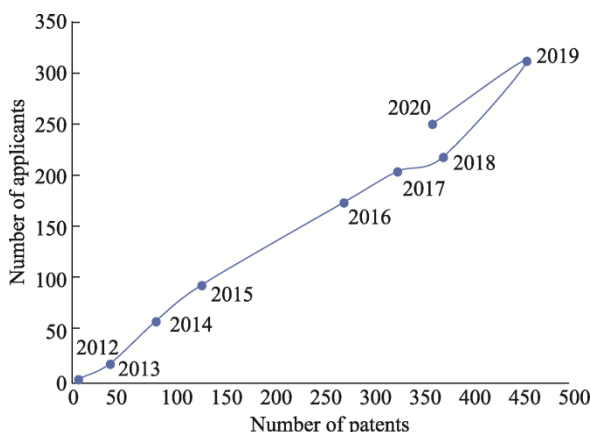


图 2 3D 陶瓷打印技术产业近 20 年生命技术周期
Fig. 2 Last 20-year technology cycle of ceramic 3D printing technology industry

2012 年之前为技术萌芽期。全球申请量为个位数,早期技术无特定针对市场,企业投入研发意愿较低,仅有少数企业参与到技术开发中去,专利申请人、专利申请数量较少。

2012 年~2019 年为技术成长期。2012 年伊始,随着人类对 3D 陶瓷打印认知逐渐清晰,相关企业及科研院所开始关注该领域。2012 年~2019 年,随着技术的不断发展,市场不断扩大。2017 年申请人突破 200 家,2019 年突破 300 家,技术市场化开始凸显,使得参与企业增加,专利申请量激增,技术集中度降低。

2020 年至今,申请人、申请量都处于下降趋势,技术进入成熟期发展期,由于市场有限,开始逐渐饱和,进入该市场的企业数量减缓。只有少数企业继续从事相关研究,专利申请量增长率变缓并趋于稳定。

2.3 3D 陶瓷打印技术主要产区专利技术产出布局

2.3.1 全球 3D 陶瓷打印技术主要产区布局

全球区域专利计量统计,是指按照专利申请人、专利优先权国家的专利数量进行统计排序,通过排序可以了解 3D 陶瓷打印技术的整体区域布局及研判国家之间的整体技术实力。图 3 为全球产区聚集地专利布局图,数据表明:专利申请国家主要为中国、美国和韩国,其次是日本、俄罗斯和西班牙等;前十名国家中专利申请量共 2415 项,占总申请量的 96.3%,其中,中国、美国和韩国为 3D 陶瓷打印技术领域最为活跃的国家,三国申请总量达 2228 项,占总数的 88.9%。因此,可以反映出上述三个国家是各国专利申请目标布局国,市场最为活跃,创新程度较高,在该领域投入较大,掌握了大量科技创新,基本上控制整个技术市场。其中,以中国最为突出,共申请 1848 项,占总申请量的 73.7%。与此同时,中国各省市也积极参与了整个技术市场化竞争,有接近 30 个省(自治区)、直辖市对专利进行了提前布局。

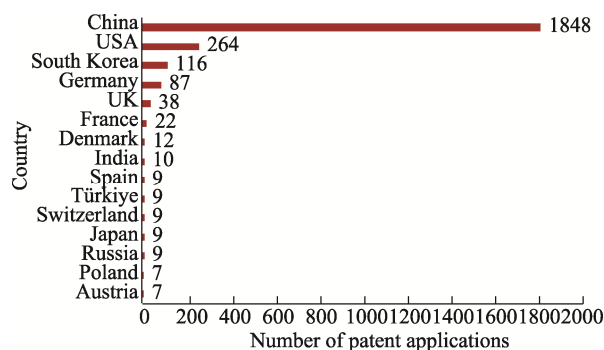


图 3 全球 3D 陶瓷打印产区主要聚集地专利布局情况
Fig. 3 Patent layout of global 3D ceramic printing production areas

