

基于专利大数据分析方法的锻压领域热点技术挖掘

樊璐璐, 范鑫, 李安迪, 李晶莹, 吴进军

(中机生产力促进中心, 北京 100044)

摘要: 首先利用智慧芽专利大数据检索平台, 梳理并分析了先进锻压各细分领域的热点技术及其全球分布情况与发展态势; 继而采用可视化方法, 对比分析了锻压领域各细分方向的全球主要研发实体及其重点技术布局、创新情况。结果表明: 中国在先进锻压领域的专利总量全球排名第一, 但日本、美国、德国的部分先进锻压技术仍处于全球领先水平; 锻压前沿热点技术主要集中在高速精密锻造、锻压模具、锻件质量检测、连续锻造、锻压操作机、锻压数字化等方向; 应用主要集中在航空航天大型模锻件、发动机环形锻件、钛合金锻件, 汽车覆盖件、铝合金轮毂、燃料电池板, 高速列车制动器轮毂、盘体, 复杂薄壳体、风电发动机主轴等领域。

关键词: 锻压; 专利分析方法; 精密成形; 航空航天; 汽车

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2023.07.002

中图分类号: T-18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2023) 07-0007-06

Hotspot technology mining in forging field based on patent big data analysis method

Fan Lulu, Fan Xin, Li Andi, Li Jingying, Wu Jinjun

(China Productivity Center for Machinery, Beijing 100044, China)

Abstract: Firstly, the hotspot technologies and their global distribution and development trend in various subdivided fields of advanced forging were analyzed based on Patsnap patent big data retrieval platform, and then, the main global R&D entities and companies in each subdivided direction of forging field and their key technology layouts and innovations status were analyzed comparatively by the visualization method. The results indicate that China ranks first in the world in terms of the total number of patents in the advanced forging field, but some advanced forging technologies in Japan, the United States and Germany are still at the leading level in the world. The frontier hotspot technologies in forging mainly focus on high-speed precision forging, forging dies, quality inspection of forgings, continuous forging, forging manipulator, forging digitalization and other technical directions, and its applications are concentrated in the fields of large aerospace die forgings, engine ring forgings, titanium alloy forgings, automobile panels, aluminum alloy wheels, fuel cell plates, high-speed train brake wheels, disks, complex thin shells and wind power engine spindles.

Key words: forging; patent analysis method; precision forming; aerospace; automobile

锻压技术与装备作为高温合金^[1]、钛合金^[2]、耐热不锈钢等高端材料加工成形的重要手段之一, 直接影响航空、航天、船舶、轨道交通等重点领域大型模锻件及精密环形锻件等高端产品的成形质量和性能^[3]。文献 [4] 涵盖与技术、产业动向、优势实体、知识产权等相关的海量信息, 企业有效利用专利信息, 可提高研制启点, 规避侵权风险, 从中获取自身所需信息以提升竞争力。国家和相关战略研究单位可基于专利数据, 追溯技术

发展的演进脉络和专利主体的创新概况, 以提高工作效率, 为行业提供更好的服务^[5]。因此, 本文基于智慧芽专利检索平台, 开展先进锻压领域的前沿热点技术及其优势研发实体区域分布研究, 对于锻造企业、行业、乃至国家的决策部署均具有重要的战略意义。

1 数据来源及其分析方法

1.1 数据挖掘与专利分析技术

数据挖掘是指从海量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的已应用于工程实际的数据中, 提取隐含在其中的具有潜在应用价值的信息与知识的过程^[6]。专利文献作为技术信息、知识扩散的重要载

收稿日期: 2022-09-27; 修订日期: 2022-12-05

作者简介: 樊璐璐 (1989-), 女, 博士, 工程师

E-mail: lulu_alisa_fan@163.com

通信作者: 范鑫 (1995-), 男, 硕士, 工程师

E-mail: fan_xinn@163.com

体,涵盖了全球 90%~95%的科技信息,具有巨大的潜在经济价值^[7]。随着新一代信息技术的快速发展,专利分析法与大数据等先进计算机技术深度融合,已实现专利信息智能化检索,可更好地服务于各行业相关研究。洪凡^[8]从产业环境、技术链、技术资源和竞争格局等维度,建立了技术情报测度指标体系及其挖掘流程。张晓林^[9]建立了专利技术情报分析模型,总结出一套开展专利技术情报研究的规律和方法,并将其成功应用于研究实例。赵蕴华等^[10]利用专利分析方法开展了全球激光焊接技术创新趋势研究。李安^[11]开展了基于专利分析的机器人产业技术竞争力评价研究,分析了我国各省市机器人产业技术的竞争力排名。

