doi: 10.11933/j.issn.1007-9289.20181012001

织构参数对复合绝缘子硅橡胶表面疏水性能的影响

赵美云1.2,田森1,吴阳1,李伟1,赵新泽1

(1. 三峡大学 水电机械设备设计与维护湖北省重点实验室, 宜昌 443000; 2. 河南科技大学 高端轴承摩擦学技术与应用国家 地方联合工程实验室, 洛阳, 471023)

摘 要:为提高硅橡胶复合绝缘子抗污闪及冰闪能力,采用激光雕刻机在其伞裙试样表面加工一系列不同类型的织构,使其具有超疏水性。采用三维形貌仪、SEM 观察织构表面形貌特征,采用接触角测量仪、高速摄像机等进行疏水性能分析。分析了织构参数对硅橡胶表面疏水性能的影响,得到各织构疏水性能最佳时的尺寸参数及水滴弹跳性能。结果表明:设计的表面织构可明显改善硅橡胶表面疏水性能;不同织构疏水性最佳时织构高度基本相同,但织构宽度和间距参数不同。凸起织构相较于凹坑织构表现出了更好的疏水性能,其中菱柱织构表面具有最优的超疏水综合特性,能够有效的减少水滴在表面的停留,减少覆冰。

关键词: 硅橡胶; 激光雕刻; 织构参数; 超疏水性; 最佳织构

中图分类号: TG174.4; TG665

文献标志码:A

文章编号:1007-9289(2019)01-0012-10

Effects of Texture Parameters on Surface Hydrophobicity of Silicone Rubber Composite Insulator

ZHAO Meiyun^{1,2}, TIAN Sen¹, WU Yang¹, LI Wei¹, ZHAO Xinze¹

(1. Hubei Key Laboratory of Hydroelectric Machinery Design & Maintenance, China Three Gorges University, Yichang 443000, China; 2. National United Engineering Laborary for Advanced Bearing Tribology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

Abstract: To improve the resistance of silicone rubber composite insulator to pollution flashover and ice flashover, a series of different textures with different parameters were processed on the surfaces of umbrella skirt samples via laser engraving to make them being superhydrophobic. The morphological characteristics of the textured sample surfaces were observed by three-dimensional profilometer and SEM. The hydrophobicity was analyzed by the contact angle measuring instrument and the high-speed camera system. The effect of different texture parameters on the hydrophobicity of silicone rubber was analyzed and the optimal dimensional parameters and the droplet bounce performance were obtained when the textured surfaces had the best hydrophobicity. Results show that the designed textures can obviously improve the hydrophobicity of the silicone rubber surface. The height of different textures is basically the same in the best superhydrophobic state, however, other size parameters of the textures are different. The convex textures show better super-hydrophobicity than that of the concave textures. The diamond column textured surface has the best superhydrophobic comprehensive characteristics, which can effectively reduce the staying time of the water droplets on the surface and reduce icing.

Keywords: silicone rubber; laser engraving; texture parameters; superhydrophobicity; optimal texture

收稿日期: 2018-10-12; 修回日期: 2019-01-10

通信作者:赵新泽 (1964—),男 (汉),教授,博士;研究方向:摩擦学及表面工程; E-mail: xzzhao@ctgu.edu.en

基金项目: 国家自然科学基金 (51605254, 51475264), 高端轴承摩擦学技术与应用国家地方联合工程实验室开放基金 (201811)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (51605254, 51475264) and Project National United Engineering Laboratory for Advanced Bearing Tribology (201811)

引用格式: 赵美云,田森,吴阳,等. 织构参数对复合绝缘子硅橡胶表面疏水性能的影响[J]. 中国表面工程, 2019, 32(1): 12-21. ZHAO M Y, TIAN S, WU Y, et al. Effects of texture parameters on surface hydrophobicity of silicone rubber composite insulator[J]. China Surface Engineering, 2019, 32(1): 12-21.