2.3.2 我国 3D 陶瓷打印技术主要产区布局

图 4 为我国 3D 陶瓷打印技术主要产区专利布局。数据表明,我国大部分省自治区、直辖市等都对该技术进行了专利布局,主要分布在广东、江苏、陕西、浙江、山东和北京等地,专利申请量达百项以上;其专利申请量共 1059 项,占总申请量的 57.3%。其中,广东、江苏、陕西、浙江为该技术领域最为活跃的地区,申请总量达 827 项,占总数的 44.8%。上海、湖北、四川其次,从上述可以看出,广东、江苏、陕西、浙江四省专利集中程度较高,研发实力较强,这和四省当地的经济水平和高校的研发实力有关。其中,广

东主要以广东工业大学为主要申请单位,作为国内主要 3D 陶瓷打印技术研发单位,实力较为强劲;陕西则以西安交通大学、西北工业大学为主。

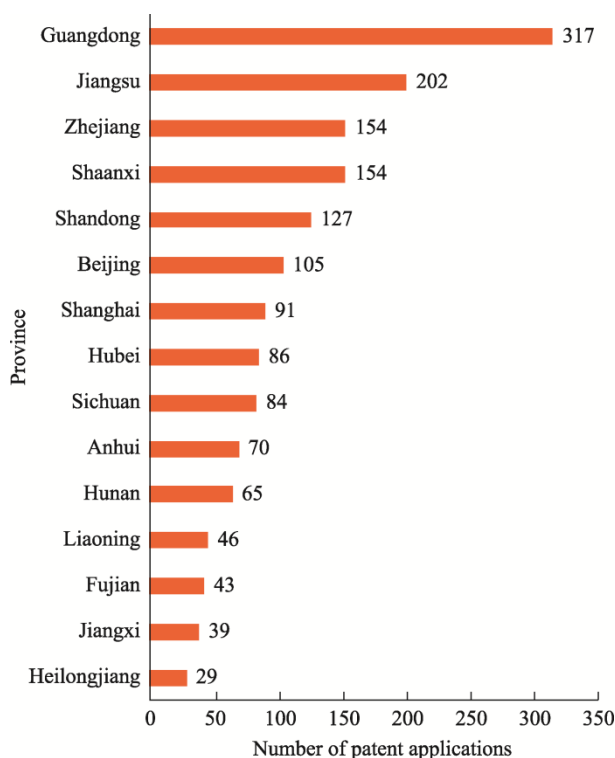


图 4 我国 3D 陶瓷打印技术主要产区专利布局

Fig. 4 Patent layout of main production areas of ceramic 3D printing technology in China

2.3.3 3D 陶瓷打印技术专利热点布局分析

表 1 显示 3D 陶瓷打印专利热点 IPC 布局。数据表明,研究热点主要集中在 3D 陶瓷打印技术的材料制备上(B33Y70、C04B35、B33Y30),

专利申请量分别为:960 项、834 项、810 项;主要涉及分层实体制造技术、三维打印成型技术、光固化成型技术等,可提升陶瓷材料的机械强度和韧性;如涉及一种光固化 3D 打印陶瓷前驱体浆料及陶瓷化方法,包含光引发剂 0.5%~5.0%,巯基化合物 5%~50%,功能化聚倍半硅氧烷 47%~94%等,上述陶瓷化方法结合真空脱脂和惰性气氛低温热解工艺,可获取高致密度和机械强度的陶瓷材料。除此之外,其还在通过压实的方法利用金属粉末制造陶瓷工件或制品(B22F3、B29C64)上进行专利布局,专利申请量达 579 项,主要涉及喷墨打印技术等,如涉及光固化喷墨 3D 打印水溶性支撑材料、制备方法及应用,其成分由 30.0%的光固化单体、18.5%的聚乙烯吡咯烷酮、40.0%的溶剂、1.5%的光引发剂、9.0%的干燥剂以及 1.0%的消泡剂组成。该光固化喷墨 3D 打印,可缩短固化时间短,提升对水的溶解度。

2.4 3D 陶瓷打印技术主要创新主体分析

2.4.1 主要创新主体专利申请及专利质量情况

表 2 为 3D 陶瓷打印技术主要创新主体排名及专利质量情况,合享价值度是基于 IncoPat 自主研发的专利价值评价指标,该专利价值模型包含了 20 多个技术指标,并通过设定指标权重等参数,进而通过算法对每篇专利进行价值评价^[11]。权利要求梯度式保护专利产品,以知识产权专业术语定义该专利或专利申请所给予的保护范围,权利要求数量的多少以及独权保护限制范围的大小,可以直接确定该专利或专利申请的保护范围及撰写质量,故表中以平均权利要求数与平均价值度作为创新主体专利质量评价指标。

