

Typical research data using Bruker 3D OM

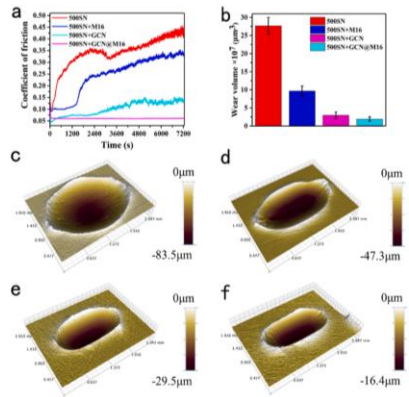
He Huang
June 2022



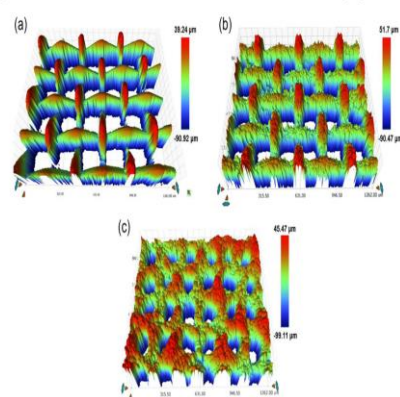
Outline

- 01 Application gallery
- 02 Why is Bruker 3D OM used
- 03 Specific research examples by application
- 04 Other

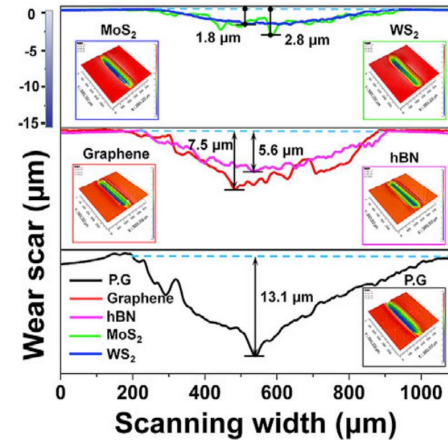
What are the typical data for top 8 applications by 3D OM?



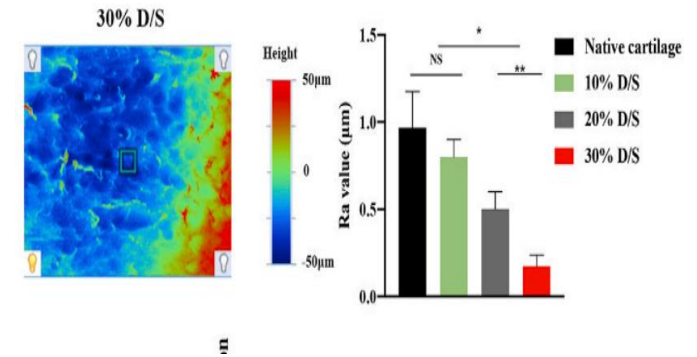
Tribology



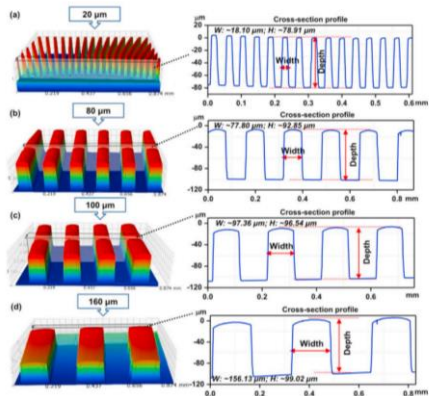
Surface property



Lubrication



Medical device



Micro manufacture & Precision machining

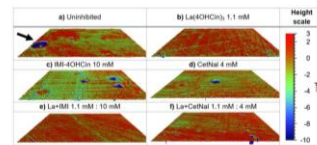
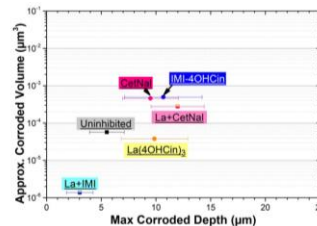
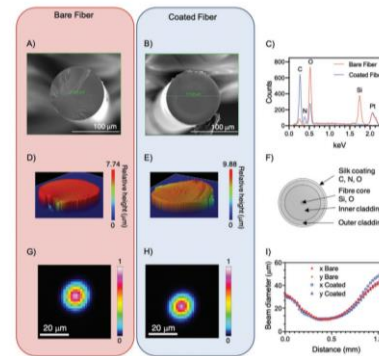


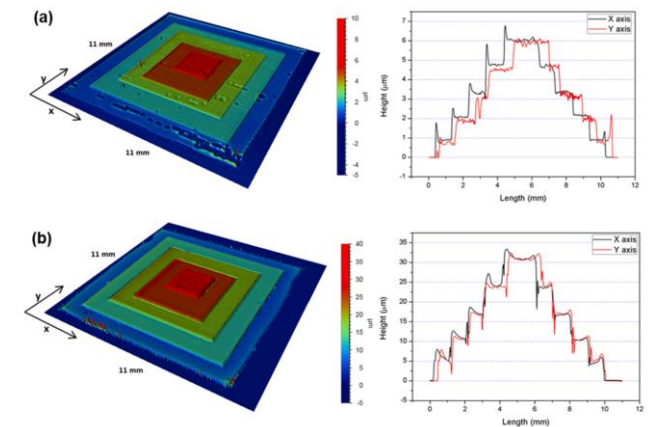
Figure 8. Representative 3D surfaces after a 24 hour immersion obtained from the optical profiler for the (a) Uninhibited, (b) La(OH)3, (c) La(OH)3 + MI, (d) La(OH)3 + Ce, (e) La(OH)3 + Ce + MI, (f) La(OH)3 + Ce + MI + Ce. Deep 100 stacked slices are distinguishable by their deep blue color scale as indicated by the arrow.



Corrosion



Function materials



Additive Manufacturing

Why is Bruker 3D OM used for above research? - I

- **1, Tribology:** Quantify wear volume, depth/width of wear track, evaluate precisely without contact; even for wear mechanism studying together with SEM sometimes
- **2, Surface property:** Quantify surface texture/structure for studying Superhydrophobic, Surface Morphologies & Gloss Appearance, Antifouling, Oil/water separation, Superoleophobicity, Self-cleaning, Wettability, Self-healing, Biocompatibility, Anti-icing
- **3, Lubrication:** Quantify wear volume, depth/width of wear track, morphology investigation
- **4, Medical device/Biomaterials:** in-situ, non-contact direct observation; 3D dimensions for Microfluidic device; Surface finishing of stents, implants, etc.; Morphology, roughness for studying Biodegradation, Antifungal Efficacy, Adhesion strength, Functionalized surface, Antibacterial, Osteogenic

Why is Bruker 3D OM used for above research? - II

- **5, Micro manufacture & Precision machining:** 3D dimensions of device/structures, quantify surface finishing for ultra precision machining method validation, parameter optimization; Frequently used in laser texturing, precision drilling, ablation, cladding, and single-point diamond turning, micro electroforming, injection molding, etc
- **6, Corrosion:** Quantify corrosion depth/profile, corroded volume, for studying pitting, cavitation erosion, fretting corrosion, microbiologically influenced corrosion, galvanic corrosion, tribocorrosion, erosion–corrosion
- **7, Function materials:** Film thickness, structure depth, roughness measurement for electronics/optical/etc film/coating
- **8, Additive Manufacturing:** Surface topography/morphology characterization, process optimization

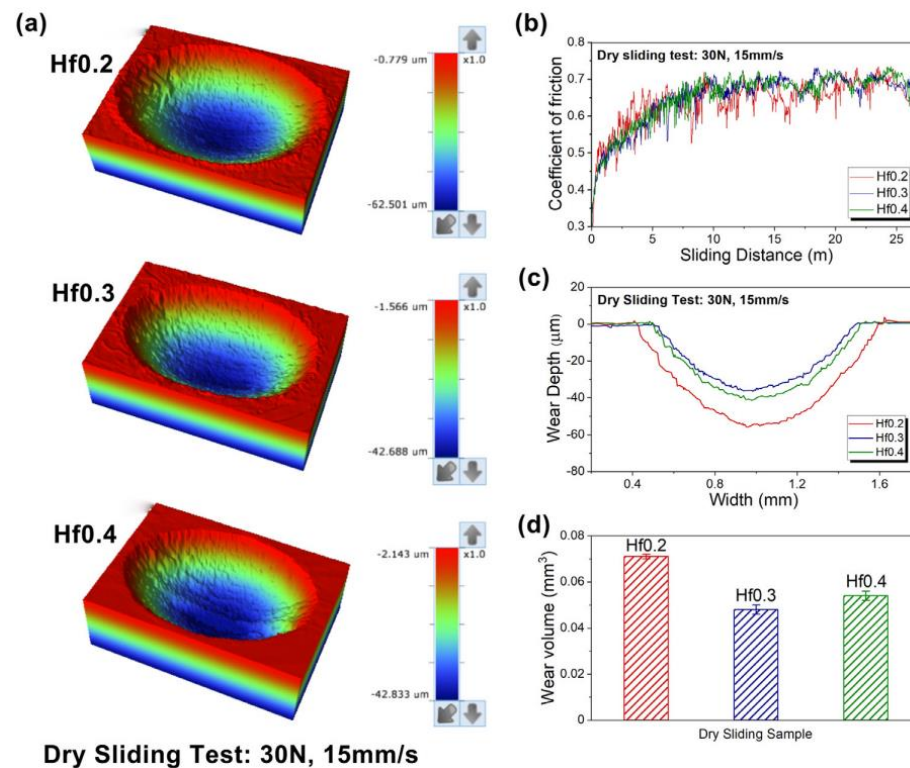
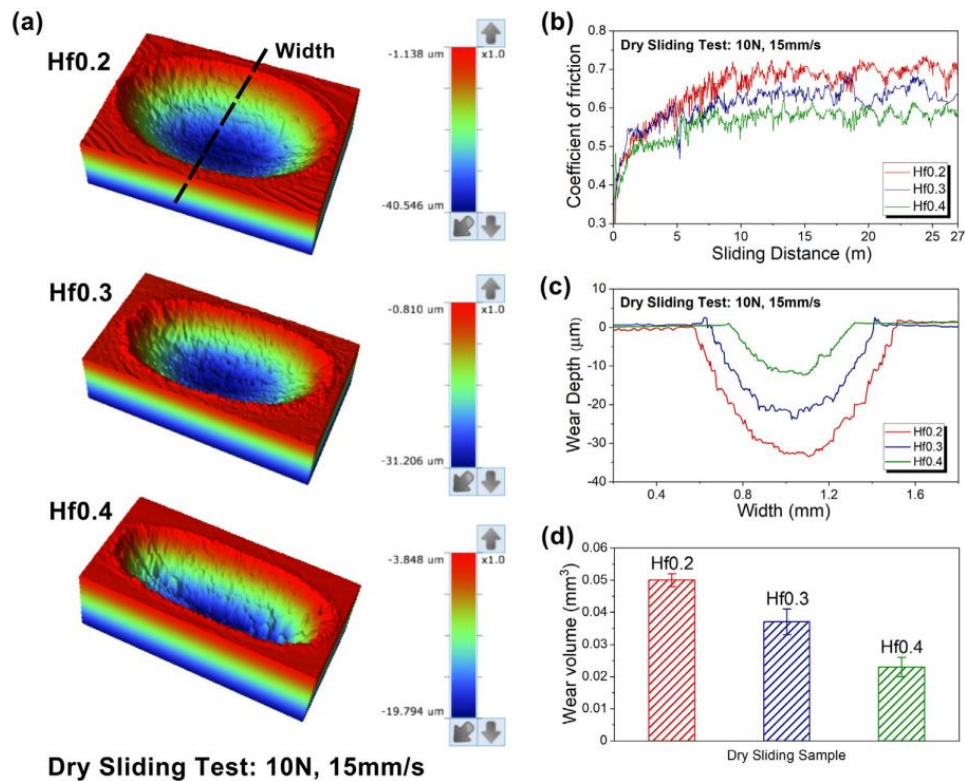
01

Tribology study: Wear track volume, profile

CoCrNiHf_x共晶中熵合金的力学和摩擦学性能

10N, 15mm/s

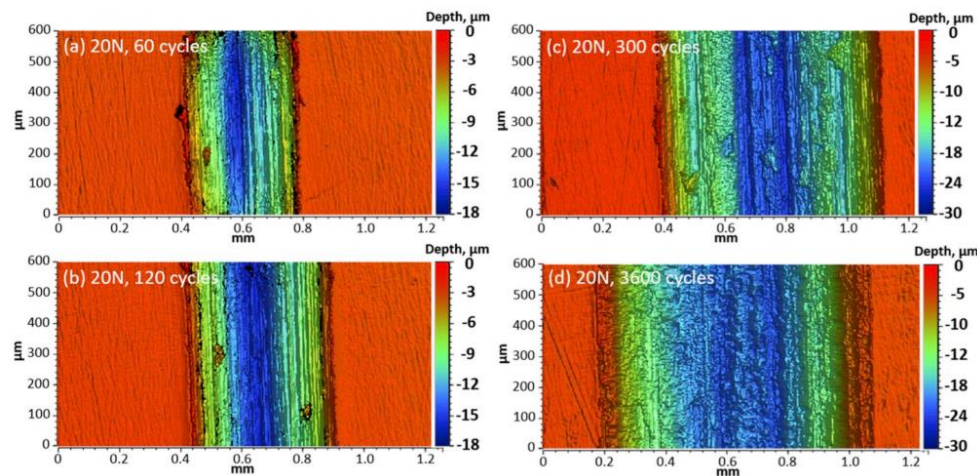
30N, 15mm/s



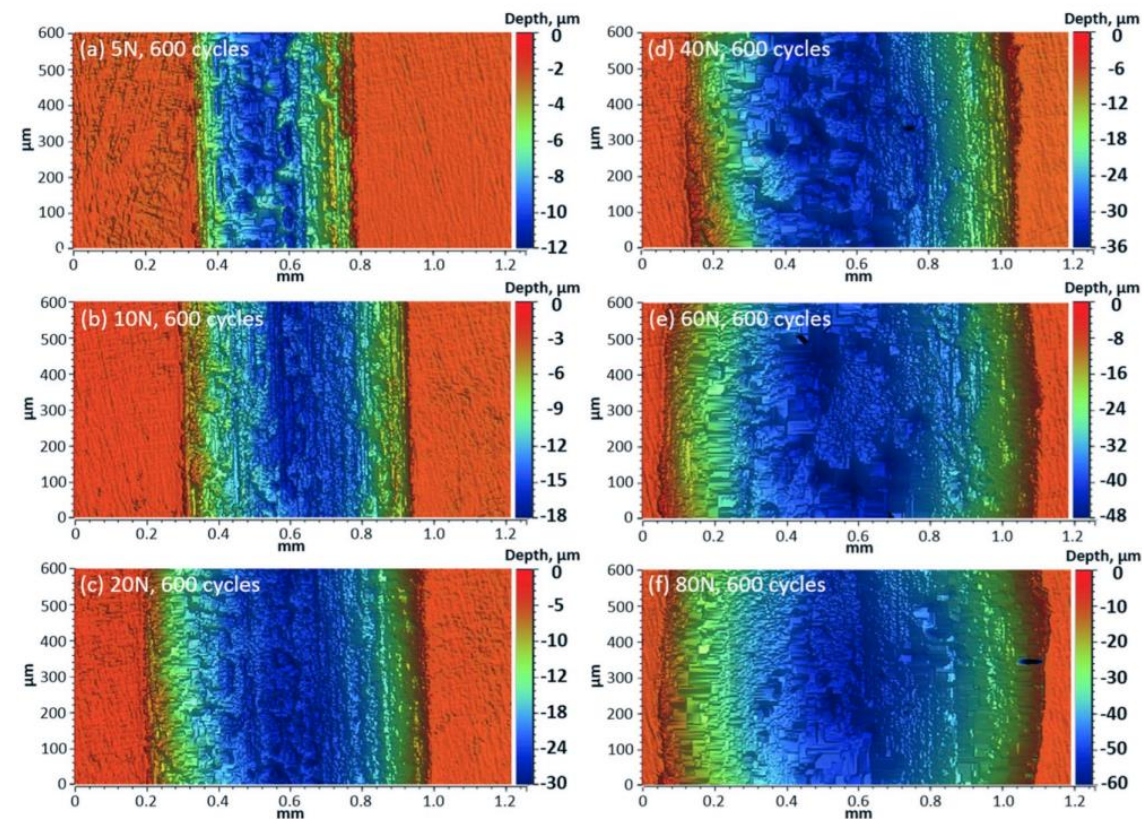
- 向CoCrNi合金中添加Hf引入层状共晶微观结构。
- 磨损行为在很大程度上取决于所施加的法向载荷。
- 10N时，Hf0.4可以抵抗塑性变形和磨料磨损，抗磨效果最佳。
- 30N时，全共晶CoCrNiHf 0.3 具有出色的强度和韧性组合，表现出最佳的磨损性能，因为它可以显著减少磨损过程中的断裂。

法向载荷和速度对CoCrFeNiMo0.2高熵合金干滑动摩擦学行为的影响 - I

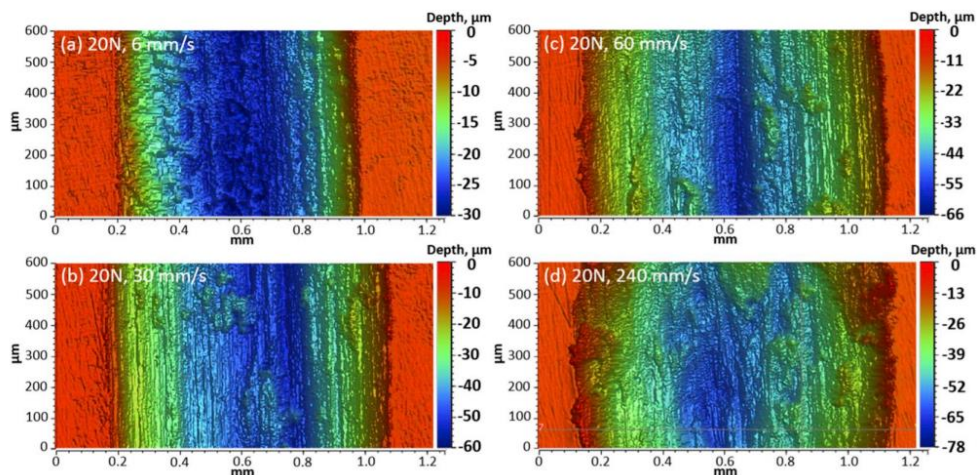
Cycle



Normal Load



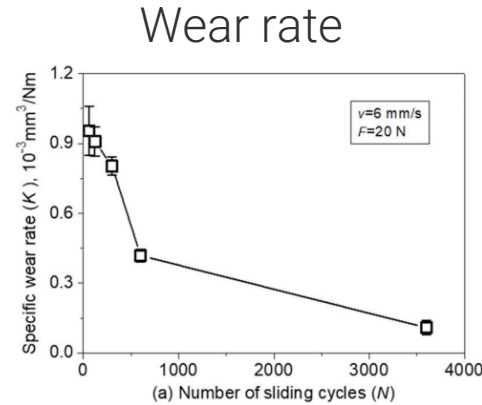
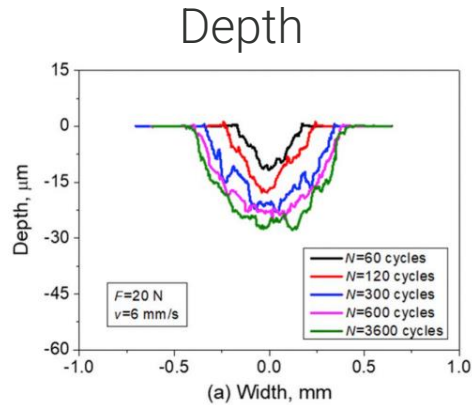
Sliding velocity



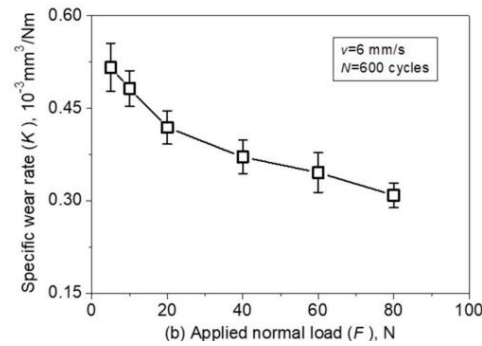
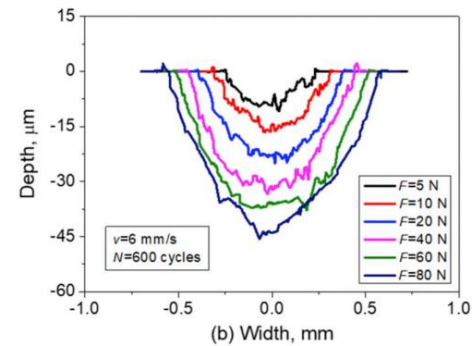
Tribology International 144 (2020) 106116

法向载荷和速度对CoCrFeNiMo0.2高熵合金干滑动摩擦学行为的影响 - II

Cycle

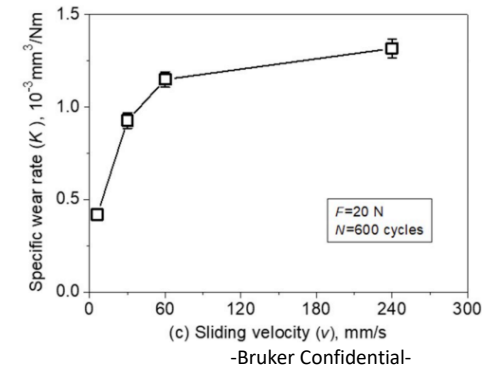
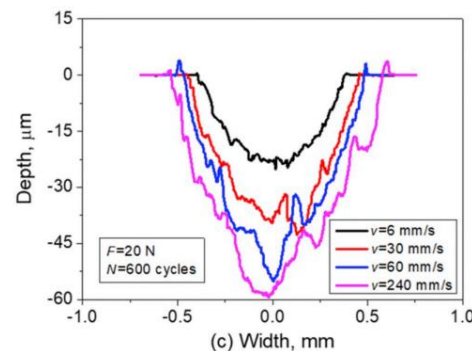