0 引 言

硅橡胶以其良好的绝热绝缘性、耐腐蚀、耐 污秽、抗震及便于加工等优点而被广泛应用于航 空航天、医疗器械、汽车及电力电子等领域^[1-3]。 在很多工况下要求硅橡胶部件具有良好的疏水 性,尤其对于输电线路中的复合绝缘子,为减少 发生表面积污闪络及覆冰闪络故障,通常希望其 疏水性越高越好。

近年来,许多学者开展了制备超疏水表面的 方法研究,如化学刻蚀法[4]、溶胶-凝胶法[5-6]、静 电纺丝法^[7]、等离子体处理技术^[8]和涂层法等,由 于硅橡胶的物理化学性质影响、制备超疏水硅橡 胶表面应用最多的是涂层法。但正如 Kulinich 等 人所提出的疑问,超疏水涂层是否能够真正的防 冰,涂层的超疏水性能够保持多久[8-10]。涂层与基 底的易分离性及超疏水微粒的易脱落性使涂层法 在工作条件恶劣的复合绝缘子上的应用十分有 限。许多学者也研究了通过加工表面微织构来实 现超疏水的方法。如王仁伟等问通过在硬质合金切 槽车刀表面加工微织构,研究表明织构在一定程 度上降低了刀具温度、刀具磨损速率和切削加工 消耗功率,提高刀具性能和降低能量消耗;陈帅¹⁰ 通过在三氧化二铝基陶瓷材料表面加工织构,使 材料摩擦因数减小,且表现出了更加优良的减摩 性能; 占彦龙等[11]利用 CO2 激光加工在聚四氟乙 烯表面构造微织构,改善了材料表面浸润性,使

材料具备了超疏水性能; Sani Le Clear 等^[12]通过在 疏水化处理后的硅晶片表面加工方柱形与槽形织 构,得出织构间隙空气是影响倾斜超疏水表面润 湿转变的主要原因。硅橡胶本身就是一种低表面 能的疏水材料,通过构造表面织构改善其疏水性 能,从理论上具有可行性。因此这里提出直接在 复合绝缘子硅橡胶表面设计加工超疏水织构的 方法。

文中通过激光雕刻机在复合绝缘子硅橡胶表 面加工不同类型不同尺寸的织构,研究织构形貌 参数对表面疏水性能的影响,得到不同织构疏水 性能最佳时的表面参数,并分析液滴在不同织构 表面的弹跳性能。研究成果对设计具有疏水防冰 功能的新型绝缘子,避免重大冰灾事故的发生具 有一定的理论意义和应用价值^[13-14]。

1 试 验

1.1 试样预处理

选取复合绝缘子伞裙硅橡胶为试验对象,切 取 25 mm×25 mm 尺寸样品。用酒精擦洗干净,然 后用去离子水冲洗,干燥待用。

1.2 表面织构制备

采用激光雕刻机 D80M 多功能激光雕刻机 (激 光器参数:定位精度为 100 μm,激光波长为 10.64 μm,最大平均功率 60 W)在样品表面雕刻 出不同织构。如图 1 所示,选取方柱、方孔、圆



Fig.1 Models of surface textures

孔、横向槽、波纹槽、菱柱为表面织构形状。每种 织构的宽度 *a*(直径 Φ)选取 200、300、400、 500 和 600 μm 5 个等级;间距 *b* 选取 200、300、 400、500 和 600 μm 5 个等级。

由于该激光雕刻机主要通过速度v和功率 P来控制深度,文中通过功率P来改变深度。经 过多次试验,选取功率为15、25、35、45和55W 这5个等级,加工得到各织构参数如表1所示。 对加工得到的试样用酒精超声清洗5min,再用去 离子水冲洗,干燥待用。