1.2 数据来源

智慧芽专利检索平台可通过多种便捷方式,从其提供的全球 116 个国家及地区的 1.4 亿余条专利数据中实现专利技术布局、专利申请数量、专利申请人及权人等多角度、多维度的数据分析。本文基于智慧芽专利平台,利用基于大数据的智能化分析技术,开展锻压领域的前沿热点技术研究,挖掘国内外最具竞争力的研发实体及其核心技术布局,有利于我国相关企业准确把握技术发展方向及项目部署。

2 全球锻压领域专利概况

2.1 锻压专利申请趋势分析

本节首先基于智慧芽大数据专利分析平台,通过锻压领域核心关键词检索专利的主题和摘要,筛选国际专利分类法(International Patent Classification, IPC)分类等相关内容,主要分析了 2000~2020 年间国内外企业、高校、科研院所等在真空等温锻、精密锻造、锻压数字化、锻压模具及锻件质量检测等细分方向,先进锻压技术专利申请数量的发展趋势,共检索到专利 4.1 万余条,剔除无权、失效和撤回等专利后,有效且已授权的专利共计 2.2 万余条,图 1 为 2001~2020 年锻造领域专利申请数量随时间的变化曲线。

2.2 全球主要国家或地区专利分布分析

基于上述专利检索结果,首先以专利申请总数量为评价指标,对比分析了国内外主要国家或地区在先进锻压领域有效专利数量的分布情况,如图 2 所示。其中,排名前六位的国家分别为中国、日本、德国、美国、韩国、法国。由于高价值专利是企业核心技术布局及与综合竞争力的体现,本文基于智

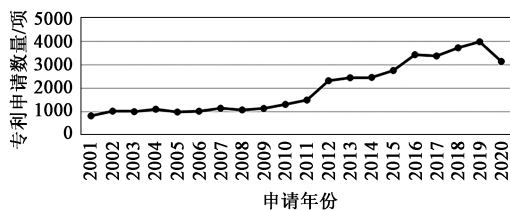


图 1 专利申请数量随时间的变化趋势

Fig. 1 Changing trend for applied number of patents with time

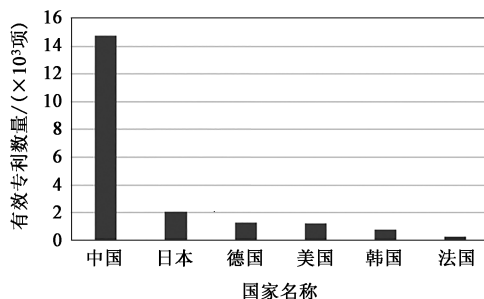


图 2 全球主要国家在先进锻压领域的有效专利数量分布

Fig. 2 Number distribution of effective patents in advanced forging field for major countries around the world

慧芽专利检索平台的专利定量价值排序功能,获得了全球主要国家高价值专利数据,如图 3 所示,其中总量排名前六位的国家分别为中国、日本、美国、德国、韩国和英国。

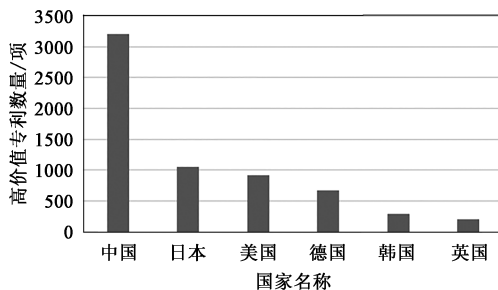


图 3 全球主要国家高价值锻压专利数量分布

Fig. 3 Number distribution of forging patents with high value in major countries around the world

对比分析图 2、图 3 可知,中国在先进锻压领域的有效专利数量和基于高价值专利数量均全球排名第一,且遥遥领先日本、德国、美国、韩国等;但日本、美国、德国的高价值专利占其有效专利数量的比例却明显高于中国,从中可以推断,目前德国、日本、美国仍引领着部分先进锻压细分领域的技术发展方向;中国的有效专利虽然在数量上具有明显优势且保持稳步发展,但高价值专利占比较低,与国际领先水平国家相比尚存在一定差距。因此,应注重高端核心技术的研发投入及相关高价值专利的布局。

