

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.02.011

熔融沉积成型聚醚醚酮热处理工艺对力学性能影响

王鑫宇¹, 曹毅², 杨来侠¹, 高扬¹, 徐超¹, 党苏武¹, 李素丽¹

(1. 西安科技大学机械工程学院, 西安 710054; 2. 西安交通大学机械制造系统工程国家重点实验室, 西安 710049)

摘要: 利用正交试验方法研究了热处理工艺参数对熔融沉积成型聚醚醚酮 (PEEK) 试样力学性能的影响。对保温温度、升温速率和保温时间影响因素下 PEEK 试样的力学性能进行对比分析, 研究现有条件下最优热处理工艺参数。采用差示扫描量热法测试典型 PEEK 试样的结晶度, 通过微米 X 射线三维成像系统扫描典型 PEEK 试样三维 CT 数据并使用 VG Studio MAX 3.0.2 软件计算其孔隙率, 从微观角度分析力学性能变化的原因。结果表明, 保温温度对 PEEK 试样拉伸强度的影响最大, 升温速率次之, 保温时间最小。最佳工艺参数组合为: 保温温度 300℃, 升温速率 8℃/min, 保温时间 210 min, 在该条件下 PEEK 试样热处理后的结晶度为 29.80%, 拉伸强度为 100.29 MPa, 较热处理前分别提高了 86.95% 和 53.56%。

关键词: 熔融沉积成型; 聚醚醚酮; 热处理; 力学性能; 结晶度

中图分类号: TG156.99, TQ324.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)02-0061-06

Effects of Heat Treatment Process on Mechanical Properties of Polyetheretherketone by Fused Deposition Molding

Wang Xinyu¹, Cao Yi², Yang Laixia¹, Gao Yang¹, Xu Chao¹, Dang Suwu¹, Li Suli¹

(1. College of Mechanical Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. State Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The effects of the heat treatment process parameters on the mechanical properties of polyetheretherketone (PEEK) specimens by fused deposition molding was studied by the orthogonal test. The mechanical properties of PEEK specimens were contrasted and analyzed under the influence factors of holding temperature, heating rate and holding time, which was studied to obtain optimal process parameters of heat treatment under existing conditions. The crystallinity of classic PEEK specimens was tested by differential scanning calorimetry, the porosity of classic PEEK was analyzed by the software of VG Studio MAX 3.0.2 using the 3D CT data that was scanned by the three-dimensional imaging system of Micron X-ray and analyzing the reasons for change of the mechanical properties via the micro perspective of the PEEK specimens. The results show that holding temperature is the most significant effect on tensile strength of PEEK specimens, heating rate is the second and holding time is the least factor in the three influence factors. The optimal process parameters of heat treatment are the holding temperature is 300℃, the heating rate is 8℃/min and the holding time is 210 min. After the heat treatment of this parameters, the crystallinity of PEEK specimen is 29.80%, the tensile strength is 100.29 MPa, which are improved by 86.95% and 53.58% respectively compared with those before the heat treatment.

Keywords: fused deposition modeling; polyetheretherketone; heat treatment; mechanical property; crystallinity

聚醚醚酮 (PEEK) 作为一种半结晶性热塑性特种工程塑料, 以其高耐热性、高强度、高模量、高韧性等优异综合性能, 被广泛应用于航空航天领域^[1-4]。与注射成型、机加工制备 PEEK 零件的方法相比, 熔融沉积成型 (FDM) 具有材料利用率高、加工成本

低、成型效率高, 并可实现复杂零件成型等优点^[5-7]。

目前采用 FDM 方法制备 PEEK 试样的研究, 大都为高温环境制备的 PEEK 试样^[8-11], Yang Chuncheng 等^[12-13] 提出并搭建了冷沉积成型设备, 即在室温环境下制备 PEEK 试样。相较于高温环境,

基金项目: 国家重点实验室开放课题基金 (sklms2020019), 陕西省教育厅 2019 年度服务地方科学研究计划项目 (19JC029)

通信作者: 杨来侠, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为快速成型与模具制造 E-mail: 1441299463@qq.com

收稿日期: 2020-12-15

引用格式: 王鑫宇, 曹毅, 杨来侠, 等. 熔融沉积成型聚醚醚酮热处理工艺对力学性能影响 [J]. 工程塑料应用, 2021, 49(2): 61-66.