Normal Load



Archard's law
 $K=V/(F \times L)$

Sliding velocity

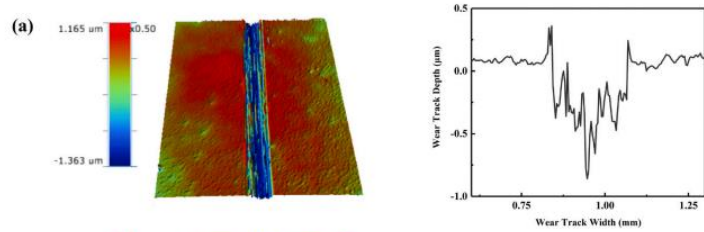


- 对CoCrFeNiMo0.2高熵合金的室温滑动摩擦学性能进行了系统的实验研究。
- 结果表明，其摩擦和磨损行为对滑动持续时间、法向载荷和速度有很强的依赖性。
- 载荷增加导致摩擦系数和比磨损率降低，而速度增加导致摩擦系数降低但比磨损率增加。
- 随着滑动持续时间和法向载荷的增加，主要的磨损机制逐渐从磨损和塑性变形转变为氧化磨损和分层。

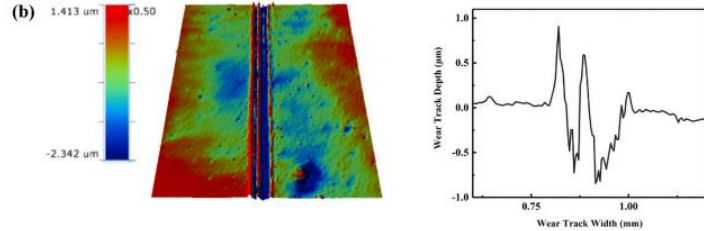
Tribology International 144 (2020) 106116

掺入碳和调整偏压，改善CrNbTiMoZr高熵合金涂层的机械和摩擦学性能

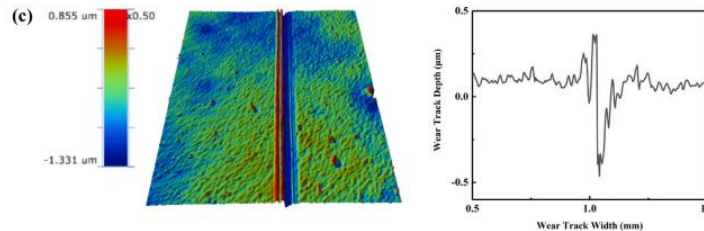
carbide coating
at 0 V



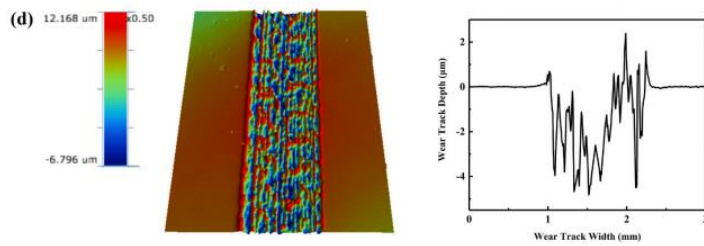
carbide coating
at - 100 V



carbide coating
at - 200 V

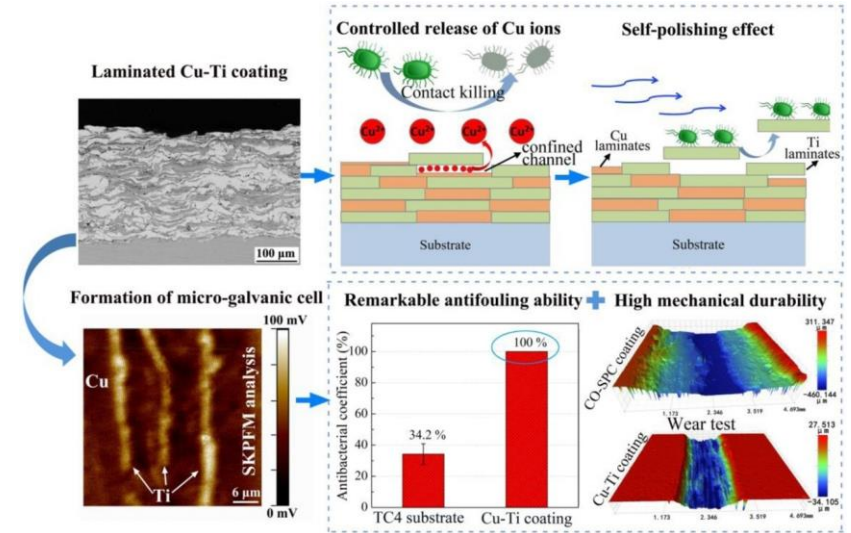
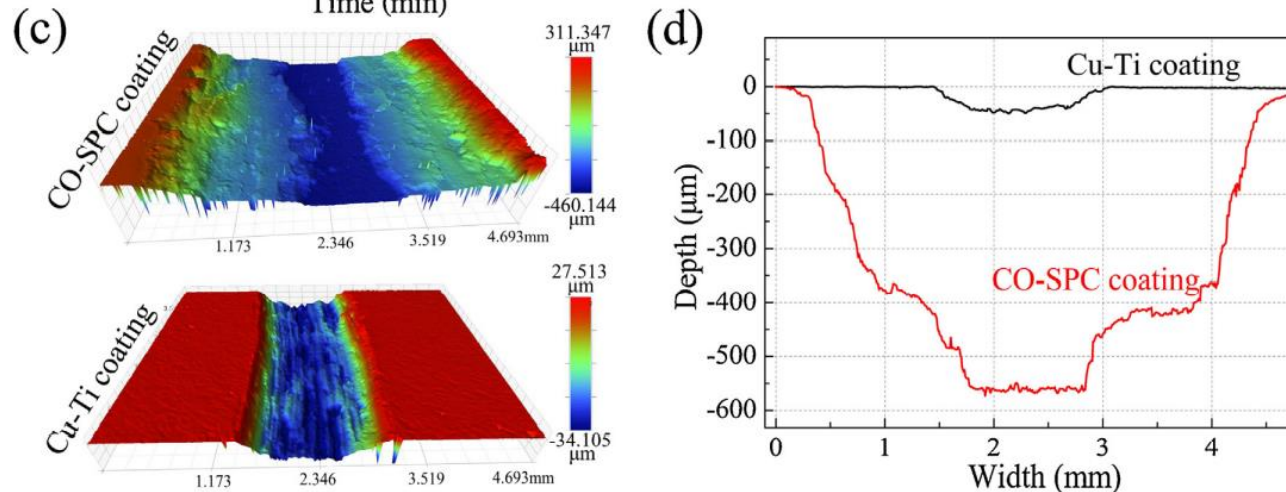
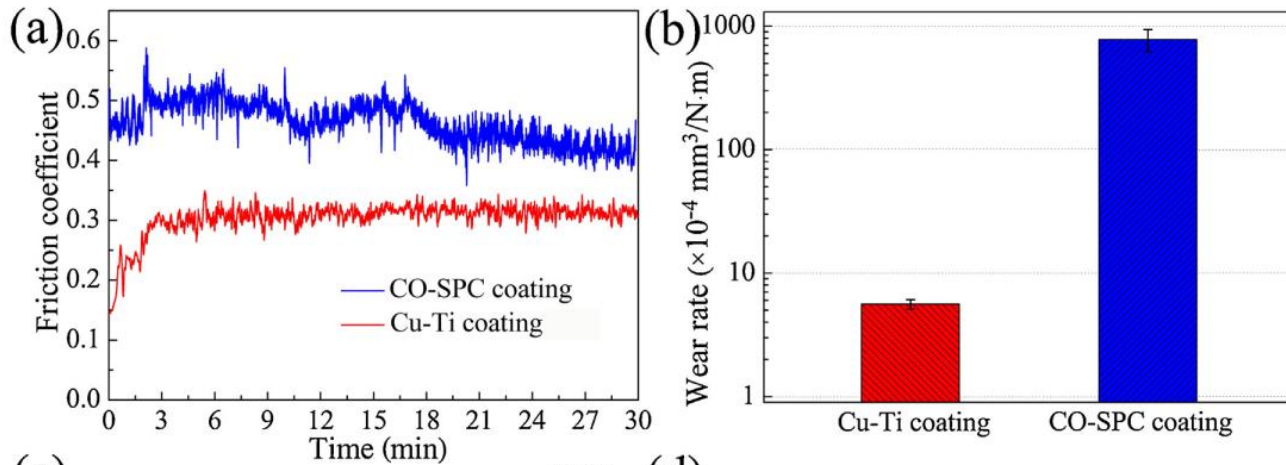


metallic coating
at - 200 V



- 使用直流磁控溅射，通过调节衬底偏置电压合成了一系列CrNbTiMoZr涂层。
- 在HEA碳化物涂层中观察到结构从无定形相向面心立方相的连续转变。
- 残余应力和硬度随衬底偏压单调增加。
- 碳的添加降低了HEA涂层的摩擦系数和磨损率。
- 在-200 V的条件下具有高硬度 (17.4 GPa) 的HEA碳化物涂层, 磨损率低至 $1.18 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

微米级Cu / Ti层压微结构设计的耐用自抛光防污Cu-Ti涂层



- 等离子喷涂机械混合的Cu / Ti粉末，开发了具有微米级交替交替的Cu / Ti叠层结构的Cu-Ti复合防污涂层。
- Cu层的连续溶解在Ti层表面形成微通道，有助于Cu离子释放实现自抛光。
- Cu-Ti复合涂料由于其强大的粘合强度，优异的机械性能和低两个数量级的磨损率而具有更高的机械耐久性。

Journal of Materials Science & Technology 79 (2021) 62–74

钛离子注入后M50钢表面的微观结构和摩擦学性能

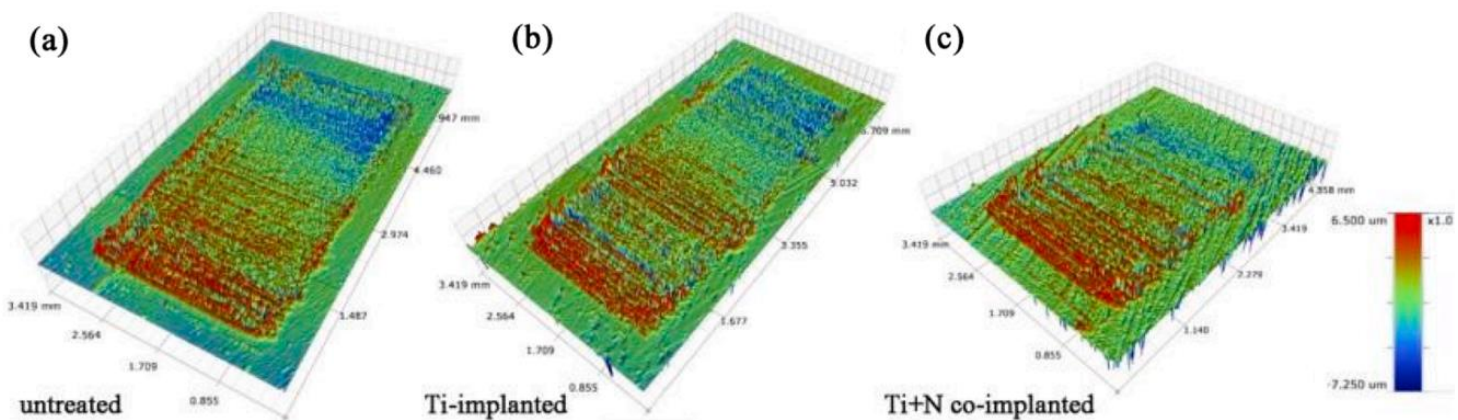
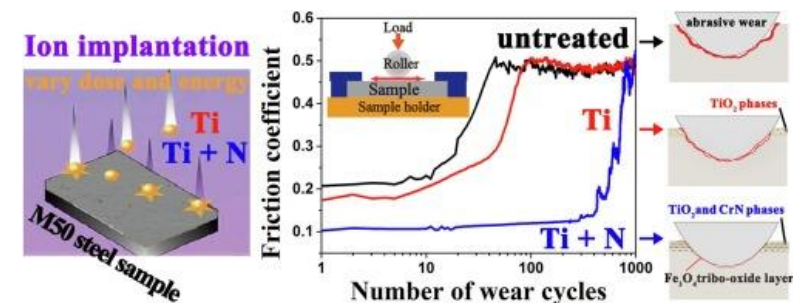


Fig. 9. Optical 3D morphologies for the wear scars of the (a) untreated sample, (b) Ti ion-implanted sample, and (c) Ti + N co-implanted samples.



- 不同能量和剂量的钛离子注入M50钢表面。
- 钛离子注入样品的化合物主要由钛和TiO₂组成。CrN 间隙化合物在钛和氮离子共注入后形成。
- 随着钛离子注入能量和剂量的增加，摩擦学性能得到有效改善。

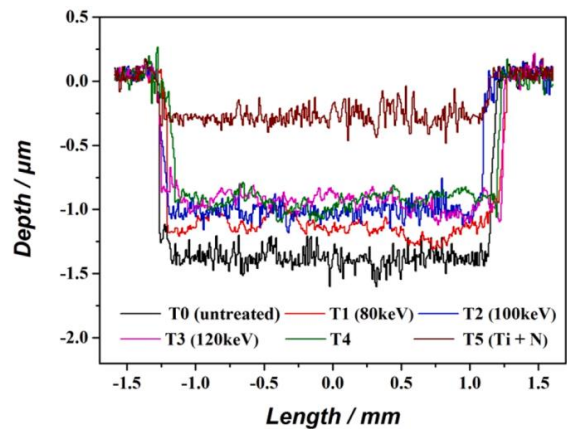


Fig. 13. 2D profiles of wear scar of untreated sample and implanted samples.

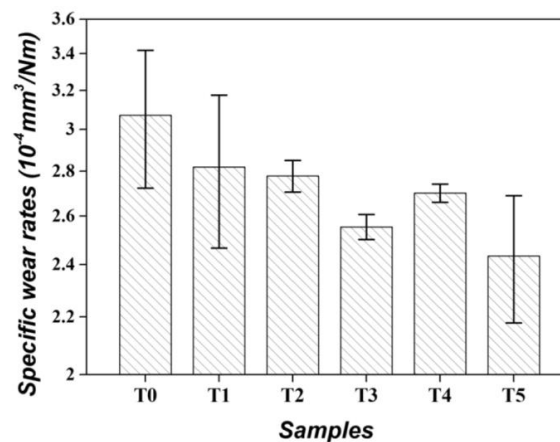
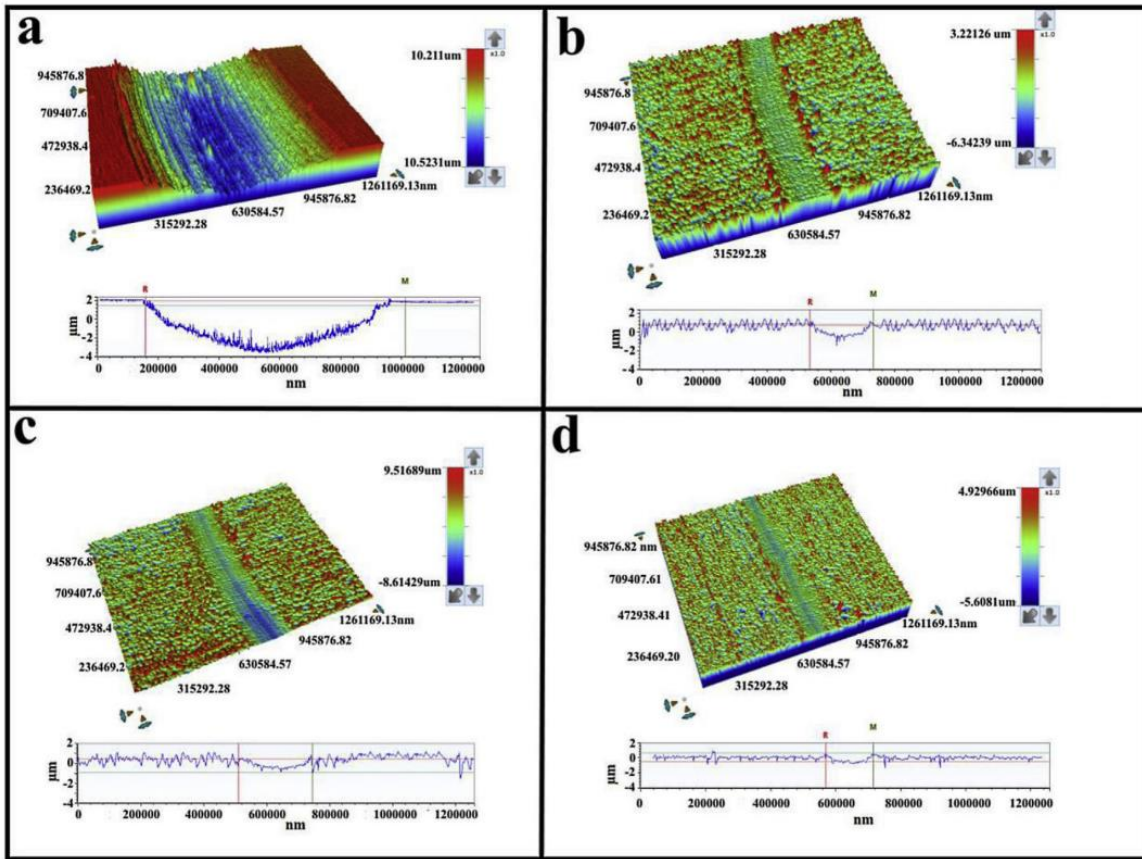


Fig. 15. Specific wear rates for the samples.

Applied Surface Science 564 (2021) 150349

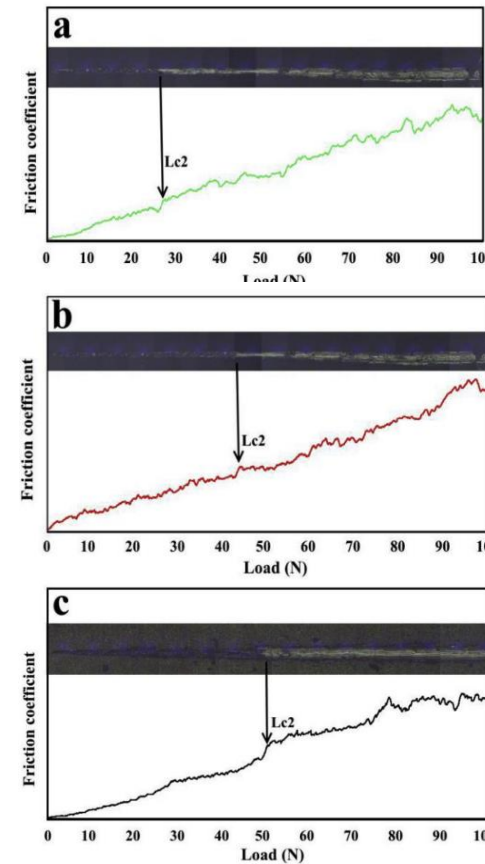
CrN、TiAlN单层和TiAlN/CrN多层陶瓷膜对β型Ti45Nb合金结构、力学和摩擦学行为的影响

磨损形态与磨痕轮廓数据



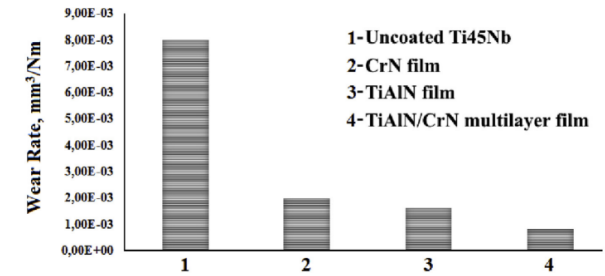
a, 无镀层; b, CrN; c, TiAlN; d, TiAlN/CrN多层

划痕法膜基结合力数据



a, CrN; b, TiAlN; c, TiAlN/CrN多层

磨损率数据



- PVD 工艺在 Ti45Nb 衬底上沉积了 CrN、TiAlN 单层和 CrN/TiAlN 多层陶瓷薄膜。
- 多层薄膜涂层样品在所有样品中表现出最大的表面硬度和最佳的结合强度。
- TiAlN/CrN多层样品的摩擦学特性最佳。