3 锻压领域前沿热点技术分析

3.1 锻压前沿热点技术专利地图

专利地图（Patent Map，MP）是一种基于统计学分析方法的具有指向功能且可分析解读的可视化图表^[12]，其融合了专利技术、应用、发展战略等多个层面的资料讯息，不仅成为指引企业研发和竞争方向的重要依据和研究对手的工具，同时，可以用于收集、分析与掌握行业竞争对手的核心专利技术布局，以提升自身竞争力。本文为解读锻压领域前沿热点技术及重点专利布局，利用智慧芽专利检索平台获得了先进锻压领域的前沿热点技术专利地图，如图 4 所示。

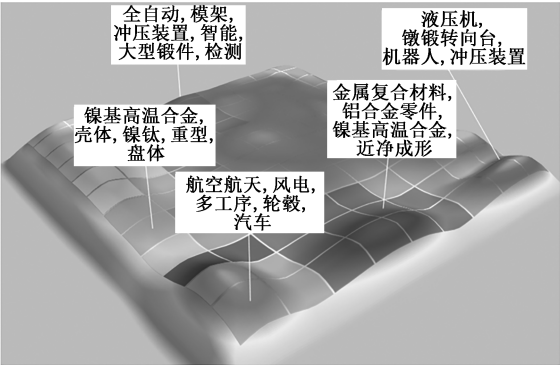


图 4 锻压领域前沿热点技术专利地图
Fig. 4 Patent maps of frontier hotspot technology in forging field

通过分析锻压领域专利地图可以发现，先进锻压热点技术主要集中在高速精密锻造、锻压模具、锻件质量检测、连续锻压、锻压操作机、锻压数字化等方向；相关专利涉及汽车覆盖件、铝合金轮毂、燃料电池板、航空大型模锻件、发动机环形锻件、钛合金锻件、新一代信息电路芯片、高速列车制动器的轮毂和盘体、复杂薄壳体、风电发动机主轴等。

3.2 锻造领域 Top10 高价值专利

智慧芽专利检索平台基于深度加工的专利大数据，运用市场法，结合机器学习模型进行价值估算，利用参考引用、专利国家规模、专利存活期、法律状态等 40 余个指标，建立了一个科学的专利价值评估体系。本文基于智慧芽价值专利子平台获得了锻造技术领域 Top10 高价值专利，如表 1 所示。

由表 1 可知，锻压领域 Top10 高价值专利主要涉及精密锻造、轻合金锻件加工、模锻件成形以及塑料加工模具等方面。其中，专利权人为中国研究

表 1 锻压领域 Top10 高价值专利		
Table 1 Top10 high value patents in forging field		
排名	专利名称	专利权人
1	一种交流伺服直驱式热模锻压力机的传动系统	西安交通大学
2	一种基于流动控制成形原理的直齿轮精锻工艺及模具	西安建筑科技大学
3	塑料加工用模具及其制造方法，铝材的锻造方法	株式会社神户制钢所
4	一种冷锻方法及金属壳体加工方法	比亚迪股份有限公司
5	一种 1Cr12Ni3MoVN 环形锻件的锻造方法	中国航发动力股份有限公司
6	一种大型高筋铝合金锻件的精密成形方法	宝武特种冶金公司
7	生产锻造产品和其他加工产品的方法	奥克宁克有限公司
8	一种长薄板类复杂模锻件胎模锻制坯成形方法	沈阳黎明航空发动机
9	热压构建及其制造方法	杰富意钢铁有限公司
10	锻造加工方法	昭和電工株式会社

实体的专利有 5 项，权人为日本的有 4 项，权人为美国的仅有 1 项，但国外的同族专利数量明显多于中国，这说明目前我国在部分先进锻压细分领域已有高价值专利布局，但数量较少，与国外领先水平尚存在一定差距。

3.3 锻压细分领域热点技术解析

3.3.1 精密锻造技术

精密锻造技术^[13]（净成形）是指零件锻造成形后，仅需少量加工或不再加工即符合零件要求的成形技术，是航空、航天、汽车、轨道交通等领域应用较为广泛的产品成形制造工艺，可节约材料和能源、提高生产率和产品质量以及降低生产成本。