Wang Xinyu, Cao Yi, Yang Laixia, et al. Effects of heat treatment process on mechanical properties of polyetheretherketone by fused deposition molding[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(2): 61-66.

该方法省去基板加热以及成型室高温环境的形成等环节,其试样尺寸不受限制而且设备结构也会更加简单。然而,笔者通过前期实验得到室温环境下制备 PEEK 试样的拉伸强度较差。

研究表明,通过热处理方法可以提高 PEEK 试样的力学性能^[14],国内外学者研究了热处理温度对模压成型以及高温环境 3D 打印 PEEK 试样力学性能的影响^[15-17],以上研究仅考虑了热处理温度对力学性能的影响,皆没有全面分析热处理对 PEEK 试样力学性能的影响及原因。关于热处理对室温环境下 FDM 制备 PEEK 试样力学性能的影响,文献[12]研究了不同热处理方法对 PEEK 试样力学性能的影响,结果表明,采用退火热处理方法可以得到力学性能提升最佳的试样,但未分析具体热处理工艺对力学性能的影响。

笔者针对室温环境下 FDM 制备 PEEK 试件的热处理工艺对其力学性能的影响进行研究,通过正交试验得出热处理工艺参数对力学性能的影响程度和最佳工艺参数组合,并从结晶度等微观角度分析力学性能变化的原因。

1 实验部分

1.1 主要原料

PEEK 粒料:551G,吉林省中研高分子材料股份有限公司。

1.2 主要设备及仪器

双螺杆挤出机:YTG-20 型,广州永拓挤塑机有限公司;

FDM 快速成型机:FDM200 型,陕西聚高增材智造科技发展有限公司;

电热恒温干燥箱:8401-00 型,绍兴市苏珀仪器有限公司;

微机控制电子万能试验机:CMT4304 型,美特斯工业系统(中国)有限公司;

差示扫描量热(DSC)仪:DSC1 型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):S-3000N 型,日本日立公司;

微米 X 射线三维成像系统:Y.Cheetah 型,德国 Yxlon 公司。

1.3 试样制备及正交试验设计

将 PEEK 粒料在 80℃ 下干燥 12 h,经双螺杆挤出机制成直径为 (1.75 ± 0.05) mm 的 PEEK 3D 打印丝材,双螺杆挤出机七个加热区温度分别为 335,

359,356,363,361,363,360℃。

将 PEEK 丝材在 80℃ 下干燥 12 h,依照 GB/T 1040.2-2006,采用 FDM 工艺制备 1BA 型拉伸试样,其厚度为 4 mm。FDM 主要工艺参数为:喷头温度 430℃,打印层高 0.2 mm,打印速度 40 mm/s,喷嘴直径 0.4 mm,填充方向与拉伸方向同向。然后在不同热处理工艺条件下对其进行热处理。为增加试验结果的可靠性,同一热处理条件下处理五个试样。为排除其它环境因素的影响,所有试样在打印时位于底板的同一位置,在后期热处理时放置在保温箱内的同一位置。

以影响热处理的三个主要因素保温温度(A),保温时间(B),升温速率(C)作为正交试验的三个因素,以拉伸强度作为评价指标,根据文献[11,16]并结合前期试验,设计三因素四水平正交试验,因素水平表见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