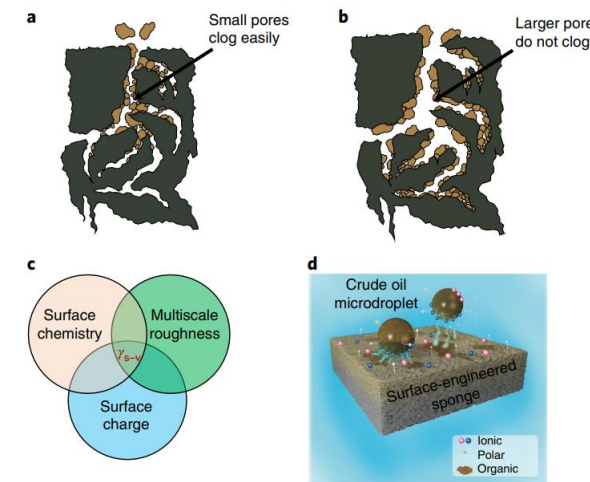
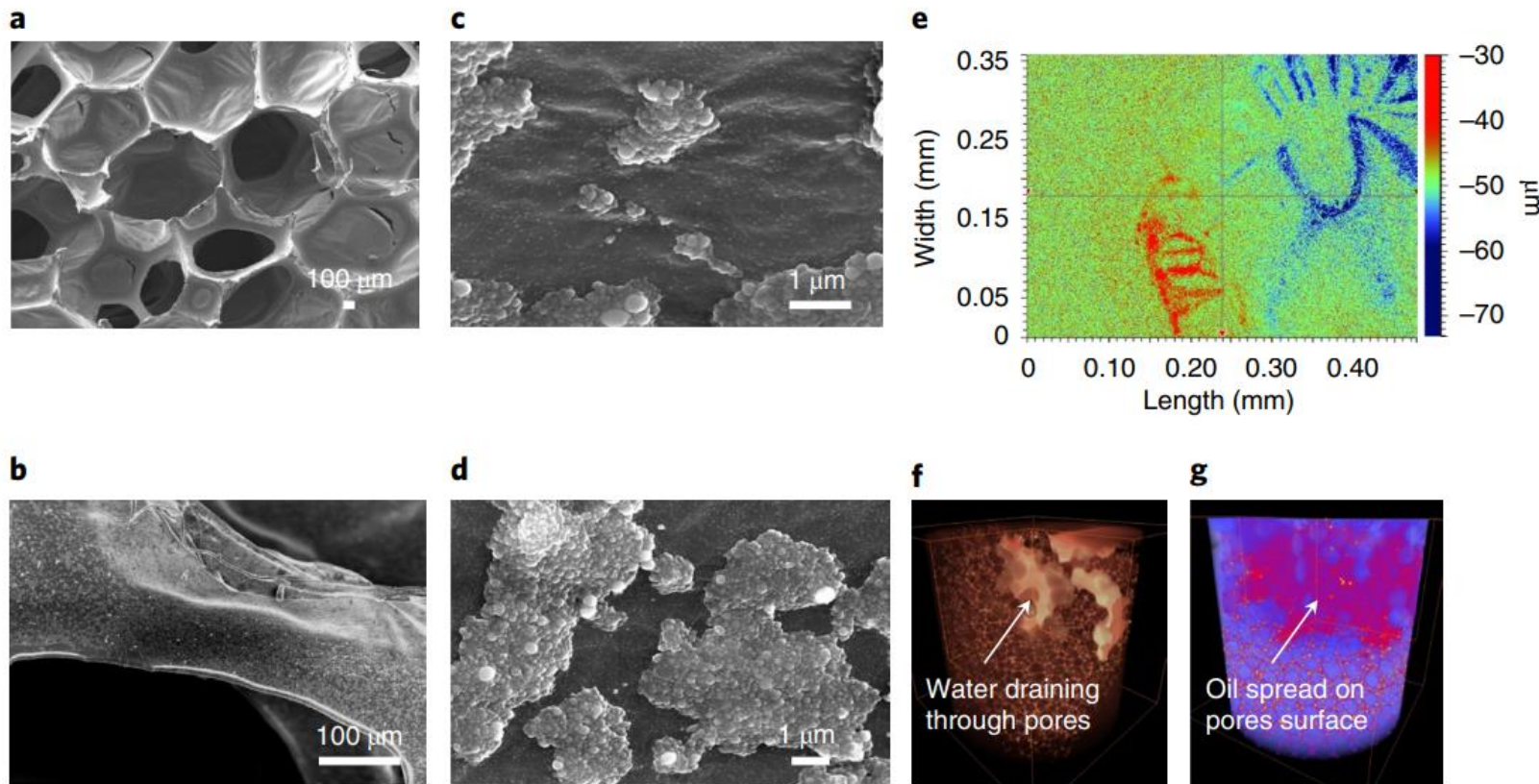
Ceramics International, Volume 46, 2020, 8185-8191

02

Surface property: Morphology and Roughness

用于从废水中回收原油微滴的表面工程海绵

海绵表面的局部形态与粗糙度数据

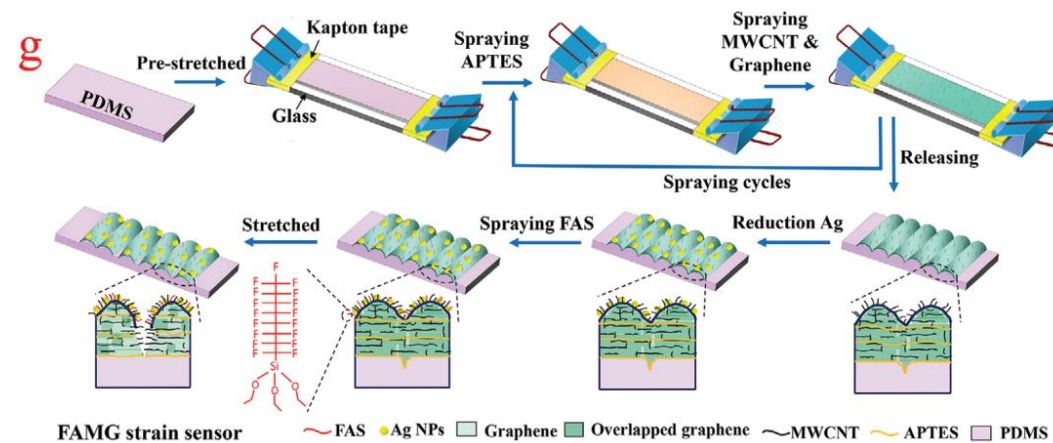
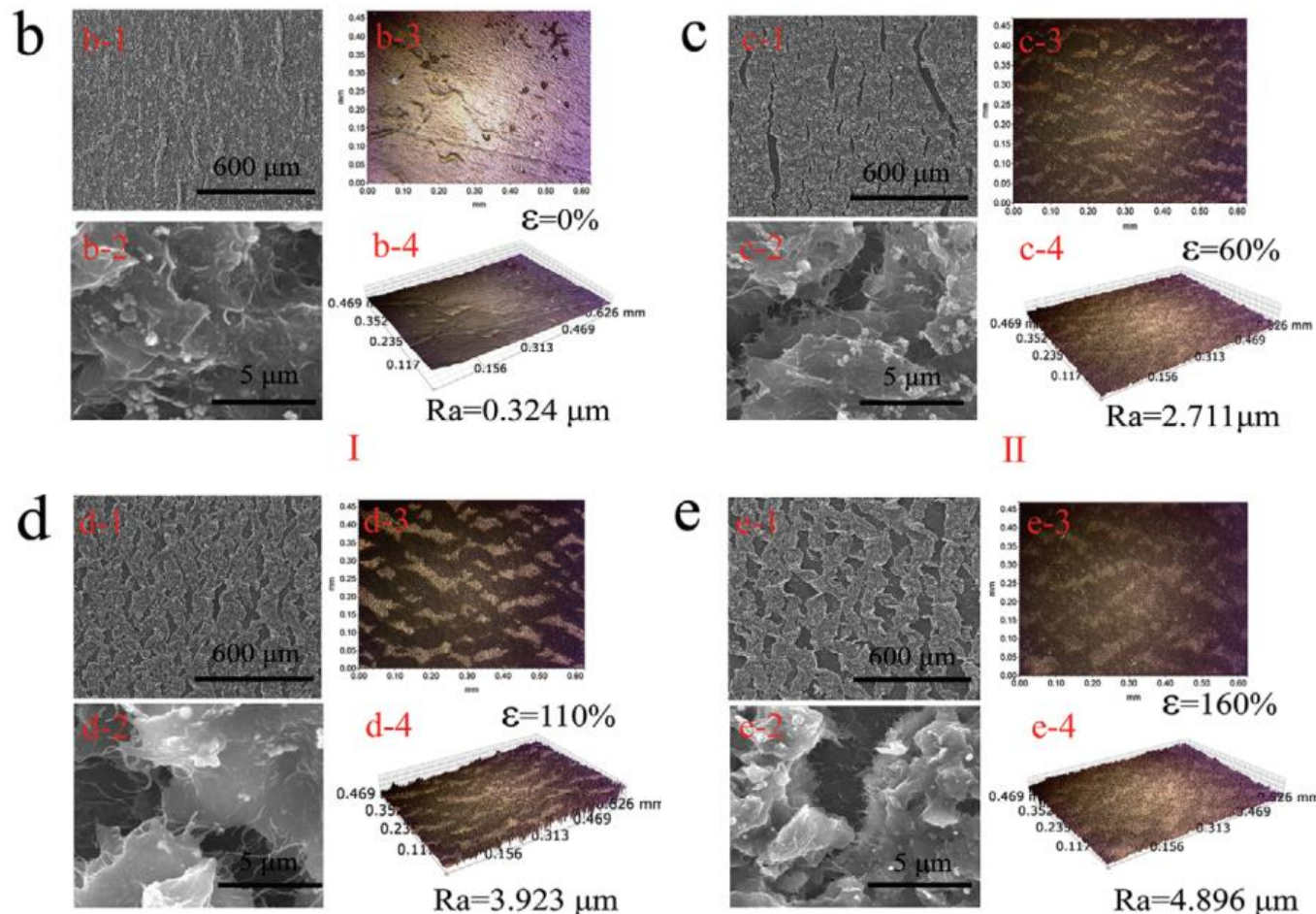


- 提出了一种结合了表面化学，电荷和粗糙度的协同创新表面工程海绵 (SEnS)
- 在宽广的pH条件下，SEnS可以快速吸附油微滴，去除效率为95-99%
- 随后通过在环境条件下进行溶剂萃取来回收油，并将清洁后的SEnS重复使用十次，以吸附油微滴。

Nature Sustainability volume 3, pages 136–143 (2020)

基于Cassie-Baxter润湿状态的高拉伸率和超灵敏应变传感器的抗液体干扰和细菌粘连的策略

不同应变下的形态变化与Ra数据



- 制备了PDMS为基材，涂覆APTES结合层和MWCNT/Graphene导电层的三明治结构，再修饰以Ag纳米颗粒和FAS，形成FAS / Ag / MWCNT / G-PDMS (FAMG) 应变传感器。
- 该传感器具有超高灵敏度（在液体干扰条件下的最大规格系数为1989），宽应变范围（0.1–170%），快速响应时间（150 ms）和1000次拉伸释放周期后的稳定响应。

通过细菌诱导的生物矿化技术制备碳酸钙涂层-不锈钢网，有效分离油-水

不同步骤下表面三维形态的变化

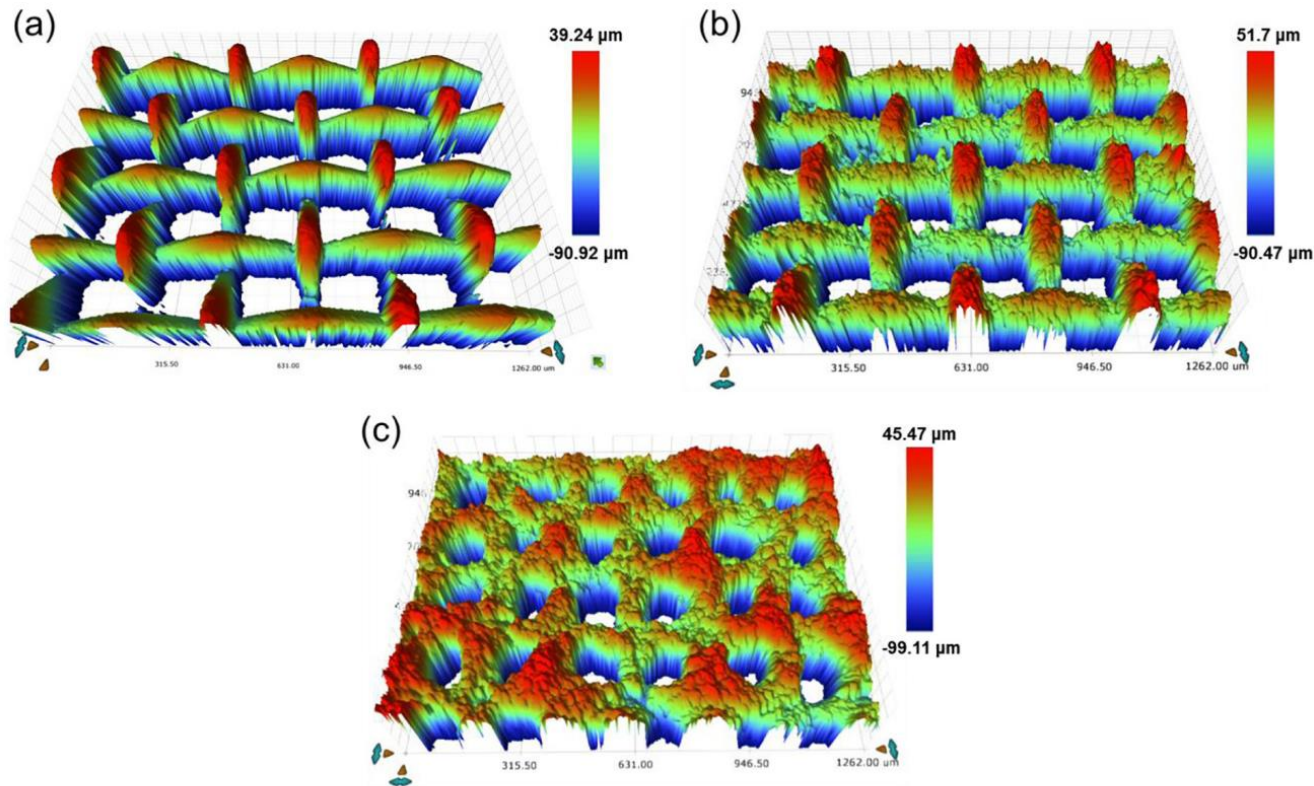
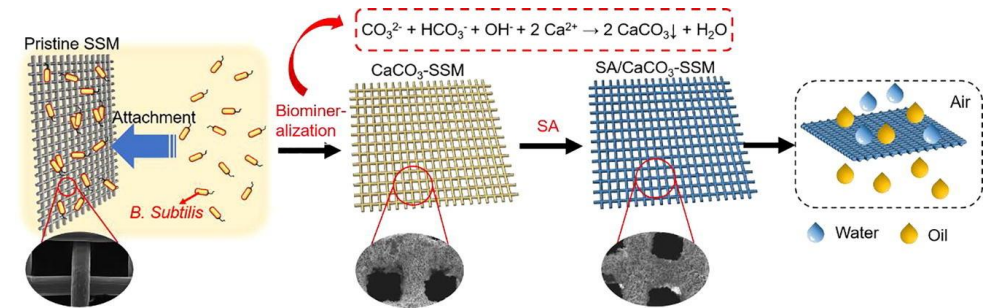


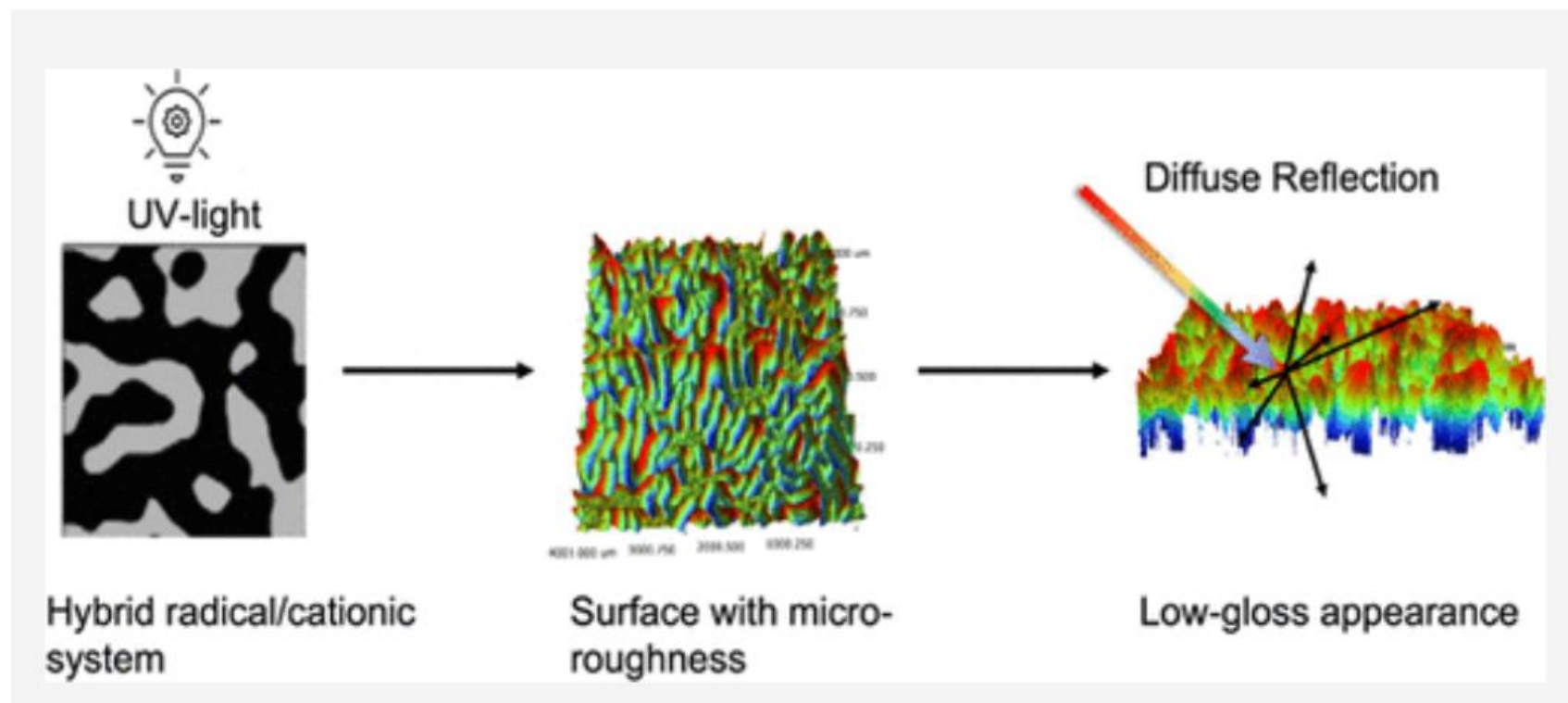
Fig. 4. White light interferometry images of (a) SSM, (b) CaCO_3 -SSM, and (c) SA/CaCO_3 -SSM.

Chemical Engineering Journal 405 (2021) 126597



- 介绍了一种超疏水性碳酸钙 (CaCO_3) 涂层不锈钢网 (SSM)，该网使用细菌诱导的生物矿化技术制造，随后使用硬脂酸 (SA) 进行表面改性。
- 基于生物矿化作用，在SSM表面形成连续，致密且厚实的 CaCO_3 涂层，形成超亲水性网孔 (CaCO_3 -SSM)。
- 对超亲水 CaCO_3 -SSM进行SA改性，以获得超疏水的网眼 ($\text{SA} / \text{CaCO}_3$ -SSM)。
- $\text{SA} / \text{CaCO}_3$ -SSM对各种油/水混合物显示出高的油通量 ($0.2-9.12 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) 和高分离效率 ($> 94.8\%$)。

混合自由基/阳离子相分离 UV 固化体系：光引发剂含量和单体比例对表面形态和光泽外观的影响



- 自由基和阳离子系统的同时光聚合是生成称为互穿聚合物网络 (IPN) 网络结构的一种策略。
- 研究了光引发剂浓度和单体比例对混合自由基/阳离子相分离系统中的表面形态的影响。
- 光聚合薄膜表面形成的皱纹取决于聚合速率和丙烯酸酯/环氧树脂的比例。
- 通过控制聚合动力学和相分离形态，可以改变表面粗糙度并因此降低光泽度。

Macromolecules 2022, 55, 8, 3129–3139

03

Lubrication study: Wear

新型空心石墨碳纳米球具有缓蚀剂控释性能，优异的摩擦和防腐性能

S. Liu et al. Chemical Engineering Journal 412 (2021) 128648

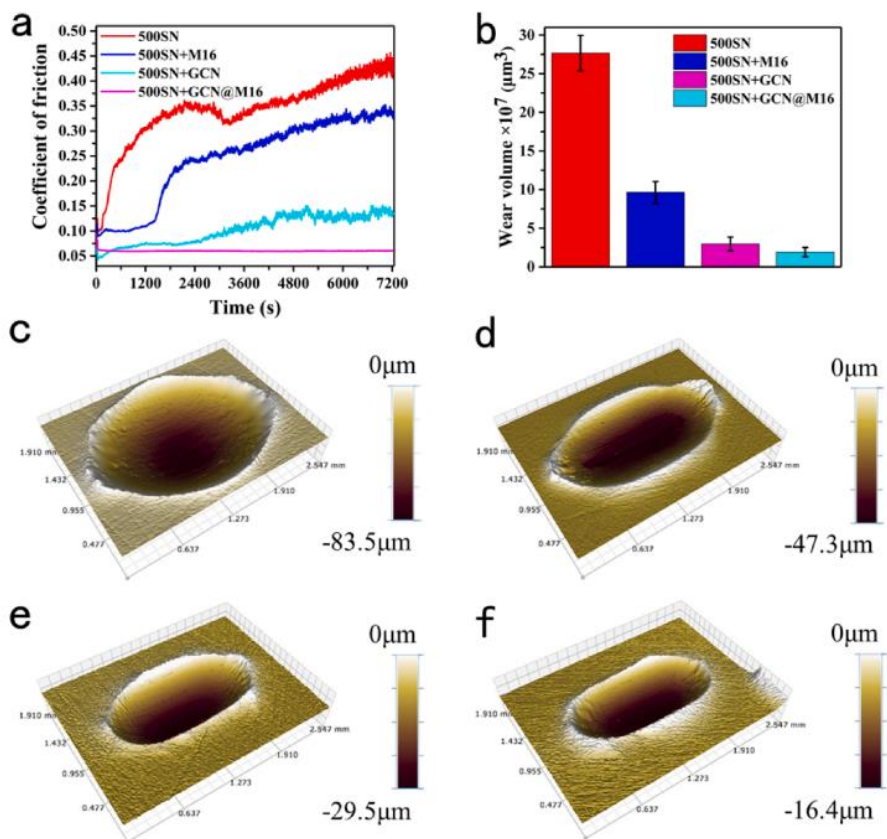
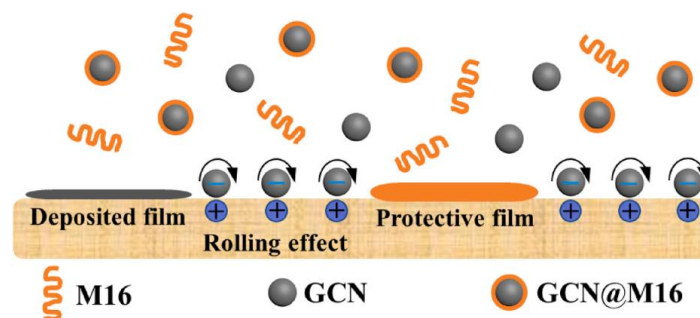