采用 Nanovea 三维非接触式表面形貌仪、JSM-

Table 1 Parameters of the designed textures					
Width, $a\left(arPhi ight) / \mu$	m Spacing, <i>b</i> / μm	Power, P / W			
200	200				
300	300				
400	400	15-55			
500	500				
600	600				
200		35			
300		35			
400	200-600	35			
500		35			
600		35			

表1 表面织构参数指标

7500F型扫描电子显微镜观察分析织构表面微观 形貌;采用超景深三维显微系统 VHX-2000C、 JY-PHB型接触角测量仪、千眼狼 2F04M 高速摄 像系统进行织构参数对疏水性能的影响分析。

2 表面织构形貌

图 2 为激光织构化处理后的试样表面三维形 貌重构图。其中,加工参数为:功率 35 W,各织 构宽度(直径)300 μm 及间距300 μm,由图可 知,各织构基本保持设计形貌,凹坑深度基本一 致,验证了激光加工的一致性及可行性。图3为 方柱、方孔、菱形织构在不同放大倍数下的 SEM 微观形貌,可观察到各织构的微米结构上都 存在着大量直径为几百纳米的固体颗粒,部分颗 粒聚集在一起形成一定的团状结构,且团状结构 间有大量微米级的孔洞。

微米级织构与纳米级颗粒及团状结构在硅橡 胶表面形成了微纳二级结构。当水滴落在织构表 面上,空气存储在这些分层结构及间隙中,形成 一定的气囊,减小水滴和表面接触面积,且由于 硅橡胶本身的低表面能,水滴基本呈球形,并易 滑落,从而达到超疏水的目的。当环境温度降低 时,此结构可减小水滴与表面的热交换效率,在 一定程度上延缓结冰。



Fig.2 3D profile of the textured surfaces



(a1) Square column

(b₁) Square hole



(a₂) Magnification of (a₁)

(b₂) Magnification of (b₁)

(c₂) Magnification of (c₁)

图 3 不同织构表面微观形貌 Fig.3 Microstructure of different textured surfaces

织构参数对硅橡胶表面疏水性能影响 3

3.1 织构高度对表面疏水性的影响

图 4(a) 为加工功率分别为 15、25、35、45 和 55 W, 织构宽度和间距为 300 µm 时方柱状织构 表面超景深扫描图。随着加工功率的增加, 柱状 体高度不断增大,表面析出白色物质;当加工功 率超过 35 W 时,由于激光功率过高,表面发生烧 **蚀现象,出现不同程度的孔洞,且孔洞随着功率** 的增加越来越多、越来越深。不同功率下的织构 高度如表2所示。

图 4(b) 为不同功率下的 SEM 微观形貌,可见 当加工功率 P 为 15 W时,表面较光滑;当功率增 至 35 W, 表面出现浅坑; 当功率增加到 55 W, 表面破坏十分严重,出现大量的孔洞,同时表面 材料因温度过高而发生卷曲。

图 5 和图 6 为各织构宽度与间距相等时,表 面水接触角和滚动角与织构高度的关系。从图中 可知,对于每一种织构,接触角和滚动角的变化 趋势基本一致: 当织构宽度 (直径)为 200 µm 时, 随着织构高度的增加,接触角不断增大;当宽度 (直径)超过 300 µm,随着高度的增大,接触角先 增大,然后开始下降,且接触角为最大值处织构

高度为 270 或 345 µm。相较于接触角, 滚动角的 变化规律更加明显,对于每一种织构,无论宽度 (直径)如何变化,随着织构高度的增加,滚动角 均呈现出先下降后上升的趋势,且滚动角最小值 都出现在织构高度 270 μm 处。因此,考虑疏水性 综合最优,可认为高度为 270 µm 为最理想织构高 度,此时对应的激光加工功率为35W。