水平	A/℃	B/min	C/(℃·min ⁻¹)
1	240	120	2
2	260	150	4
3	280	180	6
4	300	210	8

1.4 性能测试

拉伸强度按照 GB/T 1040.2-2006 测试,拉伸速率为 1 mm/min。五个试样为一组,结果取其平均值。

DSC 测试:在试样的不同位置取样,以 10℃/min 的升温速率从 50℃ 升到 400℃,由所得 DSC 曲线计算试样的熔融焓,然后按照式(1)计算结晶度。

$$X_{cr} = \frac{\Delta H}{\Delta H_{100\%,kr}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X_{cr} ——结晶度,%;

ΔH ——样品的熔融焓, J/g;

$\Delta H_{100\%,kr}$ ——理想 PEEK 完全结晶的熔融焓,取 130 J/g^[18]。

SEM 分析:对试样的拉伸断面进行喷金处理后,用 SEM 观察,加速电压为 30 kV。

孔隙率测试:通过微米 X 射线三维成像系统扫描获取典型试样三维 CT 数据,用 VG Studio MAX 3.0.2 软件的孔隙夹杂物分析模块计算其孔隙率。

2 结果与讨论

2.1 热处理前的拉伸强度测试

对热处理前的 5 个试样进行拉伸强度测试,结果列于表 2。

表2 热处理前的拉伸强度测试结果

项目	测试值	MPa
拉伸强度	62.39, 68.05, 64.81, 67.41, 63.87	65.31

2.2 热处理后的拉伸强度测试

为了提高试样的拉伸强度,对其进行热处理。热处理试样的正交试验方案和结果列于表3。

表3 正交试验方案与结果

试验号	A/℃	B/min	C/(℃·min ⁻¹)	拉伸强度/MPa
1	1	1	3	95.74
2	1	2	2	92.08
3	1	3	1	92.03
4	1	4	4	95.38
5	2	1	1	93.24
6	2	2	4	96.65
7	2	3	3	93.15
8	2	4	2	93.69
9	3	1	2	96.98
10	3	2	3	97.01
11	3	3	4	97.94
12	3	4	1	98.61
13	4	1	4	99.94
14	4	2	1	97.42
15	4	3	2	98.94
16	4	4	3	99.29

由表3可知,13号热处理条件下试样的拉伸强度最大,为99.94 MPa,3号热处理条件下试样的拉伸强度最小,为92.03 MPa。相较于热处理前,试样的力学性能得到了显著提升。

2.3 热处理工艺参数分析

对正交试验数据进行极差分析,将同一因素同一水平下的试验结果的平均值定为 k 值,通过计算各个因素下的极差值(R),来比较不同因素对评价指标的影响程度,并得到最优参数组合,分析结果列于表4,不同因素下试样的拉伸强度如图1所示。

表4 极差分析结果

项目	因素		
	A/℃	B/min	C/(℃·min ⁻¹)
k_1	93.81	96.48	95.33
k_2	94.18	95.79	95.42
k_3	97.64	95.52	96.30
k_4	98.90	96.74	97.48
R	5.09	1.23	2.15
排序	1	3	2

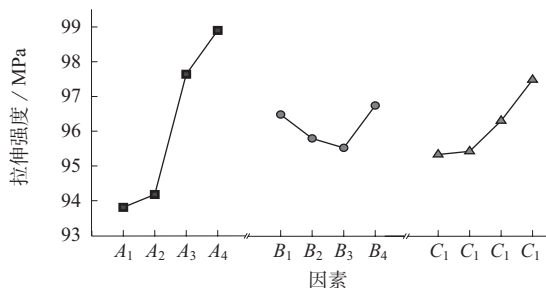
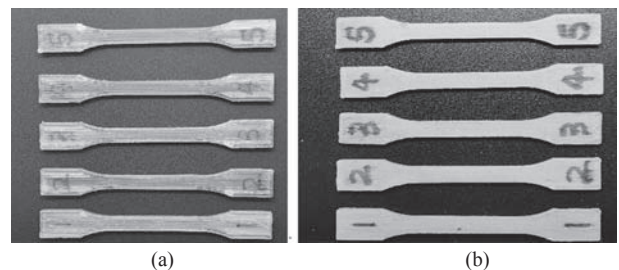