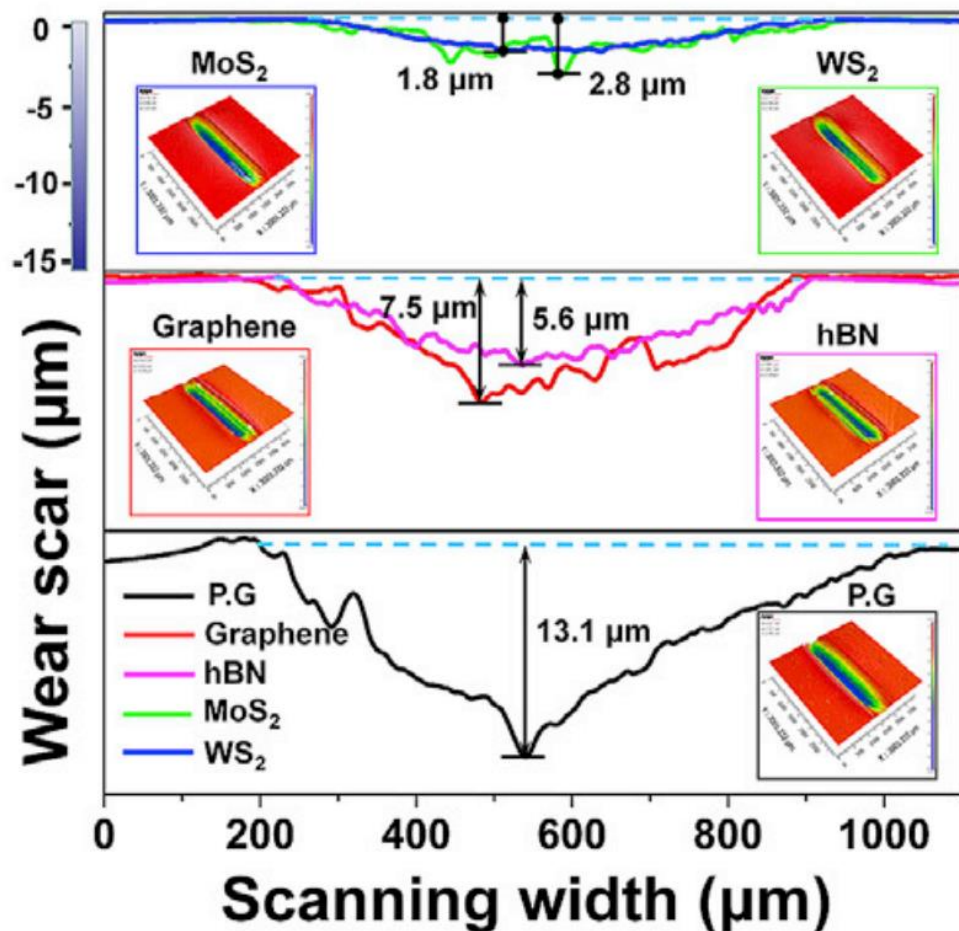
Fig. 6. Comparison of tribological properties of different lubricating oils at temperature of 50 °C, load of 100N, frequency of 25 Hz and amplitude of 1 mm (friction pair: ceramic ball vs copper block, additive amount of 0.2 wt%). (a) coefficient of friction with time, (b) wear volume and the 3D optical microscopic images of the wear surface lubricated by (c) 500SN, (d) 500SN + 0.2 wt% M16, (e) 500SN + 0.2 wt% GCN, and (f) 500SN + 0.2 wt% GCN@M16.



Scheme 2. The proposed tribological mechanism of GCN@M16 being used as additives.

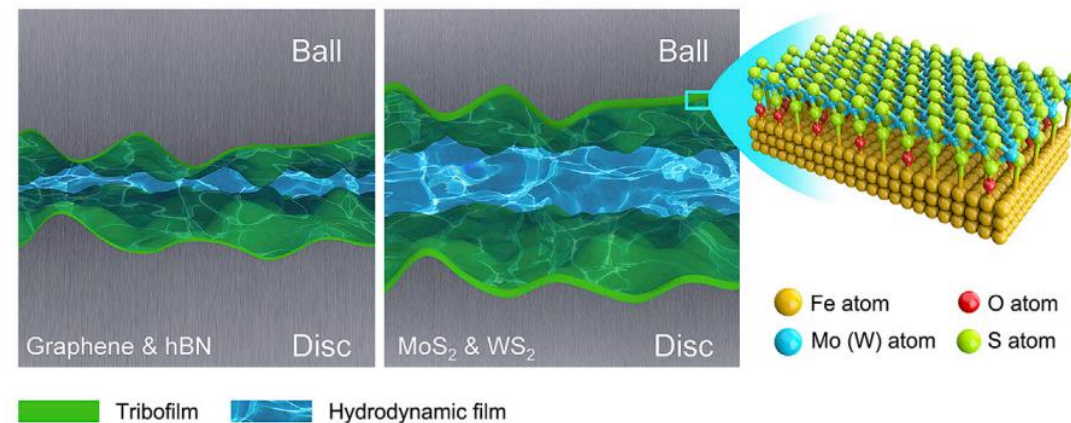
- 新型的注入腐蚀抑制剂的中空多孔石墨碳纳米球 (GCN @ M16) 的制备和分析
- 所制备的GCN (石墨化碳纳米球) 具有低摩擦系数, 这归因于碳质物质的高度石墨化。
- M16的不仅提高了GCN在500SN基础油中的分散度, 而且还通过增强其耐腐蚀能力使它们成为腐蚀抑制剂。
- GCN和M16产生的协同作用, 使GCN @ M16表现出优异的摩擦学性能, 包括高达950N的高极限压力, 约0.06的低摩擦系数和优良的抗磨性 (降低94.3%), 以及防腐性能。

边界润滑膜和动压润滑膜的耦合效应



Note: P.G.=Pure Grease

Cell Reports Physical Science 3, 100778, March 16, 2022



- 首次系统地解释了液体润滑界面摩擦和磨损性能的逆相关现象，澄清了边界润滑膜与动压润滑膜的内在耦合机理，提出了二者的耦合模型。
- 二硫化钼和二硫化钨的边界润滑膜厚度大约为200~250纳米；而石墨烯和六方氮化硼的边界润滑膜厚度大约为30~60纳米。尽管二硫化钼和二硫化钨的摩擦系数较高，但超高强稳性的边界润滑膜保证了其具有优越的抗磨损性能。
- 在机械应力和摩擦热的诱导下，MoS₂/WS₂纳米片层在润滑界面发生摩擦化学反应。硫原子与铁原子形成共价键，产生铁的硫化物和铁的硫酸盐，极大增强二硫化钼和二硫化钨纳米片层在界面的粘附特性，由此增强摩擦界面边界润滑膜的强稳性。

钛酸酯偶联剂改性氧化石墨烯在液压油中的高分散性和优异的摩擦学性能

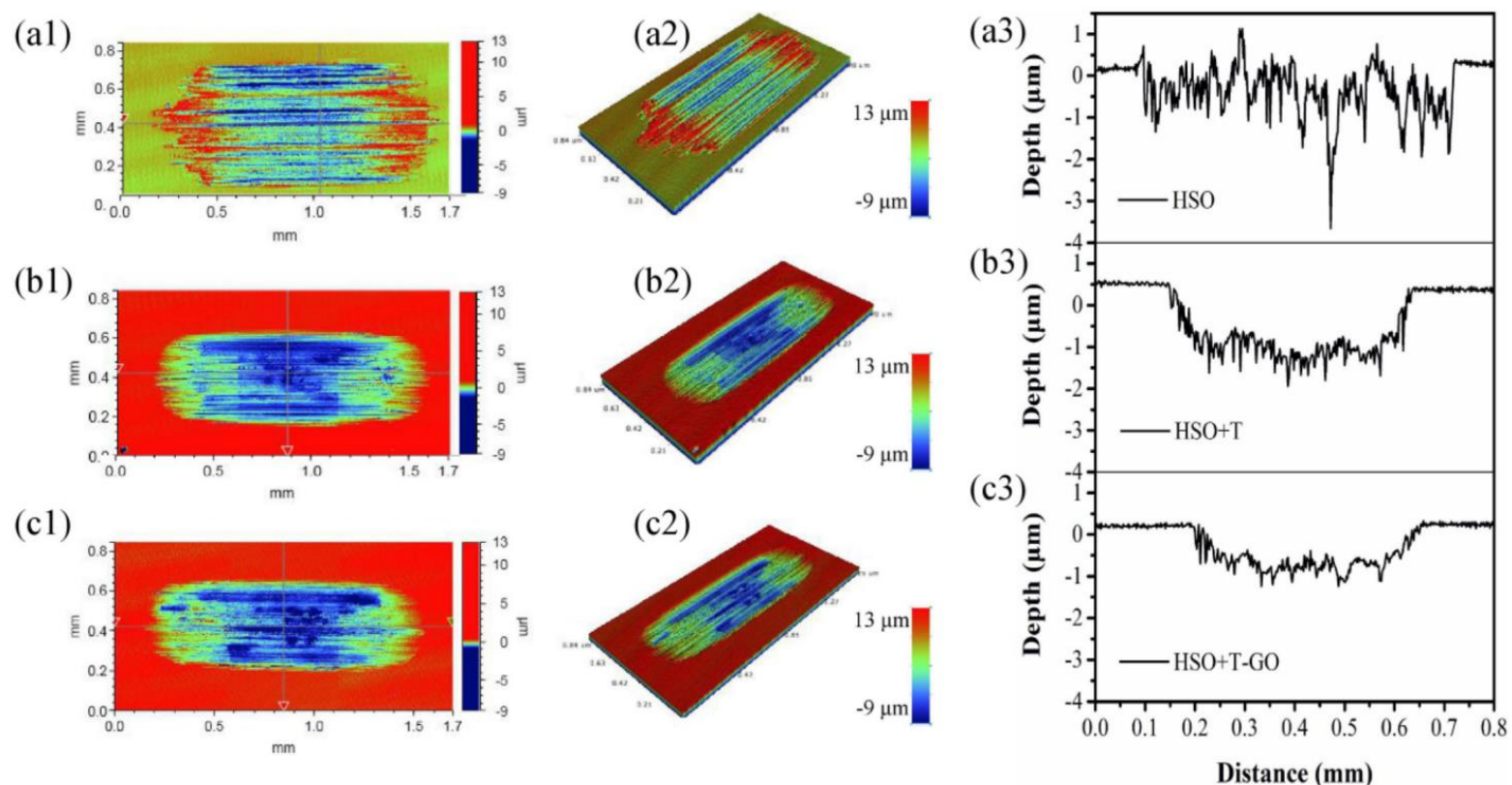
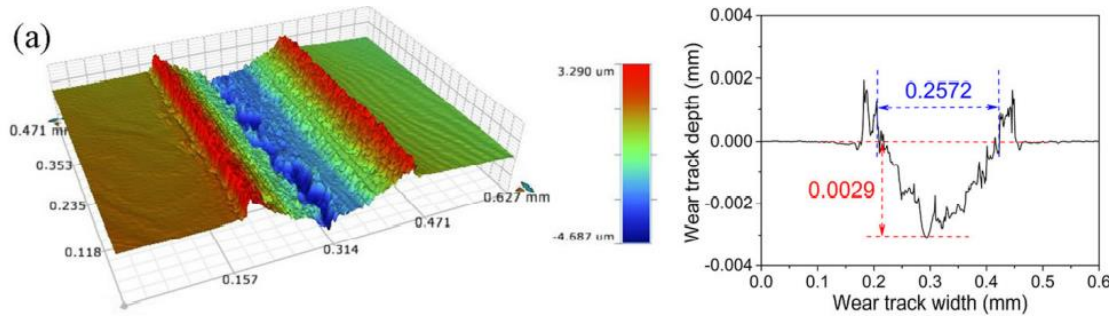


Fig. 11. 3D Profile of the wear scar for pure HSO, HSO blended with T and T-GO representing the (a1,b1,c1) top view and (a2,b2,c2) isometric view, respectively; 2D depth profile of wear scar lubricated by (a3) HSO, (b3) HSO + T, and (c3) HSO + T-GO at an applied load of 100 N, respectively. (A colour version of this figure can be viewed online.)

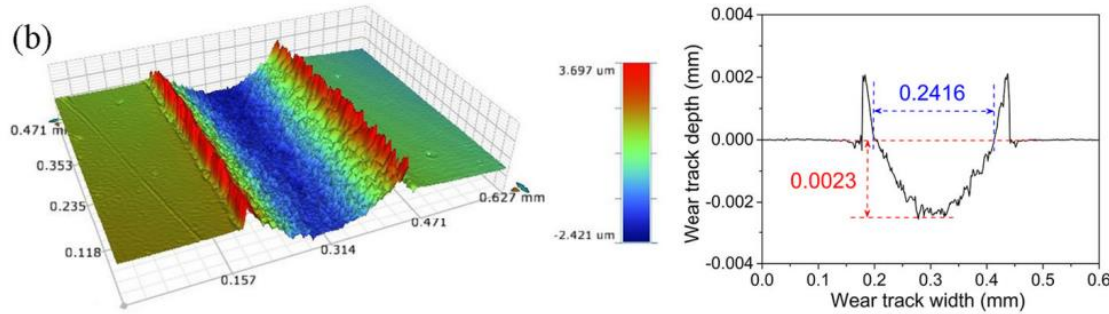
- 在润滑剂中实现氧化石墨烯 (GO) 纳米片的良好分散稳定性仍然是一个挑战。
- 制备了在液压油中稳定分散的三异硬脂基钛酸异丙酯改性氧化石墨烯 (T-GO)。
- T-GO 的化学和结构特征表明钛酸酯偶联剂 (T) 通过 T 和羟基之间的相互作用成功接枝在 GO 的平面或夹层上。
- 0.08 wt% T-GO混合液压油表现出优异的极压性能 (承载能力至少提高400 N)、减少摩擦 (摩擦系数降低近50%) 和耐磨性 (磨损量降低约20%)

黑磷量子点：一种新型水性高效润滑油添加剂

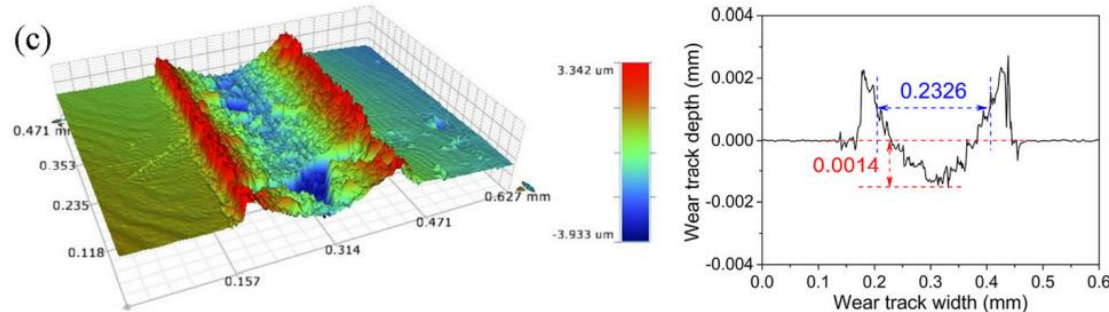
base liquid



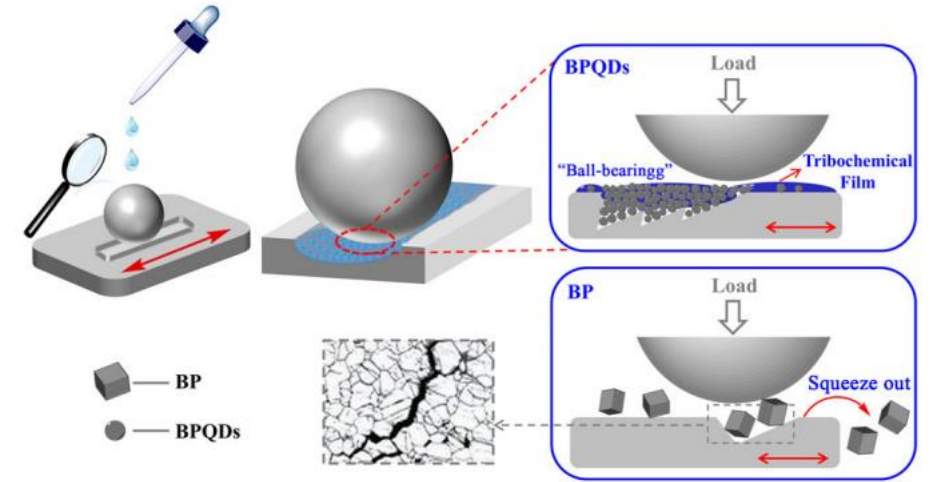
0.005 wt% BP



0.005 wt% BPQDs



Friction V9, pages 1528–1542 (2021)



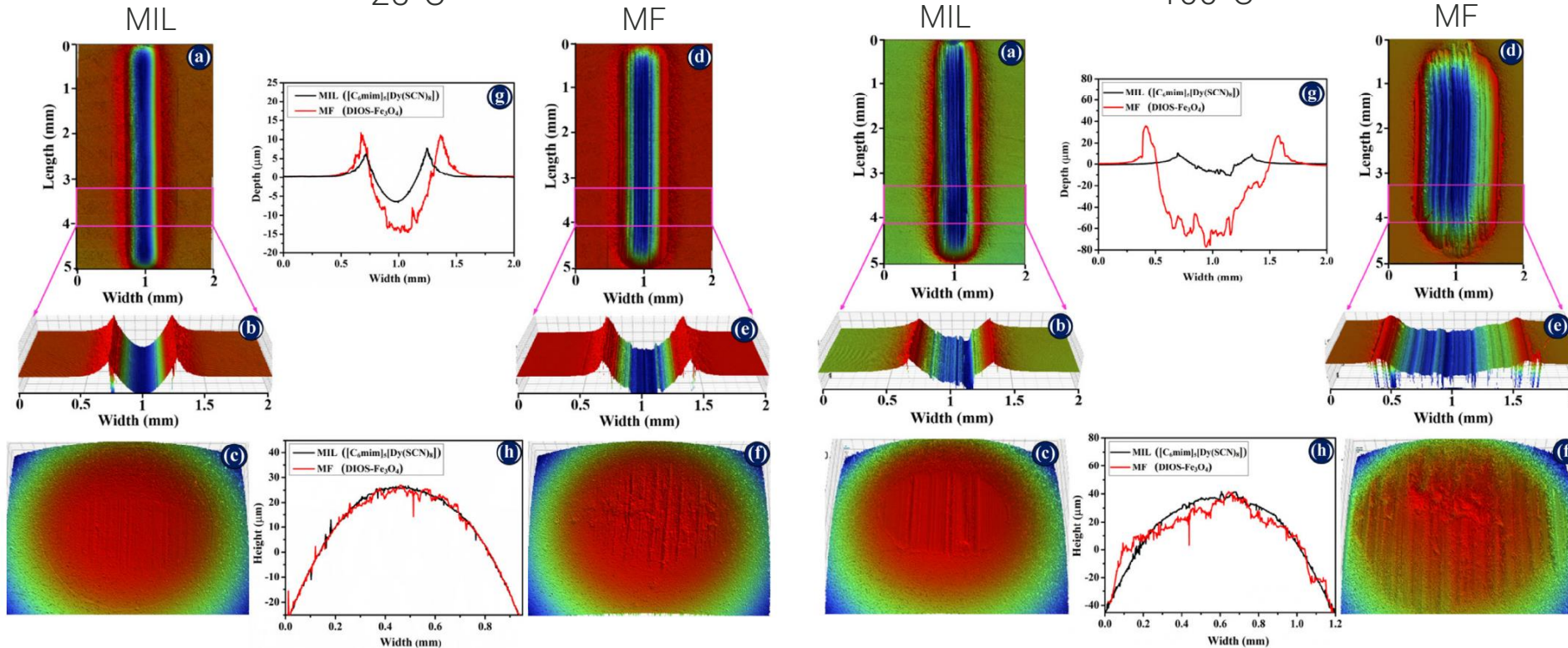
- BPQDs即使在0.005 wt%的超低浓度下也表现出显著的减摩和抗磨性能，比基液的摩擦系数和磨损量分别降低了32.3%和56.4%。
- BPQDs 的性能大大超过了 BP；这可能归因于它们的粒径小且均匀，在水中具有良好的分散稳定性，以及在摩擦表面的高反应性。
- 摩擦表面上形成了厚度约为 90 nm 的稳定摩擦化学膜。