表 1 3D 陶瓷打印技术专利布局

Tab. 1 Patent layout of 3D ceramic printing technology

No.	IPC classification number	Meaning	Application volume
1	B33Y70	Ceramic materials for additive manufacturing	960
2	C04B35	Ceramic molding products characterized by composition; Ceramic composition, processing powder for preparing inorganic compound for manufacturing ceramic products	834
3	B33Y10	Process of ceramic additive manufacturing	830
4	B28B1	Production of shaped ceramic products from materials	741
5	B33Y30	Ceramic manufacturing equipment; And its parts or accessories	498
6	B29C64	3D ceramic printing, light curing or selective laser sintering	295
7	B22F3	Workpieces or articles made of metal powder	284
8	B33Y80	Products made of ceramics	255
9	B33Y40	Auxiliary operation or ceramic equipment	248
10	A61L27	Prosthesis material or prosthesis coating material	166

表 2 主要创新主体专利申请及专利质量分析
Tab. 2 Main innovation subject patent applications and patent quality analysis

Main innovation subjects	Number of patent applications	Average shared value	Average claims
Guangdong University of Technology	53	7.11	9.60
Xi'an Jiaotong University	48	7.21	9.29
Northwestern Polytechnical University	31	7.39	5.67
Hewlett-Packard	28	8.57	14.34
Longquan Jinhong Porcelain Co., Ltd	25	8.00	7.56
Dongguan Institute of Technology	25	6.52	7.88
Wuhan University of Technology	23	7.49	8.04
Jiaxing Raoji Technology Co., Ltd	23	7.52	7.58
South China University of Technology	22	7.36	9.90
Hull Laboratories	21	8.62	24.00

数据表明,从全球前 10 主要创新主体分布地区上来看,前 10 创新主体有 8 家创新主体来源于中国,其余两家来源于美国;说明当前中美属于 3D 陶瓷打印技术主要技术输出国。中国 8 家创新主体中,6 家来源于高校,其中,广东工业大学、西安交通大学、西北工业大学位列前三,专利申请量分别达 53 项、48 项、31 项;属于高校第一梯队;国外如美国惠普、赫尔实验室有限公司等属于技术龙头企业,惠普于 2016 年收购三星打印机业务,开始发展 3D 打印陶瓷零部件业务,专利布局有所加强。

平均权利要求数和专利价值度一定程度可反映该领域主要创新主体的专利质量情况,从平均权利要求数上来看,国外创新主体的平均权利要求远高于国内创新主体,惠普、赫尔实验室平均权利要求分别为 14.34 项、24.00 项,可见国外创新主体申请专利撰写质量较高,保护方式更多元化、更具梯度性;国内创新主体广东工业大学、西安交通大学、华南理工大学平均权利要求均达到 9.00,撰写质量较高,龙泉市金宏瓷业有限公司、嘉兴饶稷科技有限公司作为前 10 上榜的两家国内企业,平均权利要求分别达 7.56、7.58,专利申请质量较高,技术较为成熟,属于我国该技术领域重点研发企业,创新技术水平较高。合享平均价值度表现出与专利平均权利要求数的情况相似,国外申请人专利价值度总体优于国内。由此可知,美国惠普公司和赫尔实验室具备优异的技术创新能力和核心技术力量。

从增长速率上看,当前正处于成熟发展期,从申请单位类型来看,该领域主要创新主体前十中 8 家国内创新主体只有 2 家属于企业,可见当前该领域还是以高校进行理论研究为主,将陶瓷

3D 打印技术市场化推广、相关科研成果落地以及高校与企业产学研合作有待进一步完善提高。

2.4.2 主要创新主体产学研合作分析

创新主体通过产学研合作建立了以企业、高校、科研院所为主体,市场为纽带,利益共享的产学研合作机制,有效促进科技与经济紧密结合,加速科技成果的转化^[12-14]。表 3 是关于产学研合作情况列表,通过揭示在产学研合作情况,有利于为后续技术合作协作开发提供参考。表 3 中西安交通大学与广东工业大学、中国石油集团、广东捷成科创电子等高校企业有密切的产学研合作关系。另外,华南理工大学与广东工业大学、华中科技大学及东莞理工学院等高校也进行了合作申请,从表中可见西安交通大学与其他高校、企业产学研合作最为密切,专利申请数量也位居前列,表明西安交通大学在 3D 陶瓷打印技术领域涉及技术内容广泛,产学研合作较为活跃。