图1 不同因素下试样的拉伸强度

R 越大,表示该因素对评价指标的影响程度越大。由表4可知,热处理工艺参数对拉伸强度的影响程度由大到小顺序为保温温度、升温速率、保温时间。结合图1可知,随着保温温度和升温速率的提高,拉伸强度逐渐增大;保温时间由120 min增至210 min时,拉伸强度变化不大。拉伸强度最优时对应的因素水平为 $A_4B_4C_4$,即热处理最优工艺参数组合为:保温温度300℃,保温时间210 min,升温速率8℃/min。在已知正交试验中未出现最优参数组合,为验证该结果,进行最优热处理工艺参数下的拉伸强度测试,拉伸强度测试结果为100.29 MPa,相较于热处理前试样的拉伸强度65.31 MPa,提高了53.56%。

2.4 热处理前后结晶度分析

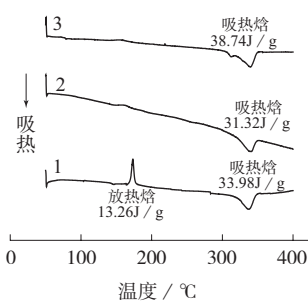
热处理前后试样的色泽如图2所示。由图2可以看出,热处理前后试样的色泽有明显变化,经过热处理后,色泽变浅。这是由于结晶度发生了变化。分别测试有代表性的3个试样(常温未做热处理试样、3号热处理条件处理的试样和最优热处理条件处理的试样)的DSC曲线,结果如图3所示,相应的DSC数据列于表5。



(a) (b)

a—热处理前;b—热处理后

图2 热处理前后试样的颜色



1—常温未做热处理;2—3号热处理条件处理;3—最优热处理条件处理

图3 不同热处理条件下试样的DSC曲线

表5 不同热处理条件下试样的DSC熔融数据和结晶度

项目	常温未做 热处理	3号 热处理条件	最优 热处理条件
熔点/℃	337.22	339.13	339.48
熔融焓/(J·g ⁻¹)	20.72	31.32	40.63
结晶度/%	15.94	24.09	29.80

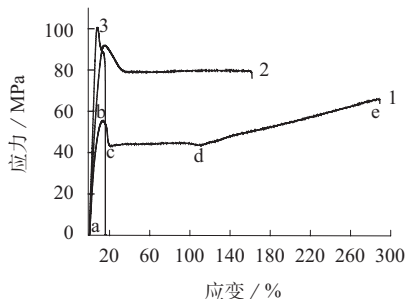
由图3可知,常温下打印的 PEEK 试样在测试时出现了放热峰。这是由于结晶不充分所致。在室温环境下,通过喷嘴挤出的熔融态 PEEK 会迅速冷却,使得 PEEK 高分子链没有得到足够的能量使其排列规整就固化了,进而表现为结晶度较低。结晶度较低时,产生的结晶收缩较小,可以较好地保证试件的形状。经过热处理后,PEEK 发生再结晶,结晶度得到提高,分子间作用力增大。

由表5可知,经过最优热处理条件处理后,PEEK 试样的熔点较热处理前高出 2.26℃。因为经过热处理时,试样的温度升高,使得晶体结构更加完整,因而导致试样的熔点升高;分子间的作用力越大,熔融焓越大。随着热处理温度升高,熔融焓增大,经过最优热处理条件处理后,熔融焓由 20.72 J/g 升到 40.63 J/g。经3号热处理条件和最优热处理条件处理后,试样的结晶度由热处理前的 15.94% 分别提高到 24.09% 和 29.80%,分别提高 51.12% 和 86.95%。这是由于在不同热处理条件下,试样的高分子链段运动能力不同,温度越高,分子链运动能力越强,结晶程度也就越高。通过热处理可以提升 PEEK 的结晶度,结晶度增大,使分子链排列规整,分子间作用力增加,从而使其拉伸强度增大。