磁性离子液体润滑剂对高温下钢-钢滑动接触的摩擦磨损性能影响

不同温度下两种润滑剂作用下磨损形貌对比

25°C

100°C



MIL: magnetic ionic liquid (制备的);
MF: magnetic fluid (市售品)

- 制备了一种磁性离子液体 (MIL) 并将其用作钢-钢滑动副的磁性润滑剂。用市售的磁性流体润滑剂 (MF) 对比两者的摩擦学性能。
- 在变化的测试温度和负载下, MIL表现出比MF更好的减摩和抗磨性能。
- MIL在滑动过程中参与摩擦化学反应, 并形成由 Dy_2O_3 , FeS , FeSO_4 , 含氮有机物组成的边界润滑膜, 以及摩擦盘表面上硫醚, 从而减少了摩擦副的摩擦和磨损。

钢摩擦副之间滑动界面处的原位摩擦诱导铜纳米粒子及其摩擦学性能

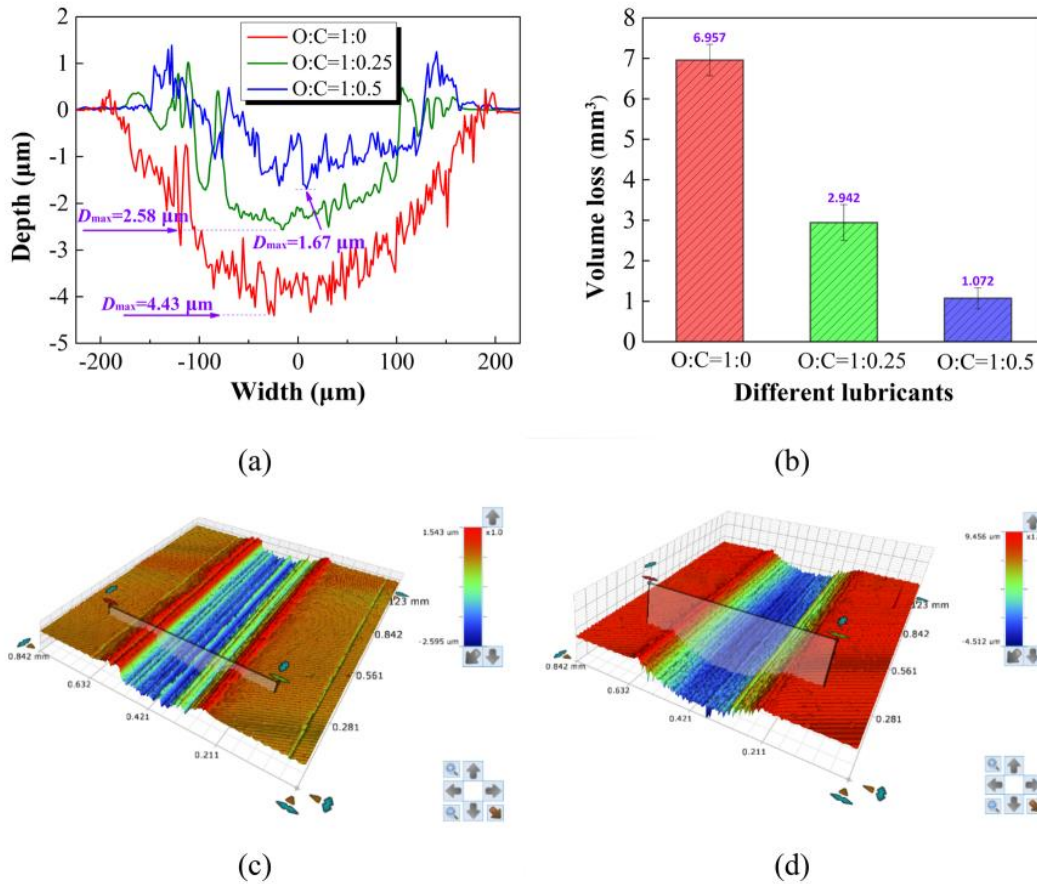


Fig. 4 Wear scar profile of 316L SS in different lubricants: **a** 2D profiles; **b** volume loss; 3D profiles for: **c** O:C = 1:0.5; **d** O:C = 1:0

Tribology Letters (2020) 68:98

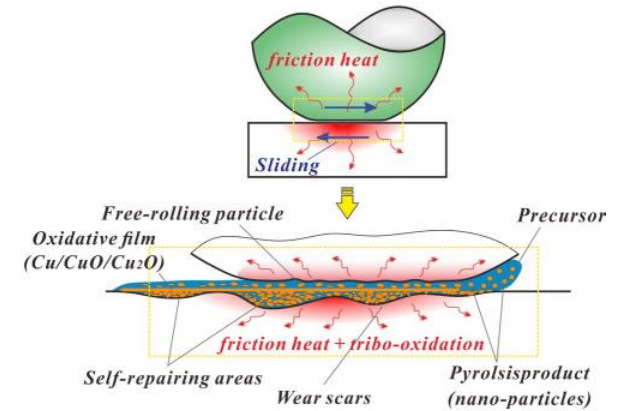


Fig. 12 Friction-reducing and anti-wear mechanism of the precursor between tribo-pairs surface

- 摩擦热引起的甲酸铜四水合物和辛胺的前体溶液中滑动时原位产生摩擦的铜纳米颗粒。
- 摩擦副之间的摩擦热促进了前体分解成原位生成的铜纳米颗粒。
- 它可以有效减轻磨损，同时略微降低摩擦系数。

04

Biomedical study: Morphology/Roughness/Wear

Mg-Zn-Y-Nd合金在可生物降解食管支架材料中的潜在应用研究

“the relative smooth surfaces can avoid extra pain to patients during implantation.” 减少表面粗糙度将降低植入时病患的疼痛。

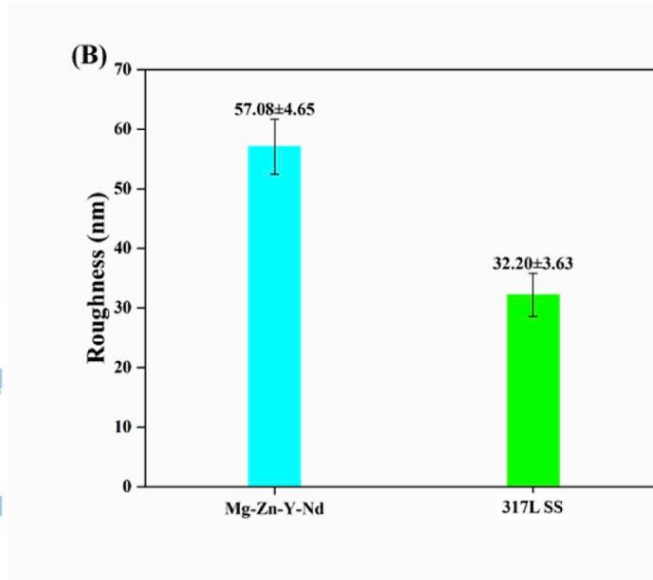
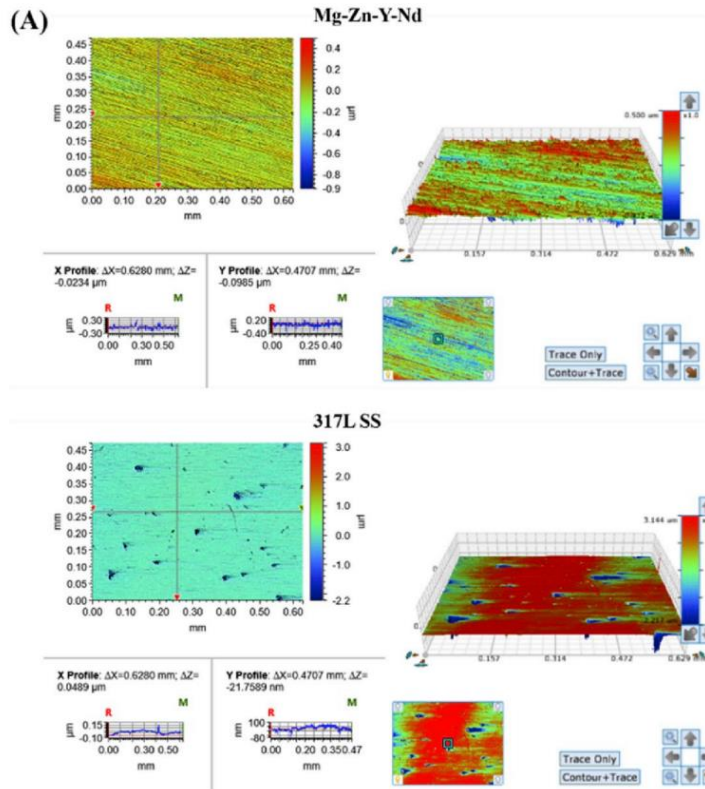
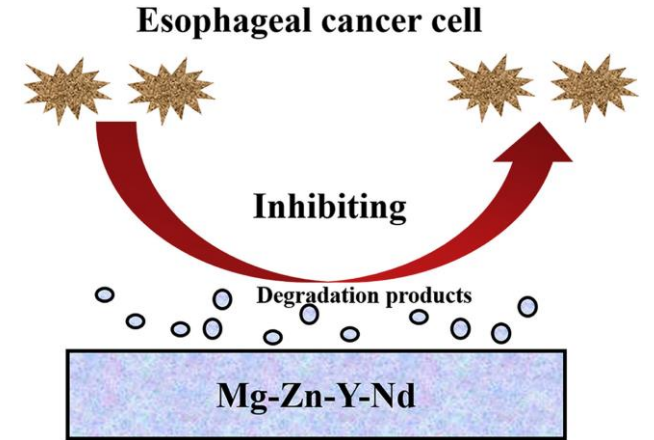


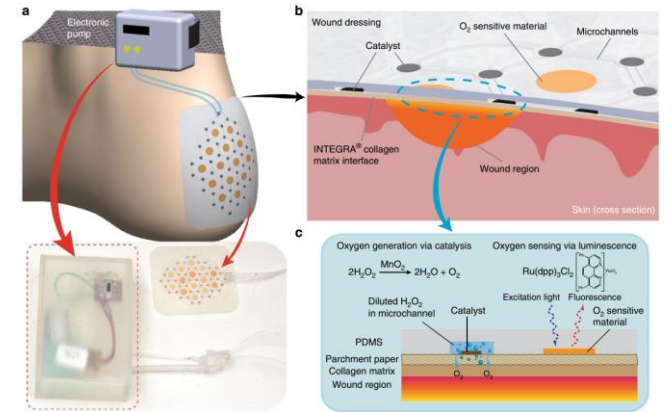
Fig. 1. (A) 3D optical microscopy images and (B) surface roughness of Mg-Zn-Y-Nd and 317L SS (mean ± SD, n = 3).



- 支架植入作为化疗的重要补充或替代方法已广泛应用于临床。
- 病理细胞，例如肿瘤细胞，成纤维细胞和上皮细胞的粘附和增殖，可能会干扰支架的功效。
- Mg-Zn-Y-Nd的生物降解性明显优于317L SS。细胞凋亡试验表明，Mg-Zn-Y-Nd抑制了肿瘤细胞，成纤维细胞和上皮细胞的粘附和增殖。

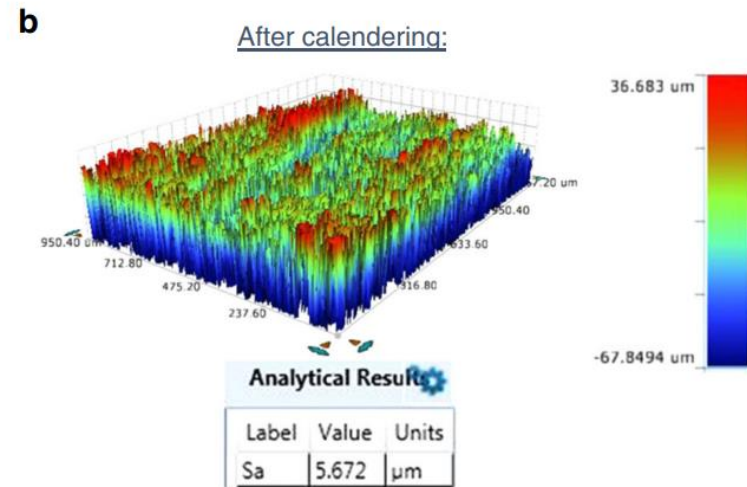
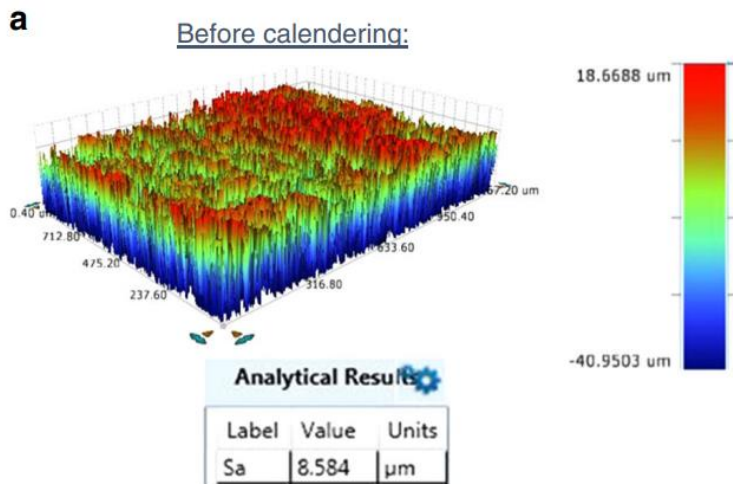
集成传感和氧气输送于一体的新一代智能伤口敷料

“decrease in roughness, thereby resulting in a smoother substrate for printing.” 打印纸表面Sa在轧光后变小，有利于喷墨打印效果。



轧光前

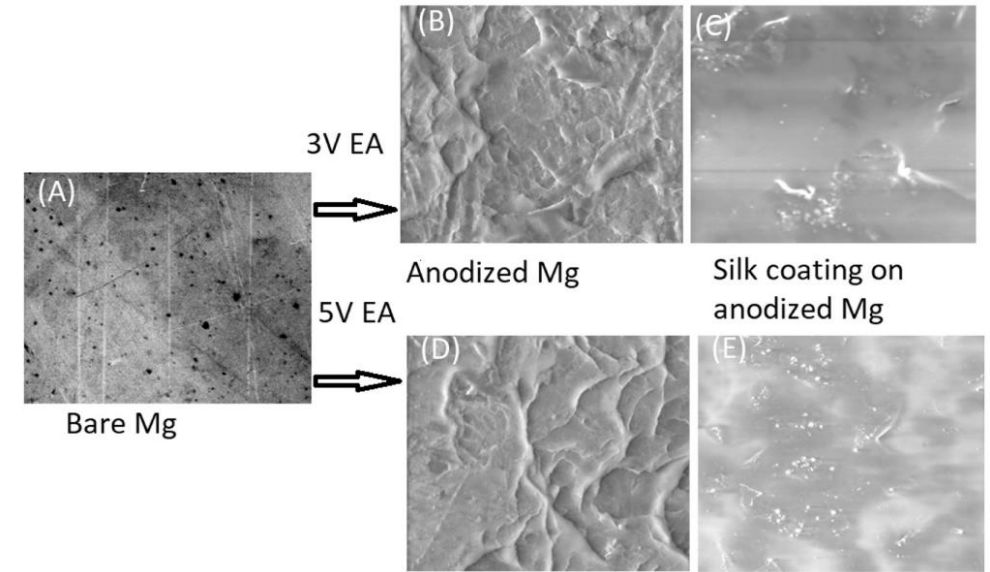
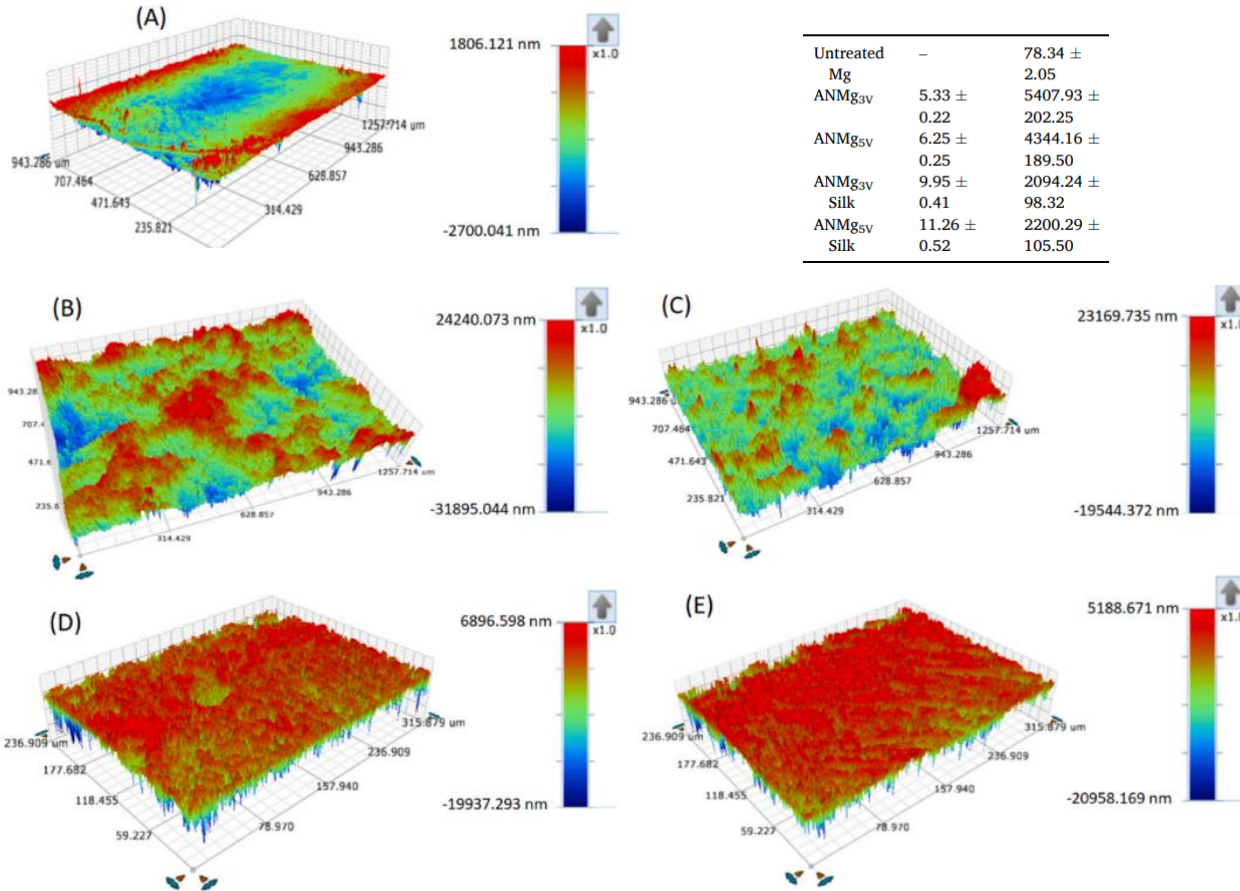
轧光后



- 伤患位置的欠佳氧合是最关键和可治疗的伤口管理因素之一，但现有的氧合系统无法在方便的可穿戴平台上同时测量和输送氧气。
- 开发了一种替代方案兼具输送和传感，用于在伤口区域局部产生和测量氧气。
- 该平台利用了柔性微系统制造的最新发展，包括将纸作为基材并使用可扩展的制造技术，即喷墨打印。

Microsystems & Nanoengineering (2020) 6:46

为镁的生物降解控制设计粗糙度与仿生涂层



- 不同施加电压下，阳极氧化诱导的微粗糙度和仿生涂层在纯镁 (Mg) 金属上的结合，以控制模拟体液溶液中的附着力，生物降解性和腐蚀性能。
- 制作阳极膜，以在Mg表面产生微粗糙度。微粗糙的镁表面随后涂上仿生丝薄膜。

05

Micro manufacture & Precision machining: Structure/Finishing

不同尺度层级的纳米纹理化技术在光滑但粘滞的柔性表面上实现声流体学器件



~500 μm^2 面积表面形态，
平行沟槽特征

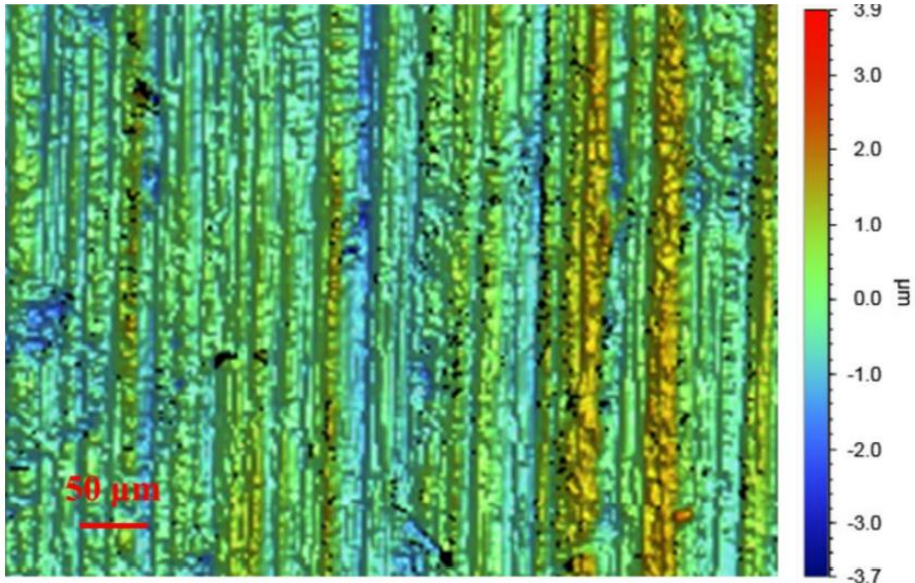
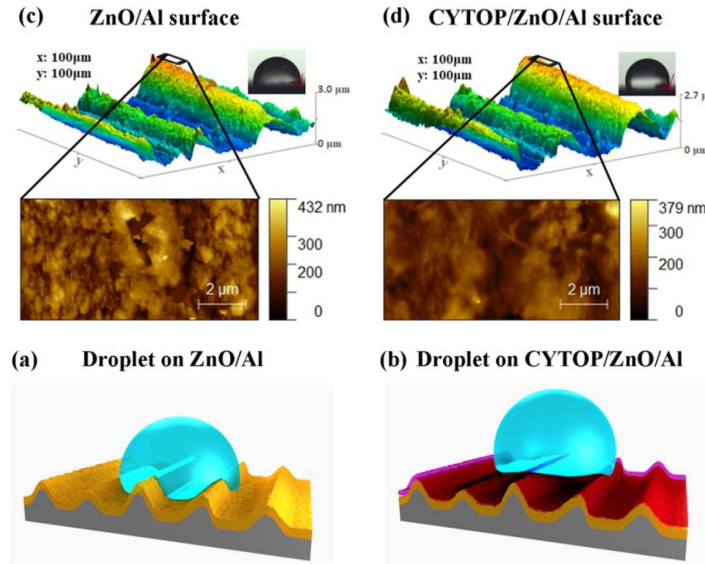


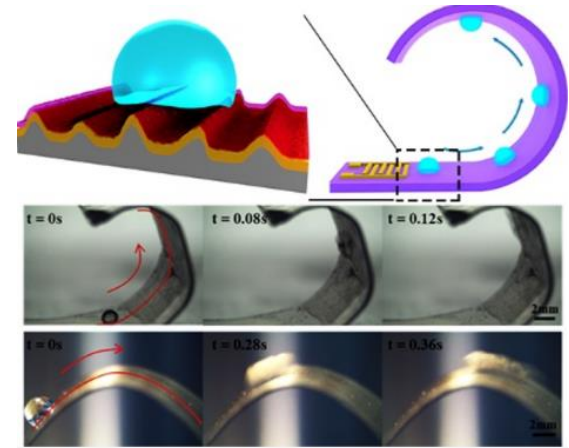
Figure S1. Surface morphology of 600 μm thick Al substrate measured using interferometer. The surface of the substrate comprises of groove patterns, where the average width between two grooves is about $24.9 \pm 7.8 \mu\text{m}$.