由上述分析可知,复合绝缘子硅橡胶表面疏 水性随着织构高度的增加先增强后变弱。

其机理可以通过图 7 说明。如图 7(a) 所示, 当织构高度过低时,此时织构间隙中储存的空气 不足以支撑起水滴,当水滴落在织构表面时部分 进入织构间隙,使得接触角变小;此时,由于部 分液体进入织构间隙中,织构对液滴产生一定的 阻力,即使试样倾斜较大的角度,液滴也难以滚 落,因此滚动角较大。当织构高度逐渐增大时, 织构间隙中储存了足够的空气可以支撑起水滴, 如图 7(b) 所示,水滴'悬浮'在织构上,使得接触 角大幅增加;此时,试样只需要倾斜很小的角 度,液滴就可以轻松地滚落。当增大激光功率, 织构高度进一步增加,此时试样表面发生烧蚀现 象,出现了大量的孔洞,使织构间的间隙相对变 大,如图 7(c) 所示,水滴落在表面时,由于织构

£17

~

345

Height,

435 345

270 ×

Height,

200 200

111

80

200

270



(a) Super depth scanning image under different powers



(b) SEM morpholegies under different powers

图 4 不同功率时方柱织构表面微观形貌

Fig.4 Microscopic topographies of the square column texture surfaces under different powers

表 2 不同功率对应织构的深度

Table 2	Texture height	corresponding to different power

Parameters	Values				
Power, P / W	15	25	35	45	55
Average height, d / µm	81.2	184.5	271.0	345.7	434.2
Integer height, $h / \mu m$	80	185	270	345	435

间的空隙太大,部分液体进入织构间隙,液滴无 法维持圆球状,接触角也相应的变大;此时,由 于部分液体被吸进表面的孔洞中,孔洞因为液体 的密封而出现内外压差,即使大幅度增大试样倾 角,液滴也较难滚落,即滚动角增大。

150

145

140

135

155

150

145

140

135 **6**00

500

Contact angle / (°)

130 ***** 600

500

400

Diameter, $\Phi/\mu m$

(c) Contact angle of circular hole texture

300

Contact angle / (°)



(a) Contact angle of square hole texture



(d) Contact angle of transverse groove texture



(b) Contact angle of square column texture



(e) Contact angle of corrugated groove texture

(f) Contact angle of diamond column texture

300

400

Width, $a / \mu m$

图 5 不同织构表面接触角随织构高度的变化







(d) Sliding angle of transverse groove texture



(b) Sliding angle of square column texture



(e) Sliding angle of corrugated groove texture



60

50

40

30 20

Sliding angle / (°)



图 6 不同织构表面滚动角随织构高度的变化

Fig.6 Change curves of SAs of different tentured surfaces with the texture height



Fig.7 Influence of the texture height on CA and SA

3.2 织构尺寸和间距对表面疏水性的影响

图 8 和图 9 为加工速度 75 mm/s,加工功率 35 W 时,不同织构表面接触角和滚动角随织构宽度 a (直径 Φ)及间距 b 变化曲线。由图可知,对于方 柱、圆柱和菱柱等凸起织构,当间距 b 保持不变 时,接触角基本随着织构宽度 a (或 Φ)的增加而 减小,滚动角随着织构宽度 a (或 Φ)的增大而增 大;当织构宽度 a (或 Φ)保持不变时,接触角随 着间距 b 的增大而先增大后减小,滚动角随着间 距 b 的增大先减小后增大。对于方孔、圆孔类凹 陷织构,当间距 b 保持不变时,接触角随着织构 尺寸 a (或 Φ)的增加先增大后减小,滚动角则明 显地先减小后增大。当织构宽度 a (或 Φ)保持不 变时,随着间距 b 增大,接触角呈现稍微增大后 快速减小的趋势,滚动角相应地稍微减小后快速 增大。经过比较得到不同织构疏水性能最佳时的 织构尺寸及间距参数如表3所示。可以发现,当 所有类型织构疏水最佳时,菱柱形织构表面水滴 接触角最大,滚动角最小,疏水性能最优。