根据式(1)计算得:未做热处理试样的结晶度为 15.94%,3号热处理条件下试样的结晶度为 24.09%,最优热处理条件下试样的结晶度为 29.80%。

2.5 拉伸过程及断口形貌分析

测试常温未做热处理试样、3号热处理条件处理试样和最优热处理条件处理试样的应力-应变曲线,结果如图4所示。



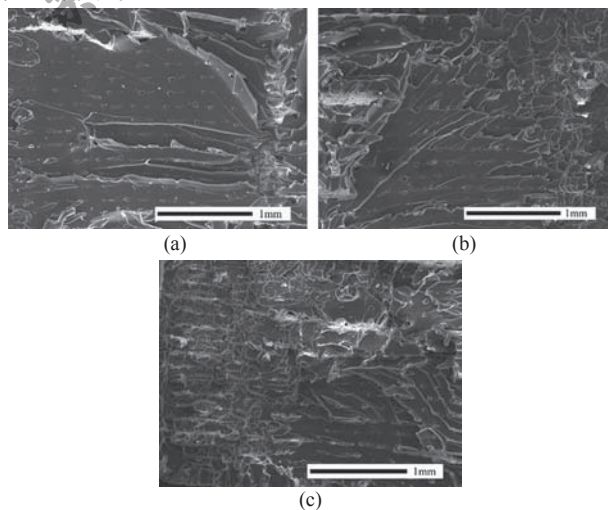
1—常温未做热处理;2—3号热处理条件处理;3—最优热处理条件处理

图4 不同试样的应力-应变曲线

由图4可知,由于常温未做热处理试样结晶不完全,塑性较好,拉伸初期,应力随应变的增加快速增大,试样被均匀地拉长,到曲线b点后应力下降,试样出现细颈,在曲线cd段发生冷拉现象,应变增

加,而应力几乎不变。这是由于细颈部分在拉力作用下取向结晶,分子链排列紧密,分子间作用力增大,因而细颈部分不再变形,而是逐渐扩展到试样的两端,直至整个试样完全变细。此时必须增大应力,才能克服分子间作用力,使分子间发生位移,因此de段应力随应变逐渐增加,整个试样重新被均匀拉伸,直至试样断裂。经过3号热处理条件处理后,试样结晶度和弹性模量较热处理前有所提升,有较好的韧性,与热处理前不同的是,该试件经过普弹形变,屈服成颈,在冷拉过程中,细颈部分并没有扩展到整个试件,试样应力就急剧下降并发生断裂。经过最优热处理条件处理后,试样结晶度进一步提高,结晶起了物理交联的作用,即增加了分子链间的联系,使分子链不易滑移,表现为弹性模量和拉伸强度都得到提升。由于试样已经完成取向,则该试样经过普弹形变,在屈服成颈时就发生断裂,断裂伸长率极小,韧性急剧下降。