Nano Lett. 2020, 20, 3263–3270

100 μm^2 和5x8 μm^2 面积表面形态，
AFM图像



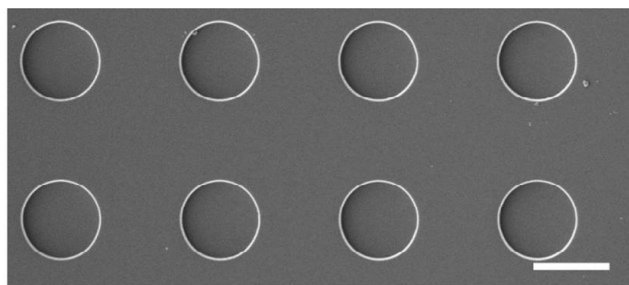
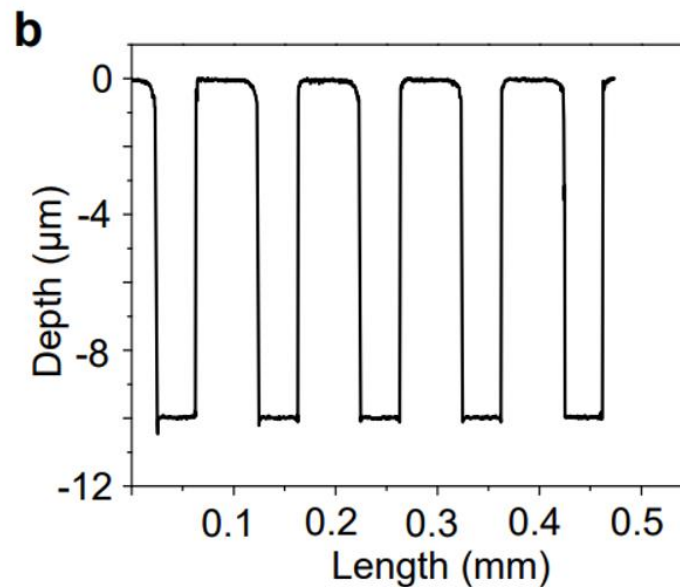
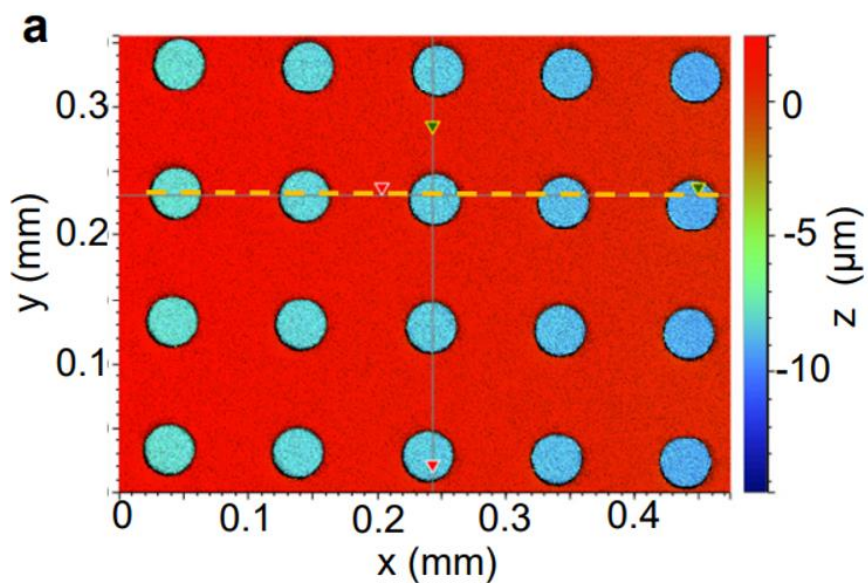
Wenzel state transformed into a Wenzel/Cassie-Baxter mixed state by coating a thin hydrophobic layer of CYTOP. (c) (d) shows that the nanoscale roughness is reduced after the surface is coated with CYTOP.



- 驱动液体的能力仍然是智能微系统（如软机器人系统）中的一项基本挑战，在智能微系统中，器件通常需要在各种方向上符合自然或三维立体形状。
- 我们创建了不同尺度层级纳米结构的表面，这些表面同时具有光滑性和粘性。

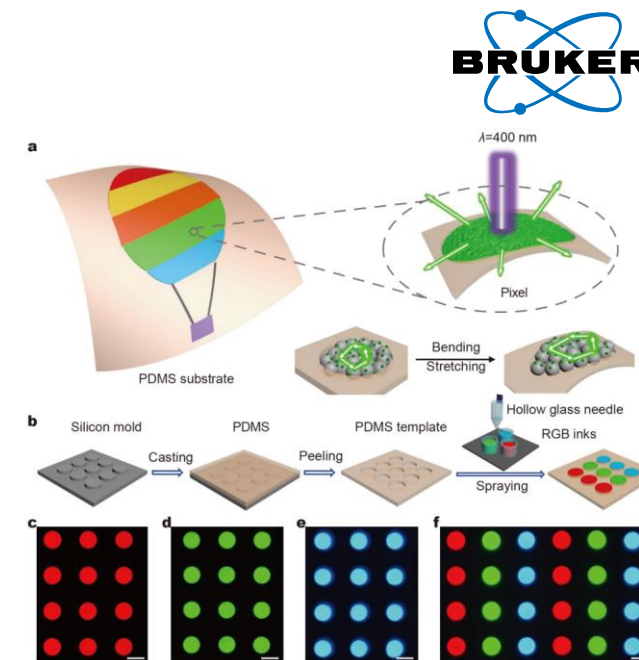
基于随机激光阵列的全色柔性激光显示

聚合物图形的三维形貌与深度轮廓数据



SEM提供二维横向尺寸，
白光干涉提供三维尺寸

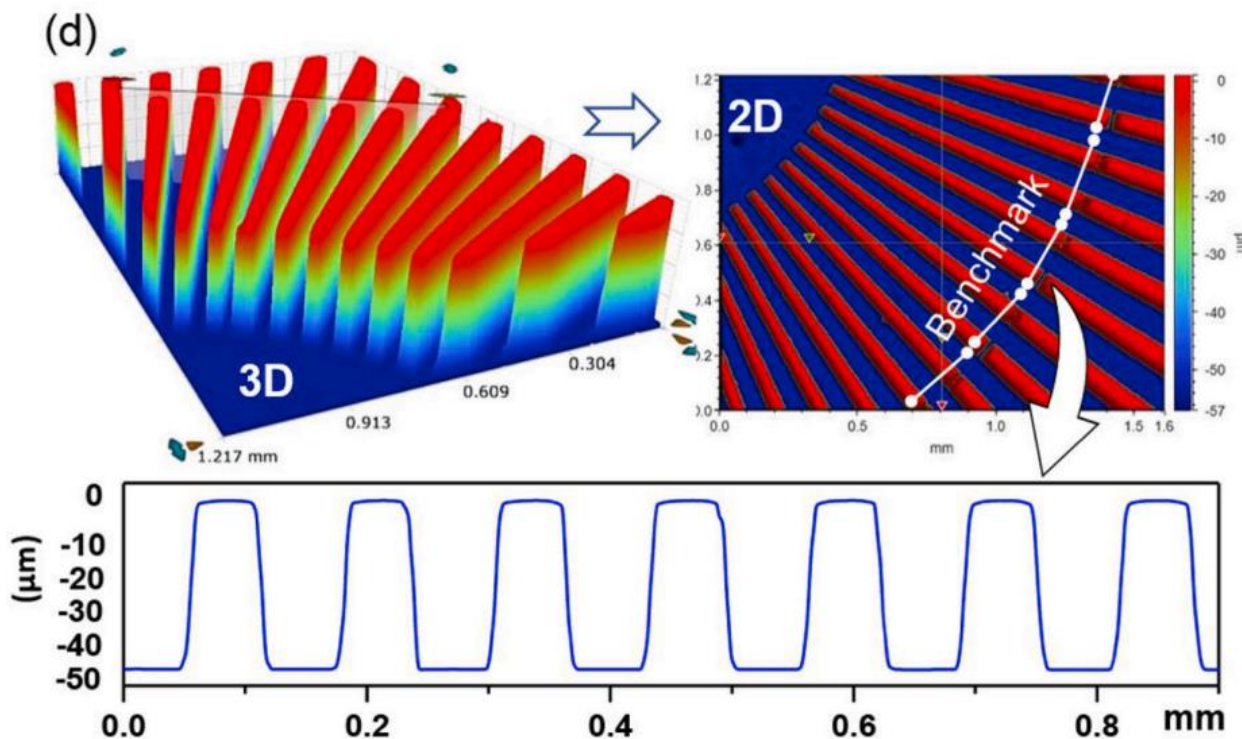
Science China Materials, 2805–2812 (2021)



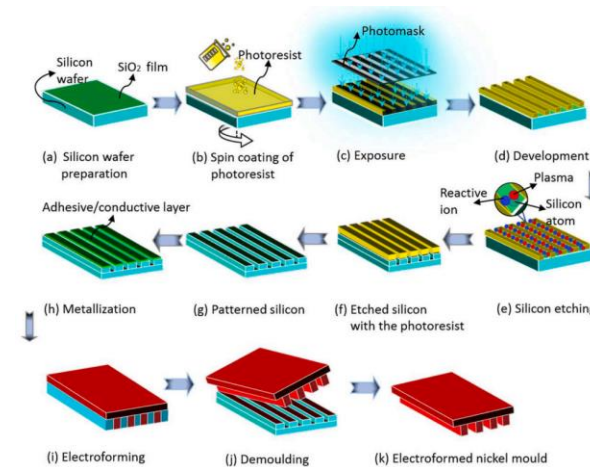
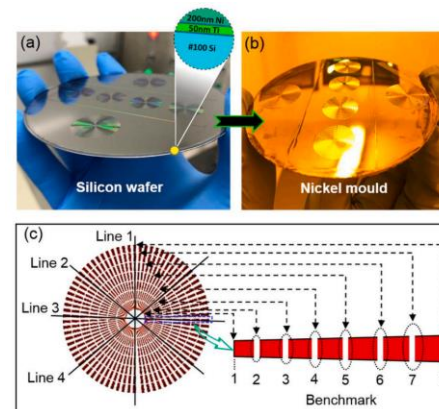
- 首次展示了用于柔性显示面板的全色随机激光阵列的大规模制造策略。
- 由于随机激光的持续工作，在机械变形下显示性能保持良好，从而实现了柔性激光显示面板。

微结构内部传质及其对精密微电铸中复形精度影响的研究

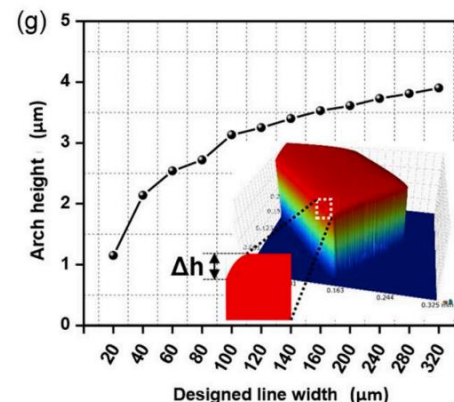
实验验证三维形貌与深宽比数据



Si片复形到Ni模具



弧边降与设计线宽

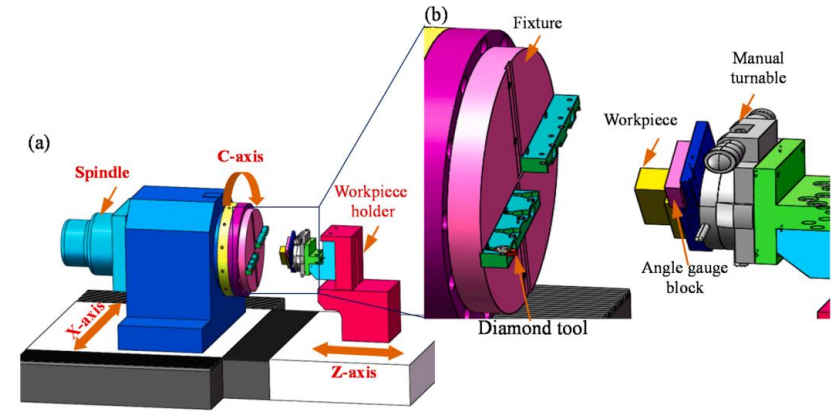
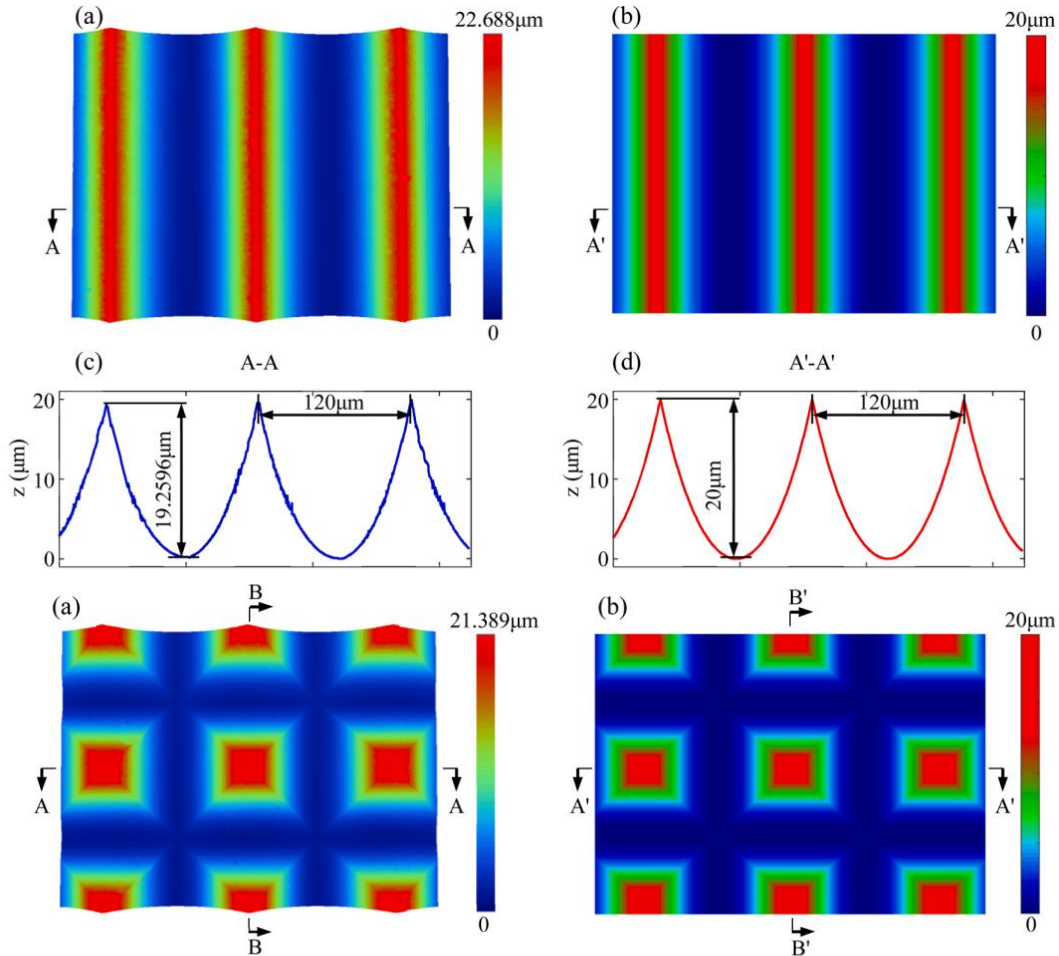


- 微电铸是一种有前途的基于电沉积的精密复制技术，用于制造微结构模具。
- 首次提出了一种新颖的星形图案，其线宽在20-320μm范围，对应于0.16-2.5的深宽比，用于评估传质能力和微结构复制精度。

International Journal of Machine Tools & Manufacture 165 (2021) 103717

刀具偏置飞刀切削加工直槽类微纳结构阵列

实验验证三维形貌与深宽数据：左，实测；右，模拟



- 成功开发出一种全新的刀具偏置飞刀切削 (Offset-fly-cutting-servo, OFCS) 加工系统，在商用精密加工设备普通配置条件下 (三轴，X、Z和C轴) 即可加工出直槽类微纳结构阵列。
- 实验加工后的微沟槽、微金字塔和微三棱锥的几何特征、三维面形的定量测量如左图。
- 上列结果充分证明无论一个方向、正交二个方向、亦或是交错三个方向而言，实际加工面形与理论模拟面形保持高度一致。
- 白光干涉法还被用于加工表面微观不平整形形成机制研究，面形误差测量和工件中心微结构成形

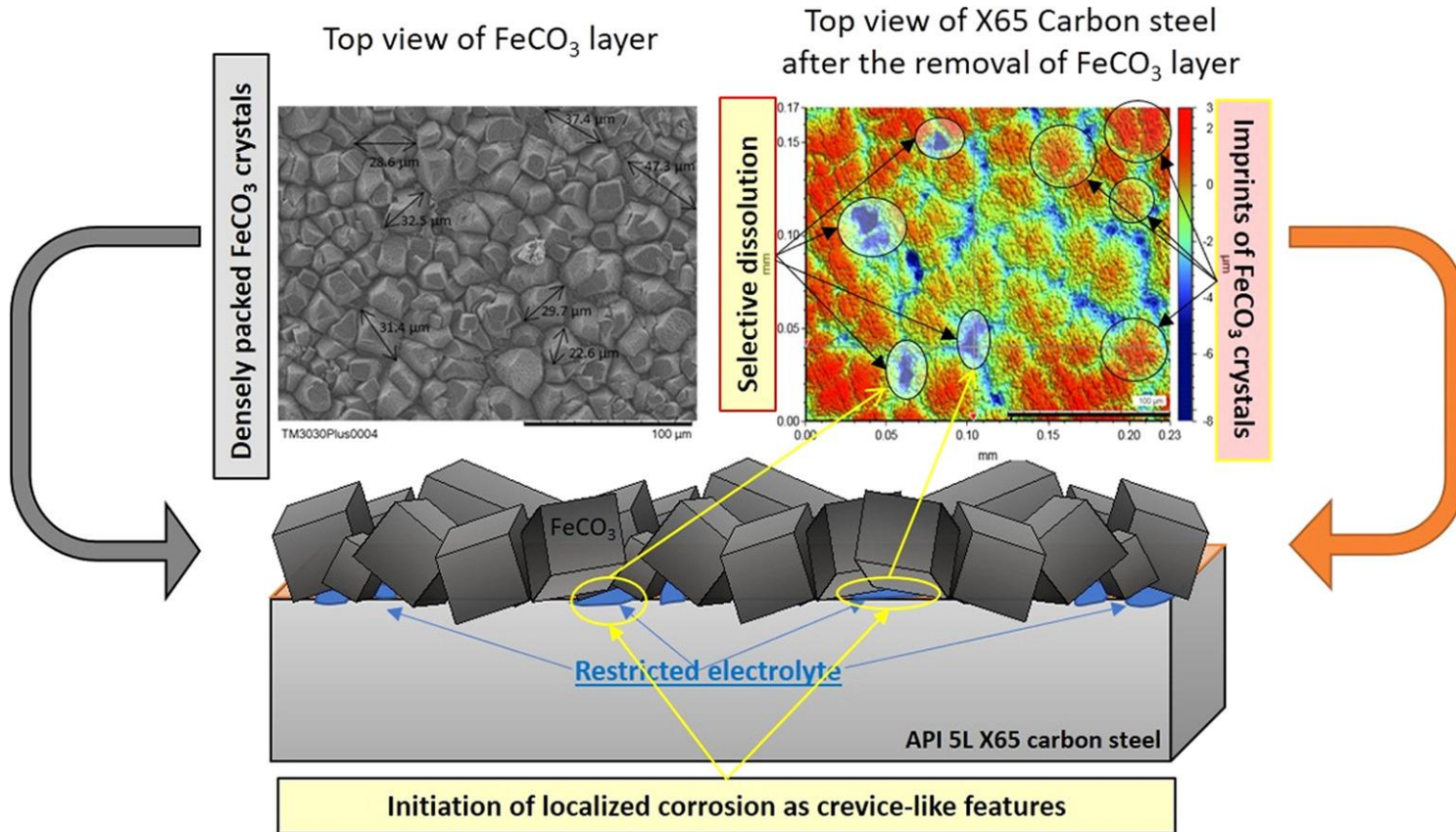
Journal of Materials Processing Tech. 288 (2021) 116900