（1）研究热点方向

根据精密锻造主要关键词及 IPC，筛选出与精密锻造相关的专利，并利用主题聚类方法得到了专利地图，如图 5 所示。分析图 5 可知，精密锻造热点专利布局主要涉及精密锻造液压机、多工位精锻、锻锻、快锻、多向及多缸锻造装备，微调、定位、模具、转向台等装置，以及机器人等控制系统，主要应用于航空航天、新能源汽车、海上风电等领域的高温合金、耐蚀合金、大型铝合金轮毂、复杂薄板、风电主轴、齿轮、汽车外星球和电池壳体等产品的加工成形。

（2）主要创新机构

基于精密锻造领域专利检索结果，对全球主要

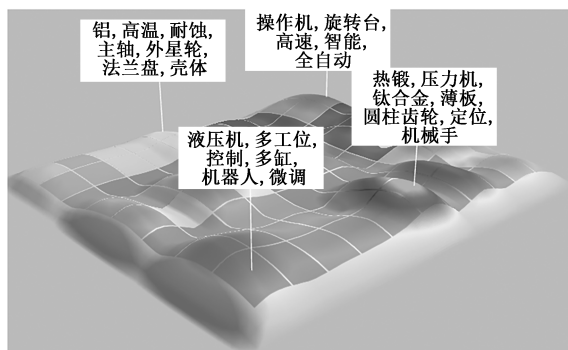


图 5 精密锻造领域的专利地图

Fig. 5 Patent map of precise forging field

创新机构进行排序,有效专利总量排名前 10 的权人如图 6 所示。

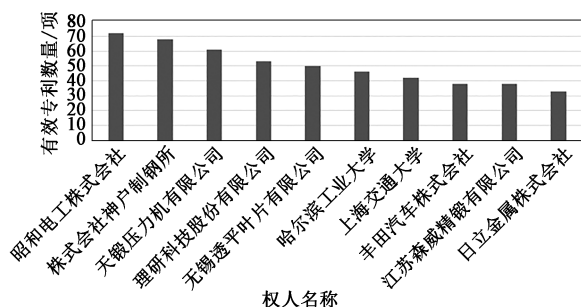


图 6 精密锻造领域的创新机构分布

Fig. 6 Distribution of innovative institutions in precision forging field

通过分析基于有效专利数量的权人排名可知,在精密锻造工艺与装备及其应用领域,有效专利申请量排名前 10 的研究实体中,我国知名企业或高校占 6 位,日本科研所占 4 位。其中,日本昭和电工株式会社占据榜首,中国天锻压力机有限公司排名第 3。以上分析表明,中国在精密锻造领域专利布局相对较多且主要来源于高校和知名锻造企业,但与处于世界领先水平的日本研究院所相比尚存在一定差距。

3.3.2 等温锻造及热等静压技术

(1) 研究热点方向

等温锻主要应用于航空航天钛合金、高温合金等锻件^[14],可有效改善材料的塑性和流动能力;热等静压是高性能材料生产和新材料开发的重要手段,具有可直接粉末成形、成形温度低和产品性能优异等特点。

图 7 为等温锻造及热等静压领域的专利地图。由图 7 可知,等温锻造及热等静压领域的专利主要涉及镍基、钛基、铝钛基、非晶及双相钛合金等耐高温合金材料,双性能涡轮盘热模锻、镁合金等温模锻、铝合金异形件等温精密锻造等加工工艺,两

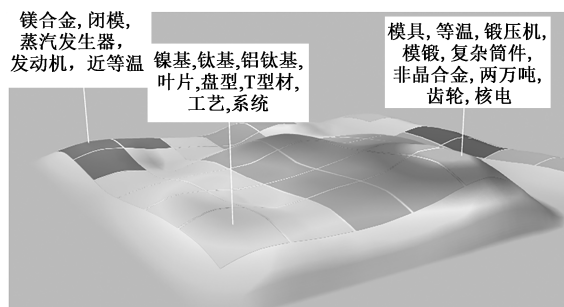


图 7 等温锻造及热等静压领域专利地图

Fig. 7 Patent map of isothermal forging and hot isostatic pressing field

万吨等温锻液压机、等温成形模具、环形加热炉、等温锻造机保温装置及相关控制系统。专利涉及的锻件产品主要包括汽轮机用阀杆、百万千万级核电反应堆压力容器封头、发动机用耐高温钛合金大规格棒材、复杂筒型锻件、T 型材、盘形锻件、燃气轮机叶轮、齿轮和高速轴承等锻件。