常温未做热处理试样、3号热处理条件处理试样和最优热处理条件处理试样断面的SEM照片如图5所示。



a—常温未做热处理;b—3号热处理条件处理;c—最优热处理条件处理

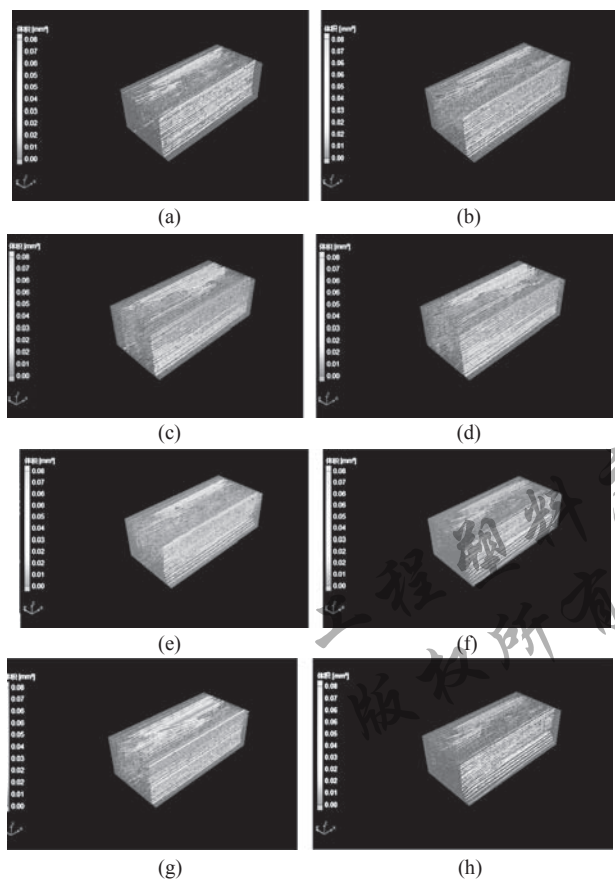
图5 不同热处理条件下试样断面的SEM照片

由图5可以看出,3个试样都存在层与层间的结合面,热处理前层与层间的结合面最为明显,随着热处理温度的升高,内部丝束融合效果较好,层间的结合面越来越模糊;常温未做热处理试样的断面较为平坦,热处理后,随着热处理温度的升高,材料结晶度升高,断面逐渐变得较为粗糙。热处理前,图5a右边区域有明显的撕裂裂纹,表现为塑性特征。热处理后,图5b和图5c右边区域塑性特征明显减少。这是由于热处理前试样的结晶度低,分子链大

都为松散缠绕,容易分散和拉伸;热处理后,随着热处理温度的升高,试样的结晶度升高,分子链排列规整,表现出更好的强度和刚性。

2.6 孔隙率

对不同热处理条件处理前后的4个试样(1[#]~4[#]试样)的孔隙率进行测试,结果如图6所示,相应数据列于表6。



a—1[#]试样3号热处理条件处理前;b—1[#]试样3号热处理条件处理后;
c—2[#]试样3号热处理条件处理前;d—2[#]试样3号热处理条件处理后;
e—3[#]试样最优热处理条件处理前;f—3[#]试样最优热处理条件处理后;
g—4[#]试样最优热处理条件处理前;h—4[#]试样最优热处理条件处理后

图6 不同热处理前后试样的孔隙率图片

表6 不同热处理前后试样孔隙率测试结果

试样 编号	孔隙率			孔隙率 变化率	孔隙率 变化率均值
	未做 热处理	3号热处理 条件处理	最优热处理 条件处理		
1 [#]	3.05	3.01		1.31	1.91
2 [#]	4.79	4.67		2.51	
3 [#]	2.64		2.38	9.85	8.64
4 [#]	4.31		3.99	7.42	

由图6和表6可以看出,试样经过3号热处理条件处理后,孔隙率较热处理前减少1.91%;经过最优热处理条件处理后,孔隙率较热处理前减少8.64%。说明经过热处理可以减少试样的孔隙率,

进而提高其拉伸强度。由于未经热处理试样的孔隙率最大变化率为44.89%,远大于热处理前后试样孔隙率的变化率。所以可得出孔隙率的变化不是影响试样力学性能的主要因素。

3 结论

(1) 热处理可明显提高 PEEK 试样的拉伸强度。最优热处理条件为:保温温度为 300℃,保温时间为 210 min,升温速率为 8℃/min,此时拉伸强度可达 100.29 MPa,相较于热处理前提高了 53.56%。保温温度是影响拉伸强度的主要热处理因素,其次为升温速率和保温时间。

(2) 热处理可提高 PEEK 试样拉伸强度的主要原因是结晶度的变化,而不是孔隙率的变化,最优热处理条件下 PEEK 试样的结晶度为 29.80%,相较于热处理前提高了 86.95%。