图 10 为以凸起织构为例定性分析织构尺寸和 间距对表面接触角、滚动角的影响。可见当织构 间距远小于织构宽度(直径)时,只有很少量的液 体与间隙中的空气接触,绝大部分液体直接作用 在凸起实体上,并在实体表面铺展,所以接触角 较小;而因为液滴在表面发生铺展,粘附力大, 所以液滴滚动角较大。当织构尺寸和间距合理搭 配, 液滴'悬浮'于织构表面, 此时接触角很大, 滚 动角很小。当间距远大于织构宽度(直径)时,液 滴由于其自身的重力、流动性以及表面张力的作 用,大量液滴会进入空隙中,使得液滴发生严重 的变形,不再呈现出圆球状,接触角减小;此 时,由于织构对液滴产生极大的阻力,即使试样 倾斜很大角度,液滴也不易滚落下来。另外,相 较于凸起织构,凹陷织构的疏水性明显差一些, 究其原因是液滴落在凹陷织构表面,由于其自身 重力和表面张力的作用,织构空隙密封而产生内

 $\hat{\Phi} = 500$



(d) Contact angle of transverse groove texture

图 8

(e) Contact angle of corrugated groove texture

不同织构表面接触角随织构宽度 (直径)和间距的变化

Fig.8 Change curves of CAs of different textured surfaces with the texture width (diameter) and the spacing



Change curves of SAs of different textured surfaces with the texture width (diameter) and the spacing Fig.9

外压差,织构表面会对液滴产生吸附力而产生变 形,接触角会相应的变小;同时由于内外压差的 作用, 液滴需要克服更大的阻力才能'摆脱'织构表 面而滚落。

(f) Contact angle of diamond column texture

Contact angle / (°)

表 3	不同织构表面最优疏水状态下的织构参数

Texture type		Square column	Square hole	Circular hole	Transverse groove	Corrugated Groove	Diamond column
CA		154.0°	152.0°	151.3°	153.5°	155.0°	156.0°
SA		4.3°	6.5°	6.3°	4.6°	4.0°	3.7°
	P/W				35		
Optimal parameters	<i>a /</i> µm	300	300	400	300	200	300
	b/μm	400	200	200	300	300	400

Table 3 Textures parameters under optimal super-hydrophobicity



Fig.10 Influence of the texture width and spacing on CA and SA

3.3 液滴在织构表面弹跳性能

液滴在织构表面的弹跳性反映了液滴与表面 织构的粘附程度。图 11 记录了液滴从距离表面 15 cm 处自由降落于原始无织构及几种最优参数织 构表面的过程。

由图 11(a) 可知, 液滴落在无织构原始表面, 在表面铺开,后有向上弹起趋势,但没有离开表 面,几次振荡后在表面形成一个半球,说明了液 滴与表面的粘附力很大;当液滴落在其他织构化



图 11 液滴落在原始及最佳参数织构化表面过程的瞬时快照

Fig.11 Instantaneous snapshots of droplets falling on original and different optimal textured surfaces

表面时,如图 11(b)~(e) 所示,碰撞后在表面铺 展,由于液体表面张力的作用重新聚集,并且有 向上溅射的趋势,经过几次振荡后形成近似球 形,其中,液滴没有离开圆孔和横向槽织构表 面,在波纹槽及菱柱织构表面,液滴成近似球状 从表面弹起,几次弹跳后,最终以球状停留在表 面,且液滴在菱柱织构表面上弹起次数最多,高 度最高,说明菱柱织构硅橡胶表面粘附力最小, 疏水性能最佳。