(2) 主要创新机构

在锻造领域专利的基础上,筛选出与等温锻造、热等静压、超速成形等相关的有效专利,得到了该领域基于专利申请数量的全球主要专利权人排名,如图 8 所示。

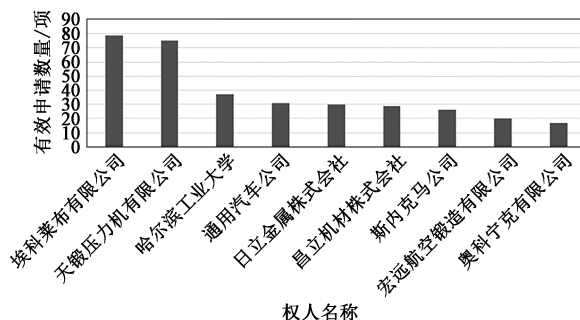


图 8 等温锻造及热等静压领域的创新机构分布

Fig. 8 Distribution of innovative institutions in isothermal forging and hot isostatic pressing field

由图 8 可知,等温锻造及热等静压领域有效专利量全球排名前 10 的创新机构中,6 家为国外研究实体,我国锻造领域的优势企业和知名高校占 4 位,其中美国企业居首位,我国企业紧随其后,且两者专利量相差不大,排名第 3 的是我国知名高校哈尔滨工业大学。整体来看,我国在等温锻或热等静压领域已布局较多专利且数量占有一定优势,这反应了我国在真空等温锻造及热等静压领域有持续的科研投入和研究基础,具有达到国际领先水平的潜力。

3.3.3 重型锻挤技术

随着航空航天、舰船、能源及海洋工程等领域

对整体构件的需求不断增长, 挤压/锻造产品正趋向于大型化与整体化, 亟需研发重型金属挤压、模锻、自由锻造技术与装备。

(1) 研究热点方向

基于重型锻压主要关键词及 IPC, 筛选出与重型锻压及大型锻件相关的专利, 并利用主题聚类方法得到了专利地图, 如图 9 所示。

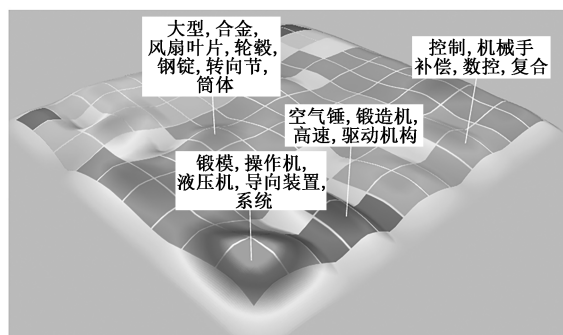


图 9 重型锻压领域的专利地图

Fig. 9 Patent map of heavy forging field

(2) 主要创新机构

基于重型锻压领域专利检索结果, 对全球的主要创新机构进行排序, 有效专利总量排名前 10 的权人如图 10 所示。

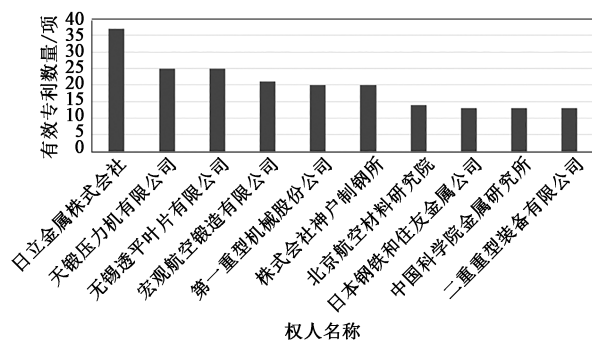


图 10 重型锻压领域的创新机构分布

Fig. 10 Distribution of innovative institutions in heavy forging field

由图 10 可知, 全球重型锻压领域有效专利数量排名前 10 位的研究实体主要是日本和中国的知名企业和科研院所, 其中日立金属株式会社居首位, 我国天津市天锻压力机有限公司和无锡透平叶片有限公司分别排名第 2 和 3 位, 且两者专利数量相当; 另外, 我国的研究实体多为重型装备公司和航空领域的科研院所, 这与重型挤压装备被广泛应用于重型燃机叶片、风扇叶片等大型锻件密切相关。