参考文献

- [1] 张辉,方良超,陈奇海,等.聚醚醚酮在航空航天领域的应用[J]. 新技术新工艺,2018(10):5-8.
Zhang Hui, Fang Liangchao, Chen Qihai, et al. Application of PEEK in aerospace industry[J]. New Technology & New Process, 2018(10):5-8.
- [2] Jose J V, Panneerselvam K. Joining of PEEK plates by friction stir welding process[J]. Materials Today:Proceedings, 2020. doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.768.
- [3] Zanjani A R, Major I, Lyons J G. Fused filament fabrication of PEEK: A review of process-structure-property relationships[J]. Polymers, 2020, 12(8).doi:10.3390/polym12081665.
- [4] 王震,李敬洋,张建超,等.熔融沉积制造材料的空间应用实验[J]. 宇航材料工艺,2020,50(2):90-93.
Wang Zhen, Li Jingyang, Zhang Jianchao, et al. Research on the space application of fused deposition modeling[J]. Aerospace Materials & Technology, 2020, 50(2):90-93.
- [5] Huynh H N, Bui T H, Thai T H, et al. Research on the effect of technical attributes on the tensile strength of FDM Products[J]. Key Engineering Materials, 2020, 863:33-50.
- [6] 徐峰祥,黄俊杰,刘国承.熔融沉积成型聚醚醚酮力学性能多尺度分析[J]. 塑料工业,2020,48(8):66-71.
Xu Fengxiang, Huang Junjie, Liu Guocheng. Multiscale analysis of mechanical properties of PEEK by fused deposition modeling[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(8):66-71.
- [7] Wu Yin, Cao Yi, Wu Ying, et al. Neutron shielding performance of 3D-printed boron carbide PEEK composites[J]. Materials, 2020, 13(10).doi:10.3390/ma13102314.
- [8] Wang Peng, Zou Bin, Ding Shouling. Modeling of surface roughness based on heat transfer considering diffusion among deposition filaments for FDM 3D printing heat-resistant resin[J]. Applied

- Thermal Engineering, 2019, 161. doi:10.1016/j.applthermaleng.2019.114064.
- [9] 赵峰,李涤尘,靳忠民,等. PEEK 熔融沉积成形温度对零件拉伸性能的影响[J]. 电加工与模具, 2015(5):43-47.
- Zhao Feng, Li Dichen, Jin Zhongmin, et al. Effect of PEEK fused deposition modeling temperature on tensile properties of parts[J]. Electromachining & Mould, 2015(5):43-47.
- [10] 赵广宾,秦勉,刘雨,等. 聚醚醚酮熔融沉积成形强度工艺参数的优化[J]. 机械工程学报, 2020, 56(3):216-222.
- Zhao Guangbin, Qin Mian, Liu Yu, et al. Optimizing fused deposition molding process parameters for improving forming strength of polyetheretherketone[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2020, 56(3):216-222.
- [11] 耿鹏. 聚醚醚酮及其复合材料增材制造机理与实验研究[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- Geng Peng. Research on additive manufacturing mechanism of polyetheretherketone and its composites[D]. Changchun: Jilin University, 2019.
- [12] Yang Chuncheng, Tian Xiaoyong, Li Dichen, et al. Influence of thermal processing conditions in 3D printing on the crystallinity and mechanical properties of PEEK material[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2017, 248:1-7.
- [13] 李涤尘,杨春成,康建峰,等. 大尺寸个性化 PEEK 植入物精准设计与控性定制研究[J]. 机械工程学报, 2018, 54(23):121-125.
- Li Dichen, Yang Chuncheng, Kang Jianfeng, et al. Precision design and control-performance manufacturing research of large-size individualized PEEK implants[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2018, 54(23):121-125.
- [14] 侯月娇,曲敏杰,叶鑫,等. 热处理对 PEEK/MWCNTs 复合材料性能影响[J]. 现代塑料加工应用, 2017, 29(2):8-10.
- Hou Yuejiao, Qu Minjie, Ye Xin, et al. Effect of heat treatment on properties of PEEK/MWCNTs composites[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(2):8-10.
- [15] Zhao Yachen, Zhao Kai, Li Yuchan, et al. Mechanical characterization of biocompatible PEEK by FDM[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2020, 56:28-42.
- [16] 杨华锐. 聚醚醚酮复合粉末的制备与性能研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- Yang Huarui. Preparation and properties of polyetheretherketone composite powder[D]. Wuhan: Wuhan Institute of Technology, 2017.
- [17] de Avila E, Eo J S, Kim S, et al. Heat treatment effect on mechanical properties of 3D printed polymers[J]. MATEC Web of Conferences, 2019, 264. doi:10.1051/mateconf/201926402001.
- [18] Blundell D J, Osborn B N. The morphology of poly(aryl-ether-ether-ketone)[J]. Polymer, 1983, 24(8):953-958.