06

Corrosion: topography, loss volume, depth/profile

CO₂腐蚀环境中碳酸铁层演化及其对X65碳钢局部腐蚀影响的研究

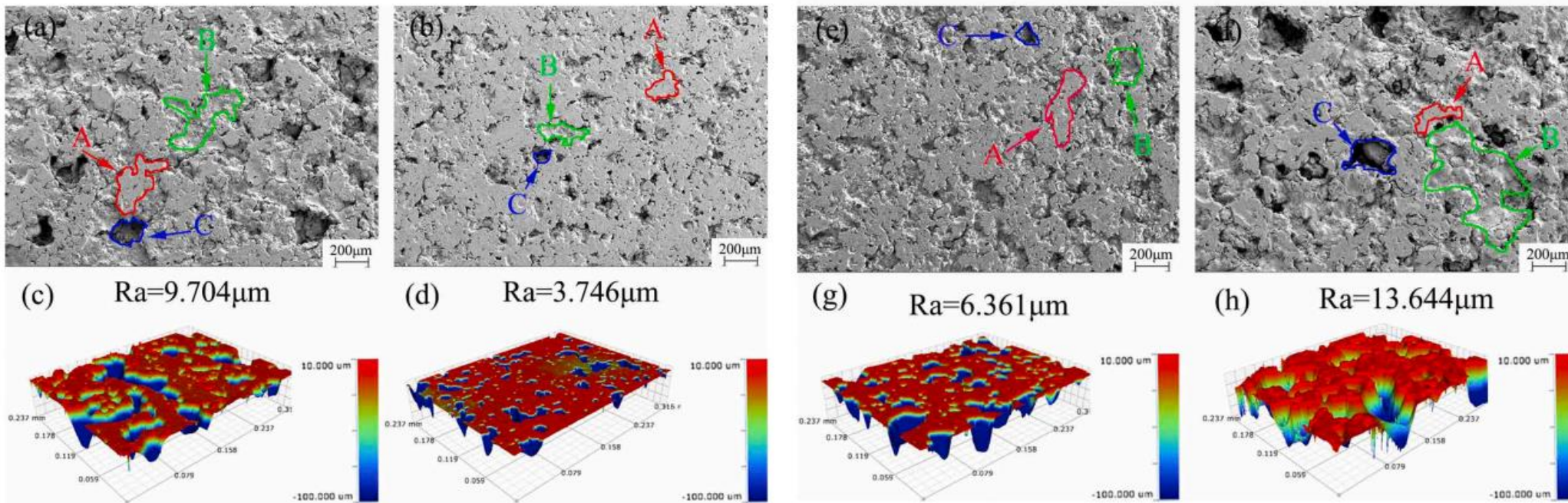
微区三维形貌帮助理解点蚀机制



- 研究了 X65 碳钢在有助于形成碳酸铁 (FeCO₃) 的CO₂饱和环境中的宏观和局部腐蚀。
- 这项研究为 FeCO₃层的演变及其与随后局部腐蚀的发生和传播的联系提供了新的见解。
- 确定了在构成结晶层的 FeCO₃晶体的边界/边缘处形成的裂缝状区域，其中充满电解质的小腔，这些位置被限制在生长的晶体之间。
- 这种类似缝隙的特征是碳钢在较长时间内发生局部/点蚀的先兆。
- 右上的白光干涉得到的形貌图中蓝色凹陷区域正是局域电解质所在地

Co的添加对等离子喷涂TiNi基涂层组织和抗空蚀性的影响

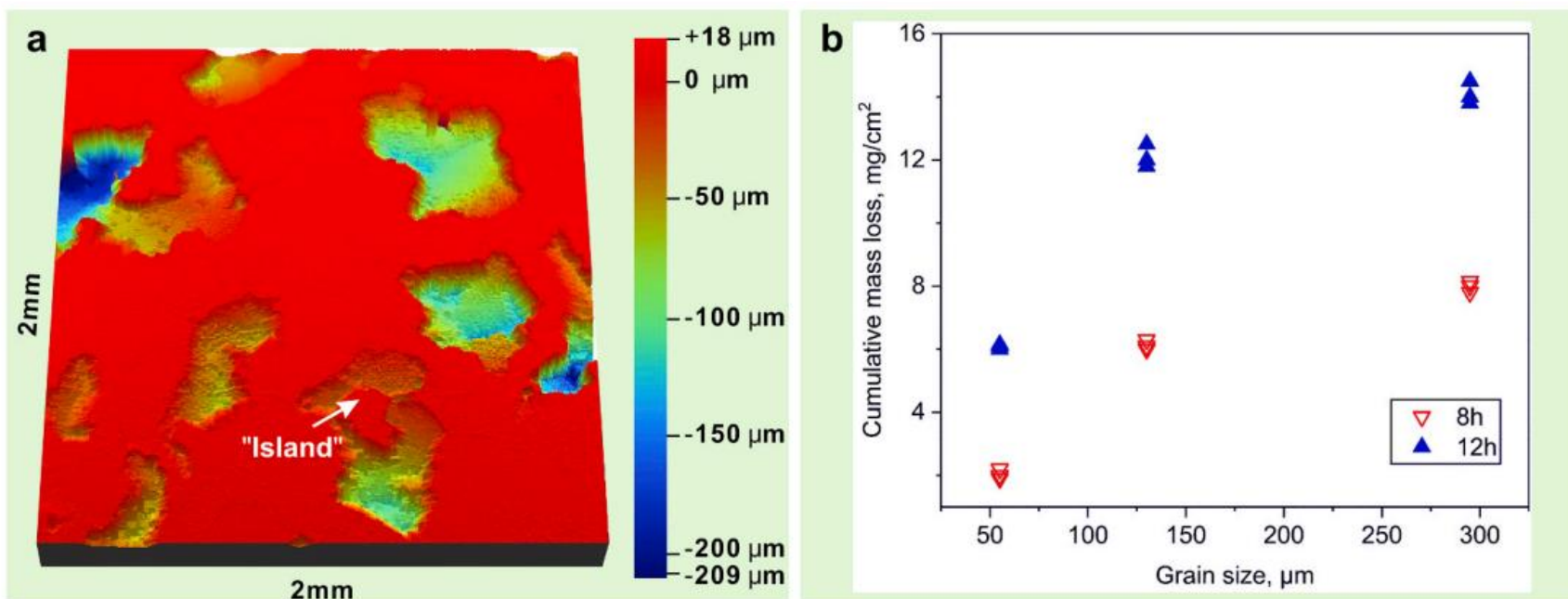
空蚀10小时后不同Co配比涂层的表面形态



- 研究了Co元素添加对大气等离子喷涂沉积的TiNi基涂层抗气蚀性的影响。
- 适当添加Co元素有利于降低TiNi基涂层的孔隙率并获得致密的微观结构。
- 白光干涉获得的表面三维形态与SEM对照理解空蚀机制

超铁素体不锈钢空蚀行为的原位研究

空蚀12小时后表面材料移除形态（左），移除率与晶粒尺寸的关系

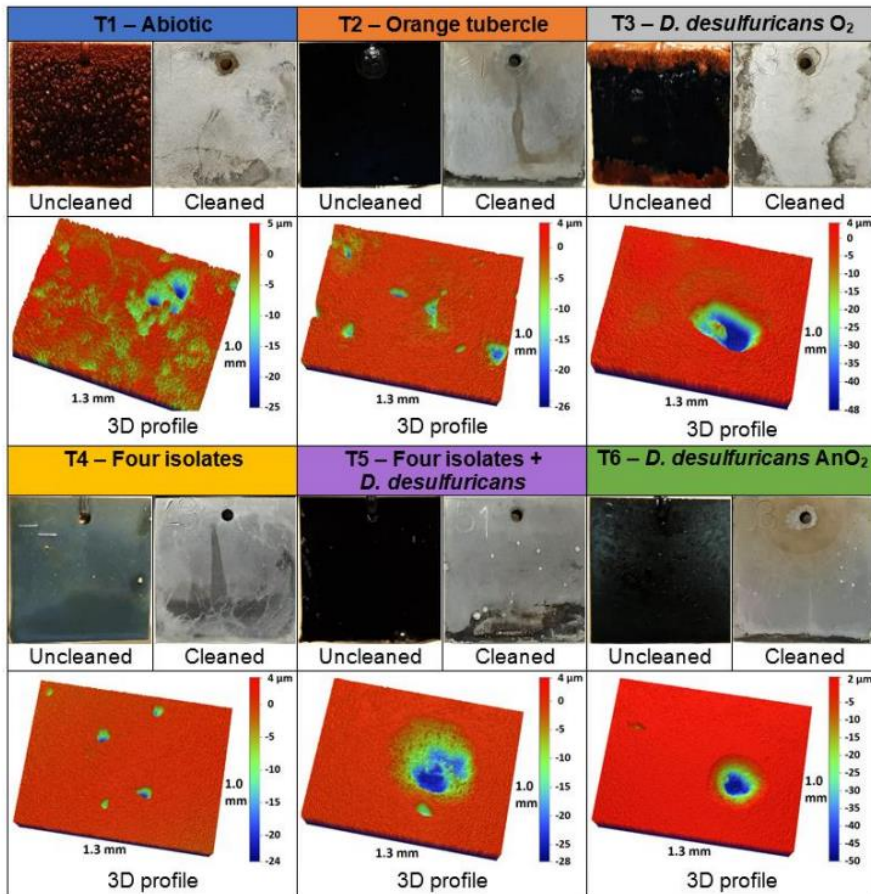


- 对超铁素体不锈钢Cr₃₀Mo₂样品进行了 2-12 小时的空蚀测试。
- 在驻留滑移带和具有低泰勒因子的晶粒的凹坑处开始空蚀损坏。
- 材料去除沿 {100} 平面扩展，并可能继续穿过低于 ~30° 的晶界。
- 具有较高取向角的晶界往往会延迟空蚀传播。
- 左侧空蚀后形貌图表明空蚀萌生位置具有选择性，其形态不规则揭示了空蚀扩展受微观组织决定。
- 中间数据表明细晶粒有更多的晶界，会阻止空蚀扩展，降低材料移除率

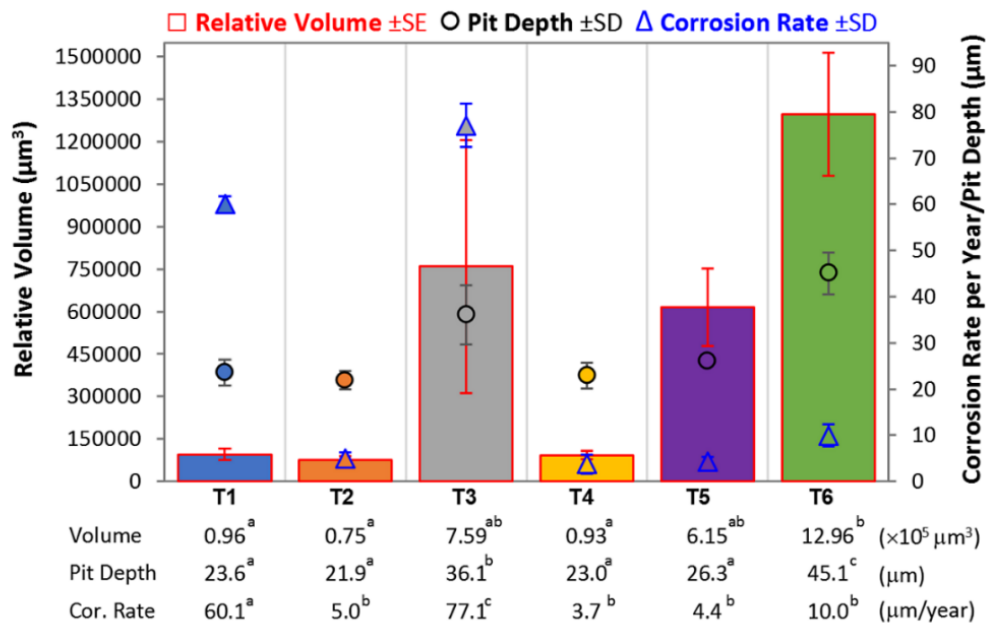
Wear 482-483 (2021) 203986

多物种微生物群对碳钢微生物腐蚀的影响

微区三维形貌观测点蚀对比



腐蚀体积/点蚀坑深/年腐蚀速率



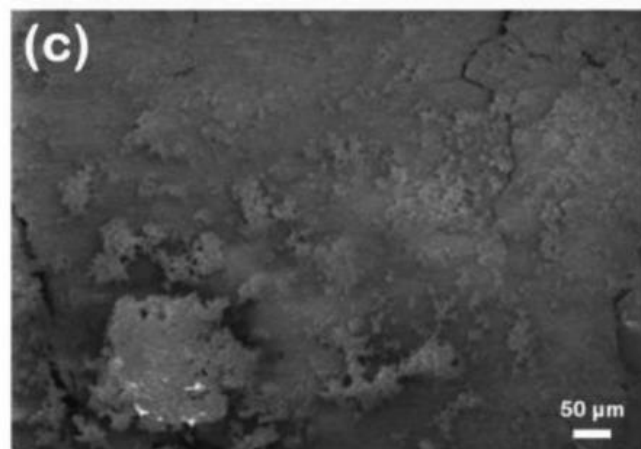
- 微生物影响的腐蚀 (MIC) 对全球主要的海洋基础设施造成了重大损害。
- 这项工作中, 将海洋用钢暴露于单一的硫酸盐还原细菌和各种细菌组合, 来研究钢腐蚀情况。
- 三维形貌图直观对比不同微生物环境下的腐蚀特征, 并统计了腐蚀体积、点蚀坑深并计算年腐蚀速率

07

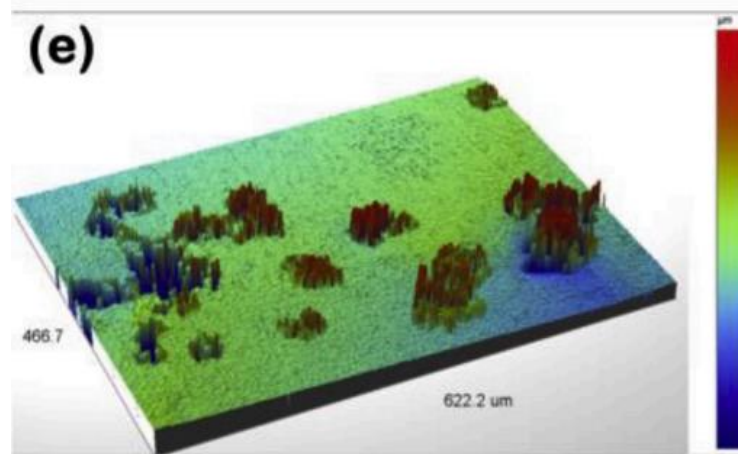
**Function materials:
Film thickness, roughness, depth/profile**

具有牢固界面接触，实现耐用柔性锌离子电池的集成式配置

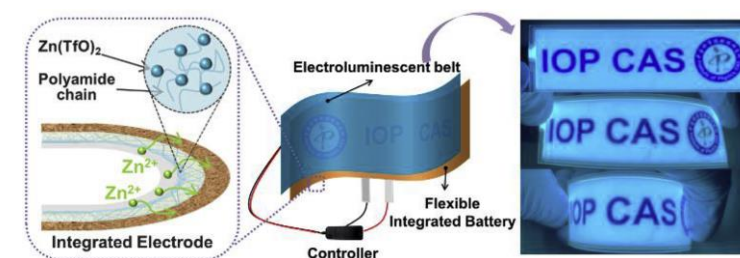
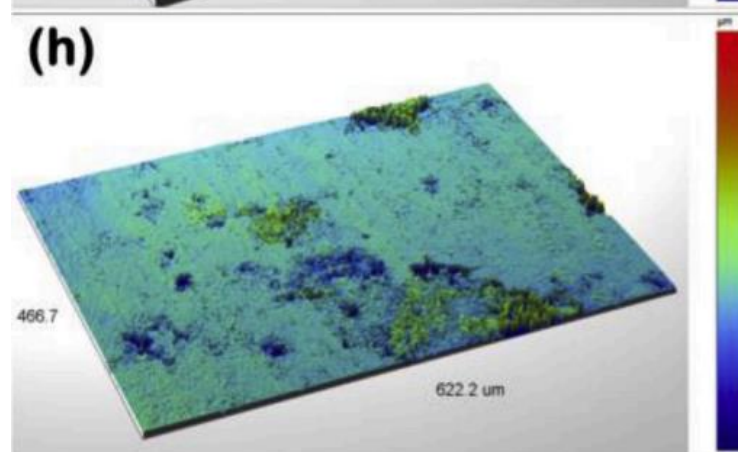
100次充放电后两种电极表面形态的直观对比



Bare Zn electrode



Integrated Separator @Zn electrode

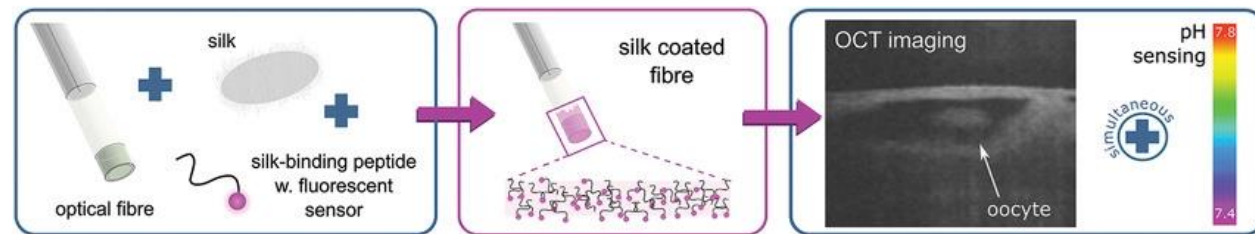
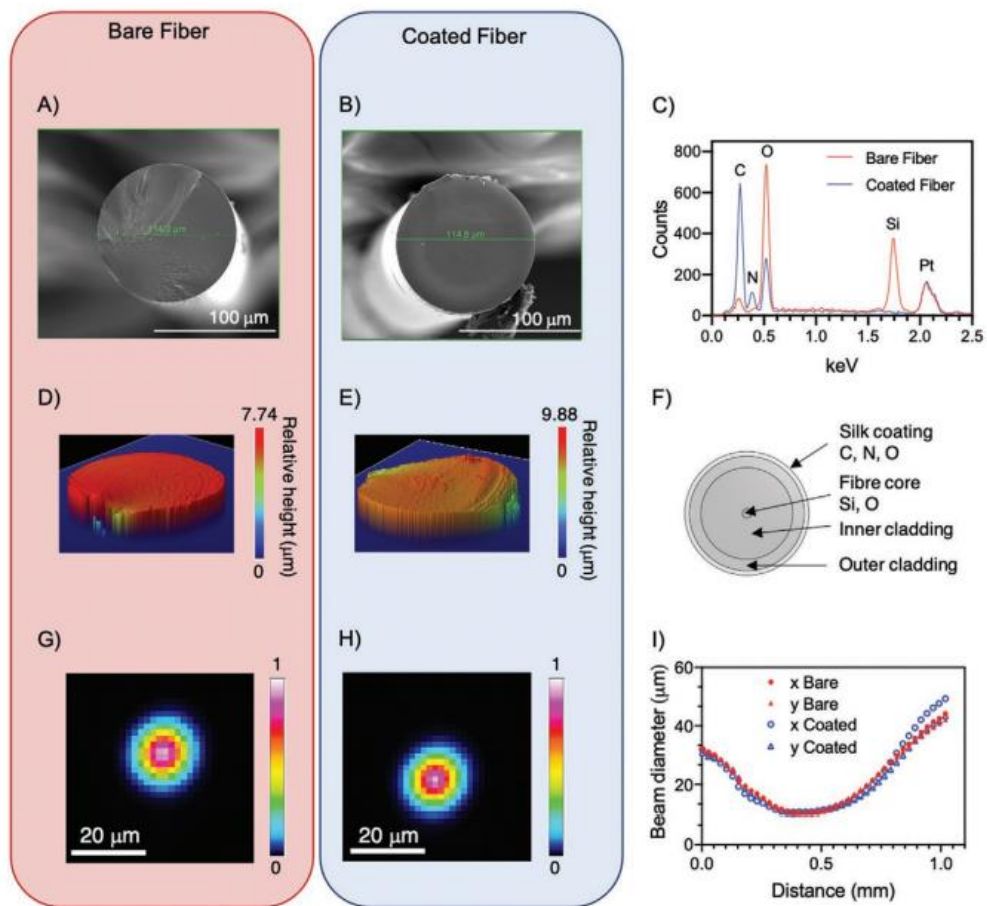