3.4 织构化表面延迟覆冰性能分析

图 12 为环境温度-10 ℃时,40 μL 的液滴在 原始硅橡胶表面及各最优参数织构化表面的接触 角和完全结冰时间。由图可见,即使在-10 ℃ 下,相较于液滴在原始无织构硅橡胶表面 56.3°的 接触角,在各织构化表面的接触角均大于 90°,织 构表面仍具有良好的疏水性能。当液滴持续暴露 于此温度下时,原始伞裙表面上的液滴于 103 s 时完全凝结成冰,而在凹形织构表面液滴完全结 冰时间大于 130 s,在凸形织构表面液滴完全结冰 时间大于 150 s,其中在菱柱织构表面上液滴完全 结冰时间最长,为 172 s。可知,相同温度下,液 滴在表面的接触角越大,液滴与表面的实际接触 面积越小,结冰时热交换效率越低,完全结冰时 间就越长。因此,织构化表面有明显的延缓结冰 效果,且凸织构比凹织构延缓结冰效果更佳。



图 12 -10℃ 下液滴在原始及最优参数织构化表面的接触角与 结冰时间

Fig.12 Contact angles and freezing time of the droplet on original and optimal parameters textured surface at -10 °C

4 结 论

(1)通过激光雕刻机在硅橡胶表面加工不同类型织构,可获得微纳二级结构表面,合理的结构

(2) 织构高度对不同织构硅橡胶表面疏水性能 影响规律一致,随着高度的增加,疏水性先增大 后减小,且不同织构的最佳疏水高度基本相同, 为加工功率为 35 W 时获得的织构高度 270 μm;

(3) 织构宽度 (直径) 与间距参数对不同类型织 构表面疏水性能影响不同,根据其变化规律可得 到各织构表面疏水性最佳时的织构参数。相较于 凹陷类织构,凸起类织构表现出了更好的疏水 性能。

(4) 在各织构表面为最佳疏水参数时,菱柱织 构表面接触角最大,滚动角最小。液滴在菱柱织 构表面弹起高度最高且次数最多,说明液滴与织 构间的粘附力最小,也就越有利于减少覆冰。在 低温下凸形织构表面仍具有良好的疏水效果,且 可以明显的延缓表面结冰。综合分析可知,菱柱 织构为最佳的疏水表面织构。

参考文献

- [1] SEYEDMEHDI S A, ZHANG H, ZHU J S. Influence of production method, silicone type and thickness on silicon rubber superhydrophobic coatings[J]. Progress In Organic Coatings, 2016, 90: 291-295.
- [2] KUMAR V, LEE D J. Studies of nanocomposites based on carbon nanomaterials and RTV silicone rubber[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2017, 134(4): 44407.
- [3] WANG L, HUANG R H, ZHOU B Q, et al. Carbon fibers modified with silicone peroxide containing vinyl groups for silicone rubber reinforcement[J]. Materials Letters, 2016, 176: 38-41.
- WEI Y H, WANG H Y, LIANG M M, et al. Preparation and corrosion-resistance of super-hydrophobic Mg alloys[J].
 Rare Metal Materials & Engineering, 2017, 46: 4006-4011.
- [5] HU Y M, LIU S, HUANG S Y, et al. Preparation and effect factors of TiO₂ superhydrophobic coating[J]. Rare Metal Materials & Engineering, 2011, 40: 469-471.
- [6] CHEN X D, CHEN Y F, JIN T, et al. Fabrication of superhydrophobic coating from non-fluorine siloxanes via a one-pot sol-gel method[J]. Journal of Materials Science, 2018, 53(16): 11253-11264.
- [7] 王帅. 静电纺丝法制备功能性超疏水材料[D]. 长春: 吉林 大学, 2013.

WANG S. Preparation of functional superhydrophobic materials by electrostatic spinning[D]. Changchun: Jilin University, 2013 (in Chinese).

[8] 杨迟, 谢应明, 殷勇, 等. CF4 等离子体改性超疏水膜蒸馏

膜材料[J]. 膜科学与技术, 2014, 35(5): 4-8.

YANG C, XIE Y M, YIN Y, et al. CF₄ plasma modified superhydrophobic membrane distillation film material[J]. Membrane Science & Technology, 2014, 35(5): 4-8 (in Chinese).