2.5 3D 陶瓷打印技术主要创新人才分析

2.5.1 主要创新人才专利申请及专利质量情况

表 4 为 3D 陶瓷打印技术主要创新人才专利申请及质量情况,表中以平均权利要求数和平均价值度作为创新主体专利质量评价指标。

数据表明,从创新人才专利申请排名上看,伍尚华、赵喆、卢秉恒、李涤尘排名位于前列,专利申请量均达 25 项以上;属于该技术主要领军人才。其中,伍尚华来自于广东工业大学,长期从事先进陶瓷、粉末冶金材料以及先进制造技术的研究,先后在世界一流实验室和跨国公司从事科研创新工作。另外,来自广东工业大学的邓欣为伍尚华课题组主要科研人员,其研究方向为硬质合金及金属基复合材料 3D 打印研究等。从创新人才所在单位类型上看,前 10 创新人才排名中

表 3 3D 陶瓷打印技术产学研合作情况
Tab. 3 Cooperation between production, education and research of ceramic 3D printing technology

No.	R&D unit	Cooperation unit	Number of cooperation
1	XJTU	Wujiang Zhongrui Electromechanical Technology Co., Ltd	5
		Suzhou Jiangnan Jiajie Electromechanical Technology Research Institute Co., Ltd	5
		CNPC	2
		Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute Co., Ltd	1
		China Nuclear Power Research and Design Institute	1
		GDUT	1
		Guangdong Jiecheng Kechuang Electronics Co., Ltd	1
		Beijing Hengchuang Additive Manufacturing Technology Research Institute Co., Ltd	1
2	HUST	DGUT	1
		Anhui Jinyan Kaolin Technology Co., Ltd	1
3	SCUT	GDUT	1
		Foshan Suizhibo New Material Technology Co., Ltd	1

表 4 主要创新人才专利申请及专利质量分析
Tab. 4 Patent application and patent quality of main innovative talents

Inventor	Number of patent applications	Average shared value	Average claims	Company
Wu Shanghua	38	6.92	9.66	GDUT
Zhao Zhe	35	7.34	7.53	Jiaxing Raoji Technology Co., Ltd
Lu Bingheng	28	7.93	9.39	XJTU
Li Dichen	28	7.21	9.25	XJTU
Lu Zhongliang	19	7.26	9.11	XJTU
Jinying	18	7.72	8.17	Longquan Jinhong Porcelain Co., Ltd
Zeng Qingfeng	18	7	5.83	Xi'an Dianyun Biotechnology Co., Ltd
Deng Xin	18	6.56	9.56	GDUT
Liu Jiang Bowen	16	6.94	7.93	Kangshuo (Deyang) Intelligent Manufacturing Co., Ltd
Li Ling	16	7.56	9.36	Shandong Industrial Ceramics Research and Design Institute

有 6 位来自高校,可见当前还是以高校为主,企业作为技术产品化的助推器,还有待进一步提升。其中,来自高校的科研人才前 6 位中有 5 位分别来自广东工业大学和西安交通大学两所高校,可见上述两所高校具备实力不俗的技术科研团队。

从表中平均权利要求上来看,以广东工业大学和西安交通大学两所高校为主的主要创新人才平均权利要求数量均高于其他企业及高校,专利撰写质量较高。平均价值度与专利平均权利要求数的情况相似,两所高校科研人才专利申请质量及价值总体优于其他企业及科研院所,康硕(德阳)智能制造有限公司、西安点云生物科技有限公司等企业专利质量有待提升。

2.5.2 合作研发团队分析

合作研发团队分析是指在分析样本中,利用关联分析法,社会网络分析等方法研究在 3D 陶瓷打印技术技术领域中最经常出现的共同发明人,了解该技术领域的合作研发团队^[15-16]。通常合作研发团队分析是指在重点专利发明人分析的基础上所作的进一步分析,即对主要发明人在该技术领域的合作动向进行分析并根据主要发明人技术合作伙伴来判断该技术领域的重点变化。表 5 显示 3D 陶瓷打印技术领域,部分人才主要合作情况。