3.3.4 锻压智能化技术

(1) 研究热点方向

基于智能化锻压领域主要关键词及 IPC, 筛选

出与智能化、自动化网络化锻压工艺、检测装置、操作系统等相关的专利, 并利用主题聚类方法得到了专利地图, 如图 11 所示。

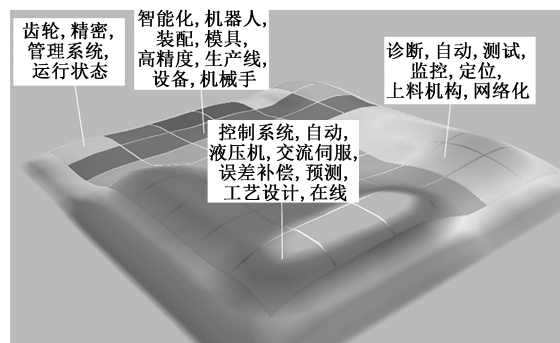


图 11 锻压智能化技术领域的专利地图

Fig. 11 Patent map of forging intelligence technology field

由图 11 可知, 自动化、智能化、网络化技术已被广泛应用于锻压领域的多个环节, 与锻造工艺、装备、控制系统、锻件质量检测等方面深度融合; 相关专利布局主要集中在锻压控制系统、工艺设计系统、管理系统、自动化上料机构、智能化液压机、智能化机器人、误差补偿、运行状态监控、锻件质量检测、设备故障诊断、装配、定位、智能化生产线、高精度锻压及在线实时检测与修复等方面。

(2) 主要创新机构

基于智能化、自动化、网络化技术等新一代信息化技术在锻压领域的应用, 利用基于锻压智能化专利检索结果, 得到了基于有效专利数量的全球排名前 10 的专利权人, 如图 12 所示。

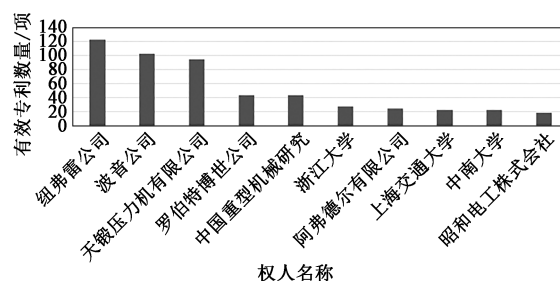


图 12 锻压智能化领域的创新机构分布

Fig. 12 Distribution of innovative institutions in forging intelligence field

由图 12 可知, 排名前 10 的权人中 5 家为国外知名机构, 我国知名企业和高校占 5 家, 其中 3 家为国内知名高校, 2 家为锻造领域知名企业, 另外, 专利数量达 100 项以上的公司仅有 2 家, 且均为美国知名公司, 这表明虽然我国在智能化锻造领域专利布局的整体数量相对较多, 但权人多为高校, 亟

需推进相关专利的市场应用,智能化技术与锻造工艺、控制系统的融合程度仍与国际领先水平存在较大差距。

4 结论

(1) 我国在锻压领域的有效专利数量和基于一定价值的专利数量均全球排名第一,且遥遥领先日本、美国、德国等其他国家,但海外专利布局较少,高价值专利占比较低。

(2) 当前先进锻压领域的研究热点主要集中于航空航天用高温合金精密成形、多工位精锻装备、等温锻造及热等静压技术、重型锻压技术以及锻件质量检测、锻压数字化智能化技术等方面。

(3) 我国在精密锻造、等温锻造和热等静压领域已布局较多专利且数量占有一定优势,已掌握部分相关核心技术,但锻压系统、锻件质量检测手段等与数字化、智能化技术的融合程度还有待提升。

(4) 航空航天、汽车、轨道交通等重点领域用锻件正向大型化、轻量化及精确化方向发展;锻压工艺装备正向数字化、智能化、网络化及清洁化方向发展;大型精密锻压、锻件质量实时在线无损检测、设备故障远程诊断与修复、锻压车间现场在线管控技术等关键核心技术亟需突破。基于智能化和大数据分析技术的智能化锻压车间和工厂将助推锻压工艺向高端化、精密化、绿色化和高效化发展。