生产有难题? “工业 4.0 未来工厂”第一波金牌班底集结,教你如何击破!

数字化在 2020 年全速推进。“工业 4.0 未来工厂”展示的工业 4.0 与数字生产带来的各种效益,包括增强客户与供应商的紧密联系、生产效率及工业利润最大化、实现连续化生产、自动化过程监控及品管。

活动针对用户常见的痛点,如订单过多,要花很多时间确认产能;试模时要花大量时间调校参数及寻找先前的记录;机台长时间生产后,实际射出压力开始变化,生产质量渐趋不稳定;机台异常停机后,要花长时间寻找停机原因;需要检修,原厂技术人员不多等,以三大部分向用户提供丰富的落地解决方案,包括:智工厂展示数字化工厂的实际操作,其中阿博格、博视源、恩格尔、黑湖制造、克劳斯玛菲、力劲、松井、莫宁特、摩丹、威猛巴顿菲尔、伊之密、诸葛云等大牌企业连同中国联通一起展示注塑智能生产线;智人智造总控室连接不同展台的设备及位于展馆外远端站点的生产工厂;模拟场景及体验工作坊展示与智能模具、智能生产、智能品管、智能自动化有关的模拟场景,尤值一提的是全新的体验工作坊将为业界介绍开放平台通信统一架构(OPC UA)的应用。

“工业 4.0 未来工厂”于展会同期举办,由雅式展览服务有限公司联合工业 4.0 领域的中坚力量——iPlast 4.0 智人智造创新中心主办,欧洲塑料和橡胶工业机械制造商协会

(EUROMAP)、德国机械设备制造商联合会(VDMA)协办重磅打造,更有 OPC 基金会作为活动协办单位。

针对常见生产痛点,大牌企业展示绝密方案

阿博格将透过中央控制生产管理软件 ALS,实现不同生产设备和跨地点的数据交换,订单进度和生产细节可以随时显示。

恩格尔将为大家呈现自主研发的高智能 IQ 系列配合 5G 和 AR 技术,连结国内维修人员与原场技术人员进行远程维修,同时实现工厂少人化的目标。

威猛巴顿菲尔将会为大家呈现透过模块化的威猛 4.0 功能,其质量监控信息可与智造监控中控台整合。注塑机能访问周边设备的参数和运行状态,方便技术人员跟系统进行下一步的智能分析。

克劳斯玛菲的“社交化生产”功能开辟了全新的数字生产模式。手机 APP 即可掌握机台生产信息,人工智能可针对早期生产工艺中出现的各种问题,主动进行沟通,并推荐应对方案。当发生机台异常情况时,可快速掌握机台可能停机原因。

更多精彩方案展示, CHINAPLAS 2021 国际橡塑展不见不散。

点击 www.ChinaplasOnline.com/FactoryofFuture, 了解更多精彩内容!

(雅式)