数据表明,来自广东工业大学的伍尚华、西安交通大学的卢秉恒和李涤尘等发明人所在研发团队实力较强。从表中可以看出关系最密切的为

表 5 3D 陶瓷打印技术人才合作关系
Tab. 5 3D ceramic printing technology talent partnerships

No.	Number of patent applications	Inventor	Service organization	Main partners
1	38	Wu Shanghua	GDUT	Deng Xin Chen Jian Liu Jinyang Chen Shenggui
2	29	Lu Bingheng	XJTU	Li Nan Sun Zhenzhong Lu Zhongliang
3	28	Li Dichen	XJTU	Lianqin Miao Kai

伍尚华为首的研发团队,其科研团队成员有邓欣、伍海东、吴子薇、刘伟等,科研人员众多科研投入大,其热点技术领域主要涉及光固化 3D 陶瓷打印、压电铁电 3D 陶瓷打印材料、仿生人骨 3D 打印等,具备 3D 陶瓷打印基础技术优势;合作密切程度第二的是以西安交通大学为首的卢秉恒,主要科研人才有李涤尘、孙振忠、鲁中良等;其热点技术领域主要涉及 3D 陶瓷打印设备、3D 光敏陶瓷材料等;科研人员较多。

3 结 论

本文基于专利文献数据,对 3D 陶瓷打印技术发展状况进行分析,得出以下结论。

(1) 从申请态势和产业发展规律上来看,3D 陶瓷打印技术 2012 年之前属于技术萌芽期,主要以美国、韩国为主,之后全球申请量整体发展呈上升态势,2012 年~2019 年为技术高速发展期,在华专利申请迅速,2019 年达到峰值,国内高校科研院所开始对该技术领域进行专利布局,并逐渐开始占领 3D 陶瓷打印技术市场;2020 年后随着大批量中国申请人的加入,技术应用水平不断发展成熟,3D 陶瓷打印技术领域逐渐进入成熟发展期。

(2) 从专利区域布局可知,中国是最大的技术来源地和目标市场地,其次是美国、韩国、欧洲等国家及地区。我国该技术申请主要分布在广东、江苏等地区,从专利技术布局分析上看,研究热点主要集中在 3D 陶瓷打印技术的材料制备上,主要涉及分层实体制造技术、三维打印成型技术、光固化成型技术等。

(3) 从专利创新主体排名及专利质量情况可知,中美同为 3D 陶瓷打印技术的主要技术输出

国,我国 8 个创新主体中有 6 个来源于高校,可见中国目前该技术研发主要来源于高校。另外,我国企业的 3D 陶瓷打印技术主要以龙泉市金宏瓷业有限公司、嘉兴饶稷科技有限公司为主,其技术创新程度较高,企业数量仍较少,故建议加大对该领域相关规模企业的国家政策支持。而从专利质量上看,相较于国内,国外创新主体申请专利的撰写质量较高,保护方式更多元化、更具梯度性;

(4) 从创新主体产学研合作分析上来看,西安交通大学与广东工业大学、中国石油集团、广东捷成科创电子等高校企业有密切的产学研合作关系,对此,建议我国加大在该领域对企业的支持力度,提供相关优惠政策,同时加大高校科研院所的专利开放许可,促进高校和科研院所与企业之间的产学研合作。

从主要创新人才专利申请排名及专利质量来看,伍尚华、赵喆、卢秉恒、李涤尘排名位于前列。其中,来自高校及科研院所的科研人才前 6 位中有 5 位分别来自广东工业大学和西安交通大学两所高校,可见上述两所高校科研研发实力较强,从专利质量上看,以高校及科研院所为主的主要创新人才平均权利要求高于其他企业,可见企业的专利管理水平以及专利质量总体弱于高校,故建议加大该技术领域企业知识产权保护意识,提高专利撰写及质量水平,鼓励相关高校积极开展“博士/教授进企业”活动加强高校及科研院所与地方企业交流与合作,进一步推进产学研合作,引导和推动教师走向社会、服务社会,扩大学校在地方经济社会的影响力。

参考文献:

[1] PARANDOUSH P, DEINES T, LIN D, et al. Mechanical

- finishing of 3D printed continuous carbon fiber reinforced polymer composites via CNC machining [C]//ASME 2019 14th International Manufacturing Science and Engineering Conference, Erie, 2019: 217–225.
- [2] HARPAZ D, AXELROD T, YITIAN A, et al. Dissolvable pol-yvinyl-alcohol film, a time-barrier to modulate sample flow in a 3D-printed holder for capillary flow paper diagnostics [J]. *Materials*, 2019, 12(3): 343.
- [3] 贺雪姣. 政策工具视角下的智能制造战略政策量化研究[D]. 武汉大学, 2019.
- [4] 徐晓强, 邱金勇, 黄道伟. 氧化物陶瓷激光选区烧结熔融成型研究进展 [J]. *陶瓷学报*, 2022, 43(4): 551–566.
- XU X Q, QIU J Y, HUANG D W. *Journal of Ceramics*. 2022, 43(4): 551–566.
- [5] 陈敏翼. 聚合物转化陶瓷 3D 打印技术研究进展 [J]. *陶瓷学报*, 2020, 41(2): 150–156.
- CHEN M Y, *Journal of Ceramics*. 2020, 41(2): 150–156.
- [6] BOUCHART F, VIDAL O, LACROIX J M, et al. 3D printed bioceramic for phage therapy against bone nosocomial infections [J]. *Materials Science & Engineering: C*, 2020, 111: 110840.
- [7] 徐笑阳, 劳新斌, 周琴. 专利视角下航空航天用 SiC 基陶瓷材料全球技术发展态势及热点分析 [J]. *中国陶瓷*, 2022, 58(6): 9–16.
- XU X Y, LAO X B, ZHOU Q. *Chinese ceramics*, 2022, 58(6): 9–16.
- [8] 朱彬荣, 潘金龙, 周震鑫, 等. 3D 打印技术应用于大尺度建筑的研究进展 [J]. *材料导报*, 2018, 32(23): 4150–4159.
- ZHU B R, PAN J L, ZHOU Z X, et al. *Materials Reports*, 2018, 32(23): 4150–4159.
- [9] 彭先和, 左华江, 唐春怡, 等. 3D 陶瓷打印技术研究进展 [J]. *现代化工*, 2021, 41(6): 51–54.
- PENG X H, ZUO H J, TANG C Y, et al. *Modern Chemical Industry*, 2021, 41(6): 51–54.
- [10] 游清治. 第三次工业革命和 3D 打印技术 [J]. *新疆有色金属*, 2013, 36(1): 105–108.
- YOU Q Z. *XINJIANG YOUSE JINSHU*, 2013, 36(1): 105–108.
- [11] 孟婧, 邱长波, 李浩浩, 等. 吉林省专利申请人合作网络特征的演化研究 [J]. *情报科学*, 2020, 38(10): 154–158.
- MENG J, QIU C B, LI H H, et al. *Information Science*, 2020, 38(10): 154–158.
- [12] 高霏霏. 专利相关主体交叉合作研究 [D]. 东北师范大学, 2016.
- [13] 关鹏, 王曰芬, 靳嘉林, 等. 专利合作视角下技术创新合作网络演化分析——以国内语音识别技术领域为例 [J]. *数据分析与知识发现*, 2021, 5(1): 112–127.
- GUAN P, WANG Y F, JIN J L, et al. *Data Analysis and Knowledge Discovery*, 2021, 5(1): 112–127.
- [14] 凌艳香. 基于贡献度和合作网络分析的专利发明人影响力评估研究 [J]. *农业图书情报学刊*, 2018, 30(9): 27–32.
- LING Y X. *Journal of Library and Information Science in Agriculture*, 2018, 30(9): 27–32.
- [15] 张静, 张志强, 赵亚娟. 基于专利发明人人名消歧的研发团队识别研究 [J]. *知识管理论坛*, 2016, 1(3): 217–225.
- ZHANG J, ZHANG Z Q, ZHAO Y J. *Knowledge Management Forum*, 2016, 1(3): 217–225.
- [16] 郭艳丽, 易树平, 易茜. 基于知识位势的研发团队合作创新博弈分析 [J]. *系统工程*, 2012, 30(12): 70–76.
- GUO Y L, YI S P, YI Q. *Systems Engineering*, 2012, 30(12): 70–76.

(编辑 梁华银)