- [9] 王仁伟, 邵芳, 何玲. 硬质合金切槽车刀表面织构设计及性 能分析[J]. 工具技术, 2017, 51(6): 72-74.
 WANG R W, SHAO F, HE L. Surface texture design and performance analysis of cemented carbide slotting tool[J].
 Tool Technology, 2017, 51(6): 72-74 (in Chinese).
- [10] 陈帅. Al₂O₃ 基陶瓷材料表面织构的制备及其摩擦磨损特 性研究[D]. 济南: 山东大学, 2017.

CHEN S. Preparation and Tribological Properties of surface texture of Al₂O₃ based ceramics[D]. Jinan: Shandong University, 2017(in Chinese).

[11] 占彦龙,李文,李宏,等.激光微加工技术制备浸润性可控 聚四氟乙烯超疏水表面[J].高分子材料科学与工程,2018, 34(4):147-151. ZHAN Y L, LI W, LI H, et al. Preparation of infiltrated controllable polytetrafluoroethylene superhydrophobic surface by laser micro machining technology[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2018, 34(4): 147-151 (in Chinese).

- [12] SANI L C, JOHNNATHON L C, ABHIJEET, et al. Drop impact on inclined superhydrophobic surfaces[J]. Journal of Colloid & Interface Science, 2016, 461: 114-121.
- [13] JIN Z Y, SUI D Y, YANG Z G. The impact, freezing, and melting processes of a water droplet on an inclined cold surface[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2015, 90: 493-453.
- [14] 蒋兴良, 潘杨, 汪泉霖, 等. 基于等效直径的复合绝缘子覆 冰特性与结构参数分析[J]. 电工技术学报, 2017, 32(7): 190-196.

JIANG X L, PAN Y, WANG Q L, et al. Analysis of icing characteristics and structural parameters of composite insulators based on equivalent diameter[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2017, 32(7): 190-196 (in Chinese).

第十一届全国青年表面工程学术会议将在北京召开

2019年4月26—28日,由中国机械工程学会表面工程分会主办的"第十一届全国青年表面工程学术 会议"将在北京召开。全国青年表面工程学术会议先后在银川、重庆、苏州等地成功举办了10届,会议规 模已逾600人。会议将通过学术研讨、技术交流、产品展示等方式交流我国表面工程与再制造工程研究和 应用方面取得的最新成果和进展。

会议以国家、国防重大需求为牵引,面向一带一路、循环经济、军民融合等国家战略,为全国表面工 程青年工作者提供交流平台。热忱欢迎全国从事表面工程研究及应用的高等院校、科研机构、企事业单位 人员踊跃参会,展示、交流最新研究成果,共同促进我国表面工程与再制造工程的科技进步和产业发展。

会议设大会主旨报告、特邀报告、分会报告、展览交流等多种形式。大会的主题是"面向军民融合的 表面工程与再制造工程"。会议征文范围包括表面工程研究和应用的各个方面,主要专题(不限)如下: ①表面工程基础理论、表界面科学;②物理气相沉积和化学气相沉积薄膜技术;③电/化学沉积、阳极/微 弧氧化等液相表面处理技术;④喷涂与复相沉积;⑤化学表面热处理、三束(激光束、电子束、等离子 体)材料表面改性技术;⑥氮化、渗碳、三束等材料表面改性技术;⑦功能薄膜(光、电、磁功能薄 膜);⑧有机涂层技术;⑨分子薄膜、微纳表面工程;⑩摩擦、磨损与润滑;⑪腐蚀与防护技术;⑫生物 表面工程等。

会议征集的论文,组委会将统一处理,对出版期刊要求高的,可推荐到《中国表面工程》、《材料保护》等期刊;对时间要求紧迫的,可以在《表面工程与再制造》上与会议同期发表。将论文摘要或全文电子版提交到会议网站 http://youth.bmgc.org 或指定邮箱: surface2019@163.com

(本刊编辑部供稿)