参考文献:

- [1] 张志元,余心宏,付正龙. 大型高温合金锻坯加热及冷却过程模拟 [J]. 塑性工程学报, 2019, 26 (2): 119-124.
Zhang Z Y, Yu X H, Fu Z L. Simulation on temperature field of large superalloy billet in heating and cooling process [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2019, 26 (2): 119-124.
- [2] Mironov S, Sato Y S, Kokawa H. Friction-stir welding and processing of Ti-6Al-4V titanium alloy: A review [J]. Journal of Materials Science & Technology Shenyang, 2017, 34 (1): 58-72.
- [3] 吴顺达. 战略性新兴产业和锻造行业 [J]. 锻造与冲压, 2012, (1): 22-28.
Wu S D. Strategic emerging industries and forging industry [J]. Forging and Metal Forming, 2012, (1): 22-28.
- [4] 张建英. 专利文献在技术创新中的应用 [J]. 图书馆学研究, 2003, (9): 91-94.
Zhang J Y. Application of patent literature in technological innovation [J]. Research on Library Science, 2003, (9): 91-94.
- [5] 胡阿沛,张静,张晓宇. 基于专利文献的技术演化分析方法评述 [J]. 现代情报, 2013, 33 (10): 171-175.
Hu A P, Zhang J, Zhang X Y. A review on the method of analyzing technological evolution based on patent documents [J]. Journal of Modern Information, 2013, 33 (10): 171-175.
- [6] 刘红岩,陈剑,陈国青. 数据挖掘中的数据分类算法综述 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2002, 42 (6): 727-730.
Liu H Y, Chen J, Chen G Q. Review of classification algorithms for data mining [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2002, 42 (6): 727-730.
- [7] 张炯,方曙,肖国华,等. 专利文献价值评价模型构建及实证分析 [J]. 科技进步与对策, 2011, 28 (6): 127-132.
Zhang X, Fang S, Xiao G H, et al. Construction and empirical study on evaluation model for core patent documents [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011, 28 (6): 127-132.
- [8] 洪凡. 产业技术情报挖掘方法与流程研究—基于专利文献数据分析的视角 [J]. 情报理论与实践, 2017, 40 (5): 65-70.
Hong F. Research on the process and mining methods of industrial technology intelligence [J]. Information Studies: Theory & Application, 2017, 40 (5): 65-70.
- [9] 张晓林. 专利技术情报分析模型构建及其应用研究 [J]. 图书馆杂志, 2018, 37 (10): 78-88.
Zhang X L. Research on the construction of patent technical intelligence analysis model and its application [J]. Library Journal, 2018, 37 (10): 78-88.
- [10] 赵蕴华,周立娟,李沛. 基于专利分析的全球激光焊接技术创新趋势研究 [J]. 高技术通讯, 2018, 28 (5): 472-476.
Zhao Y H, Zhou L J, Li P. A study of the trends of global laser-welding innovation based on patent analysis [J]. Chinese High Technology Letters, 2018, 28 (5): 472-476.
- [11] 李安. 基于专利分析的机器人产业技术竞争力评价研究 [D]. 北京: 北京理工大学, 2016.
Li A. Research on Evaluation about Robot Industry's Technological Competitiveness Based on the Patent Analysis [D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2016.
- [12] 李新同,李克,李元衡. 精密锻造成型技术及应用分析 [J]. 技术与市场, 2019, 26 (1): 105, 107.
Li X T, Li K, Li Y H. Precision forging forming technology and application analysis [J]. Technology and Market, 2019, 26 (1): 105, 107.
- [13] 谭群燕,周昊奕,丁明明,等. 涡旋盘精密模锻成形 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (4): 37-42.
Tan Q Y, Zhou H Y, Ding M M, et al. Precision die forging for scroll [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (4): 37-42.
- [14] 张思杨,于建民,张治民,等. 等温往复锻粗-挤压对 Mg-Re-Zn 合金微观组织和室温力学性能的影响 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (3): 1-5.
Zhang S Y, Yu J M, Zhang Z M, et al. Influences of isothermal reciprocating upsetting-extrusion (RUE) on microstructure and mechanical properties at room temperature for Mg-Re-Zn alloy [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (3): 1-5.