- 通过将Zn阳极，锌保护涂层，聚酰胺隔膜和阴极集成到单个基质中，称为集成电极，实现了在水性电解质中的ZIB的长循环寿命和强健的柔韧性。
- 左图 (e) 枝晶生长表面凸起和腐蚀反应凹坑均大于20微米高度和深度；集成设计后 (h) 图电极表面形态大大改善，凸起和凹陷明显减少。
- 集成设计的内置保护涂层可显著抑制枝晶和副反应，从而延长耐用性

Nano Energy 74 (2020) 104905

用于单纤维成像和传感的基于 Silk 的功能化架构

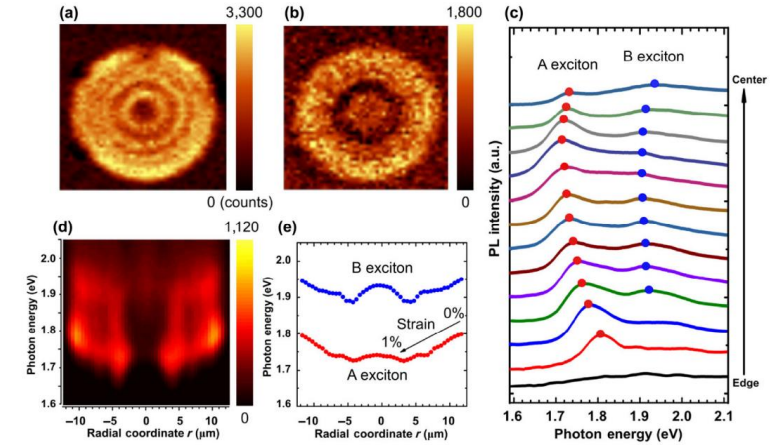
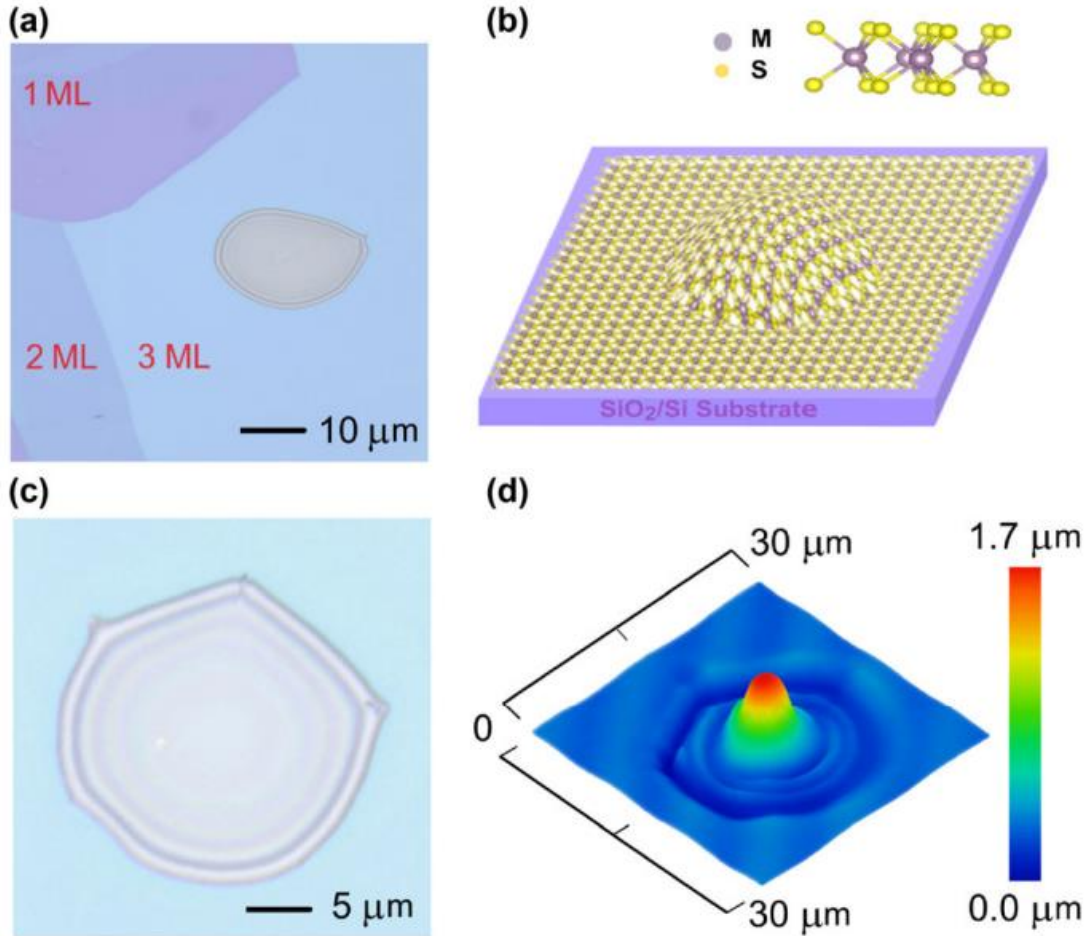
光纤浸涂前后表面形态对比



- 提出了一种用于单光纤成像和传感的新光纤功能化架构。
- 纤维尖端上有一层均匀的丝涂层。该涂层对反复洗涤很稳定，并且不会影响从光纤发出的成像光，可同时进行光学相干断层扫描 (OCT) 成像和 pH 传感。
- 光纤顶部的3D等高图 (D, E)，光纤浸涂前后形貌相似，面粗糙度Sa分别为0.15 和0.19 μm 。
- 光纤中心50 \times 50 μm 区域 (真正成像和通过荧光) 的粗糙度分别为0.04 和 0.06 μm 。SEM和光学轮廓仪观察到光纤浸涂前后的相似性说明丝蛋白涂层并不影响光纤顶部的拓扑学。

多层MoS₂气泡中局域双轴应变的直接带隙工程

样品表面形态



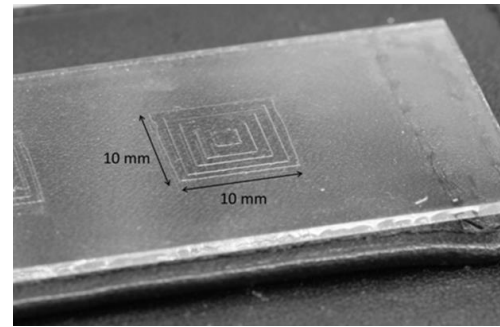
- (c)为四层MoS₂气泡的光学图像，接近圆形，四个光干涉引起的牛顿环清晰可辨。其平均半径R约为12.5 μm。
- 最大高度约为1.6 μm，如图(d)所示为白光干涉法测量的三维形貌图。据此，可计算应变变量。
- 与其他高度轮廓测试法如AFM相比，三维光学具有非接触观测的优势。

Nano Research, 2020, 13(8): 2072–2078

08

Additive Manufacturing: topography/morphology

双酚A-聚碳酸酯的3D反应喷墨打印



- 喷墨打印是一种可以产生微米级特征的技术，但通常受限于小于 30 mPa·s 的液体粘度，因此可用的材料有限。
- 一种用于沉积低粘度单体并原位聚合以形成聚合物部件的 3D 反应性喷墨打印 (3DRIJP) 方法正在兴起。
- 一层一个台阶打印的金字塔在 X 方向（打印方向）较为平滑，而 Y 向具有更明显波纹特征(a)。这一差异是由于在单层打印时反应混合物无法充分铺展开形成均匀分布。
- 施以5层工艺形成一层台阶的工艺时，形貌如(b)所示，其表面沿 X 和 Y 向均相对平滑，每层都是如此。没有在表面看到明显的针孔，但底层边缘的毛刺是由于表面张紧效应所致。

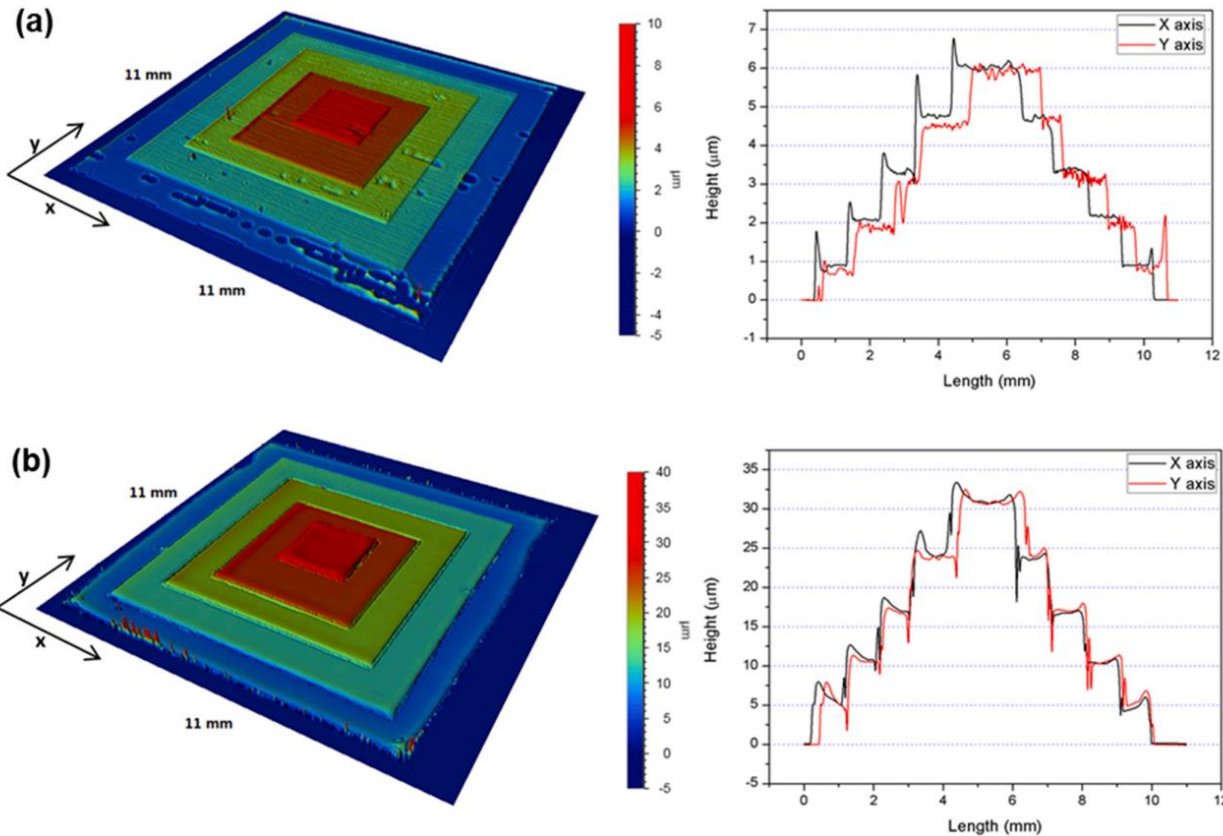
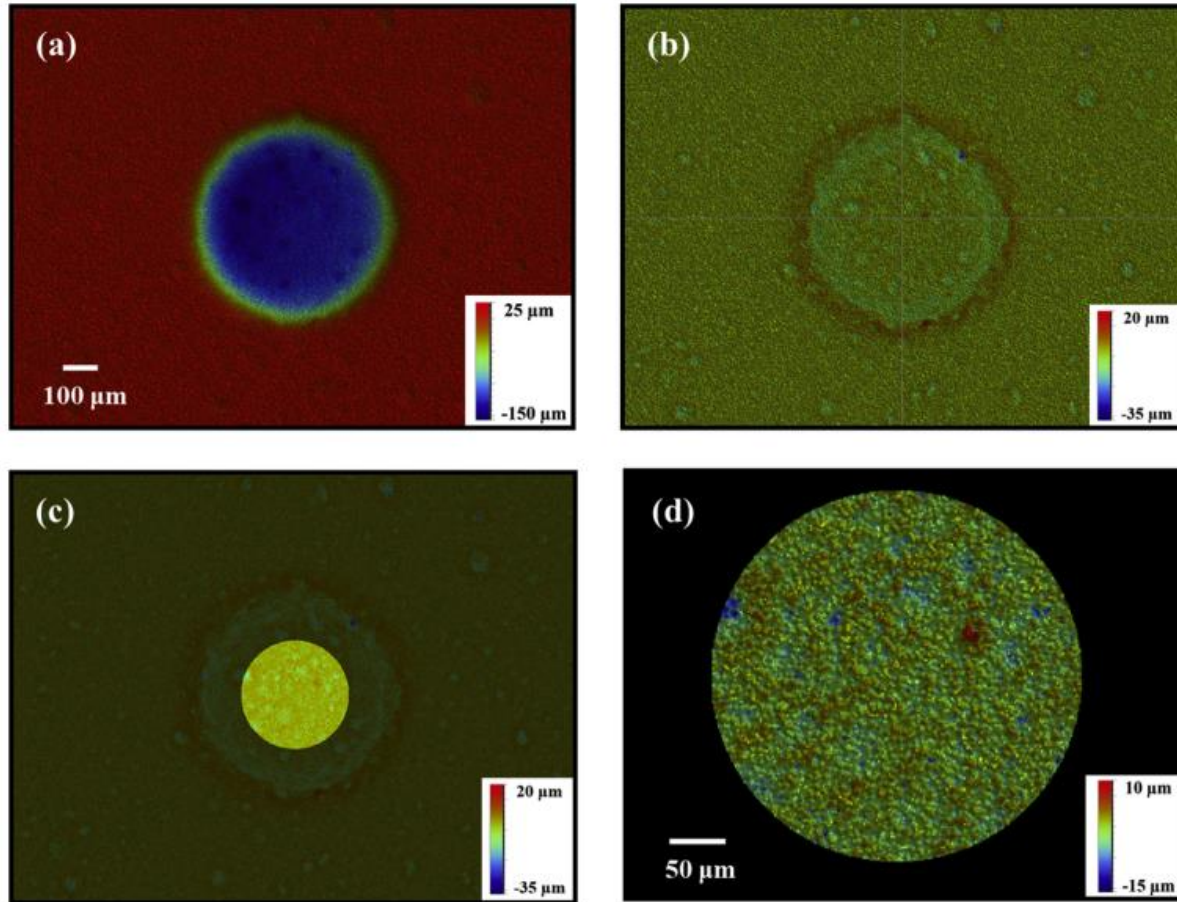
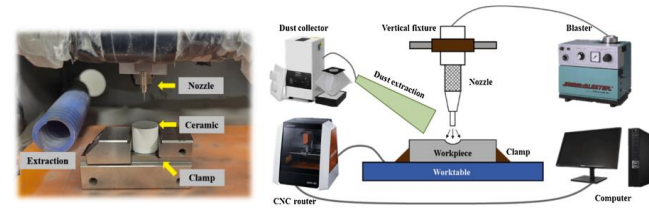


Fig. 6. The surface profile analysis for the 3D zigurat structure using Bruker Contour GT by the 'polymerisation layer by layer' approach: (a) 1 layer per step; (b) 5 layers per step.

Additive Manufacturing 54 (2022) 102745

微磨料射流加工氧化铝基陶瓷微凹坑的研究 - I

微凹坑底部粗糙度的数据处理过程



不同工艺处理的底部粗糙度和深径比

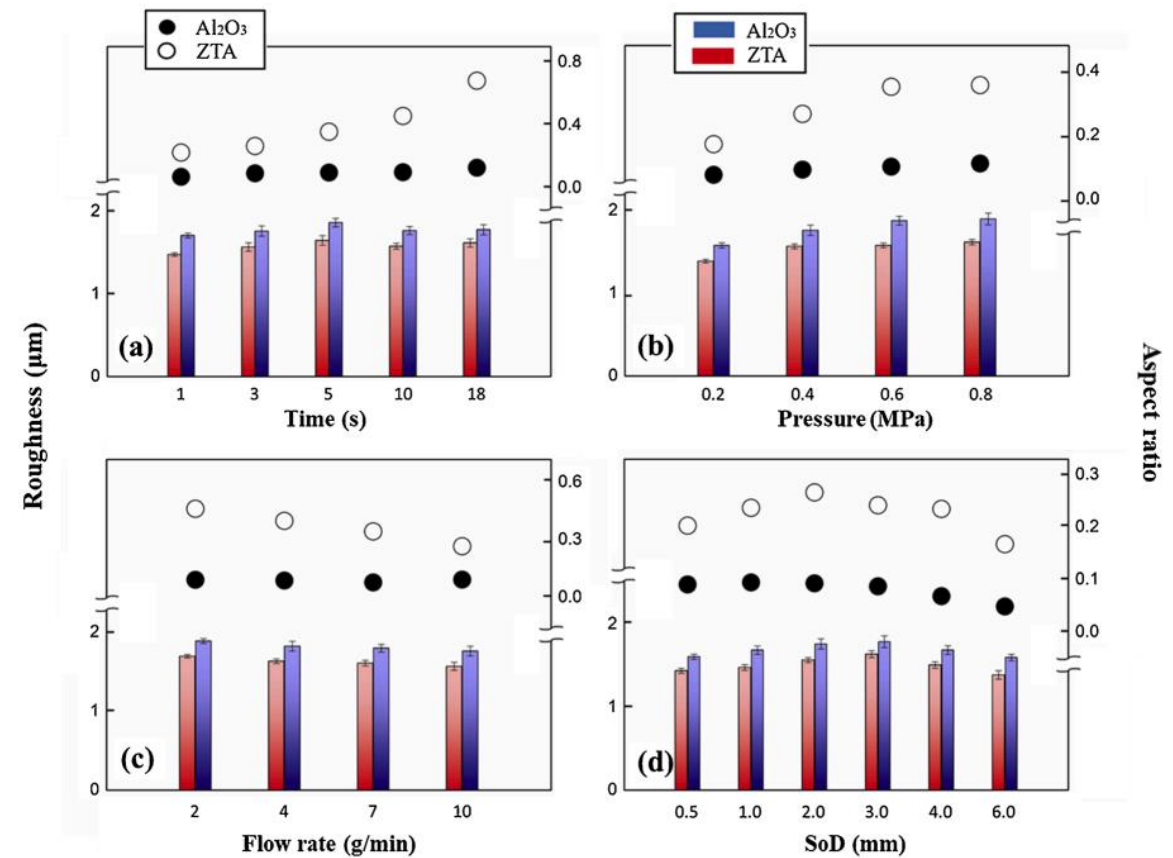
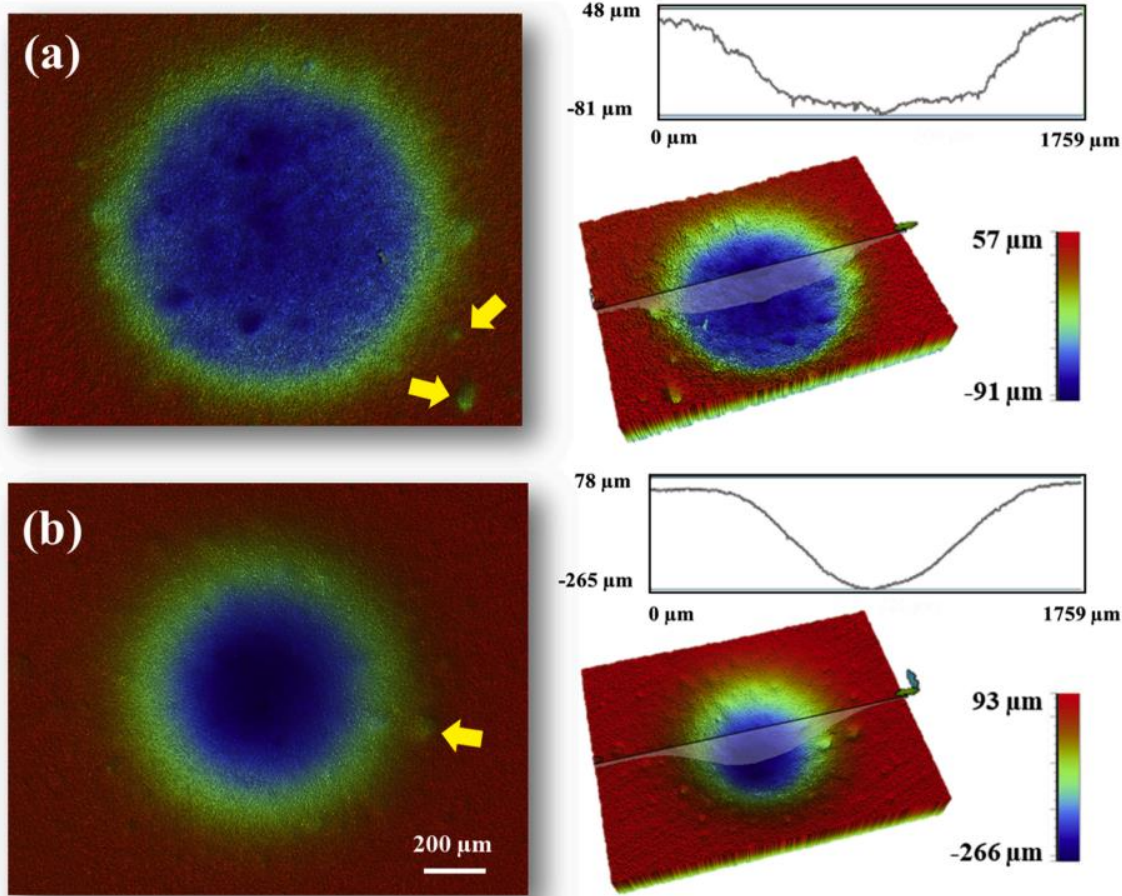
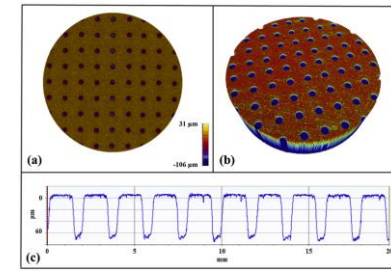


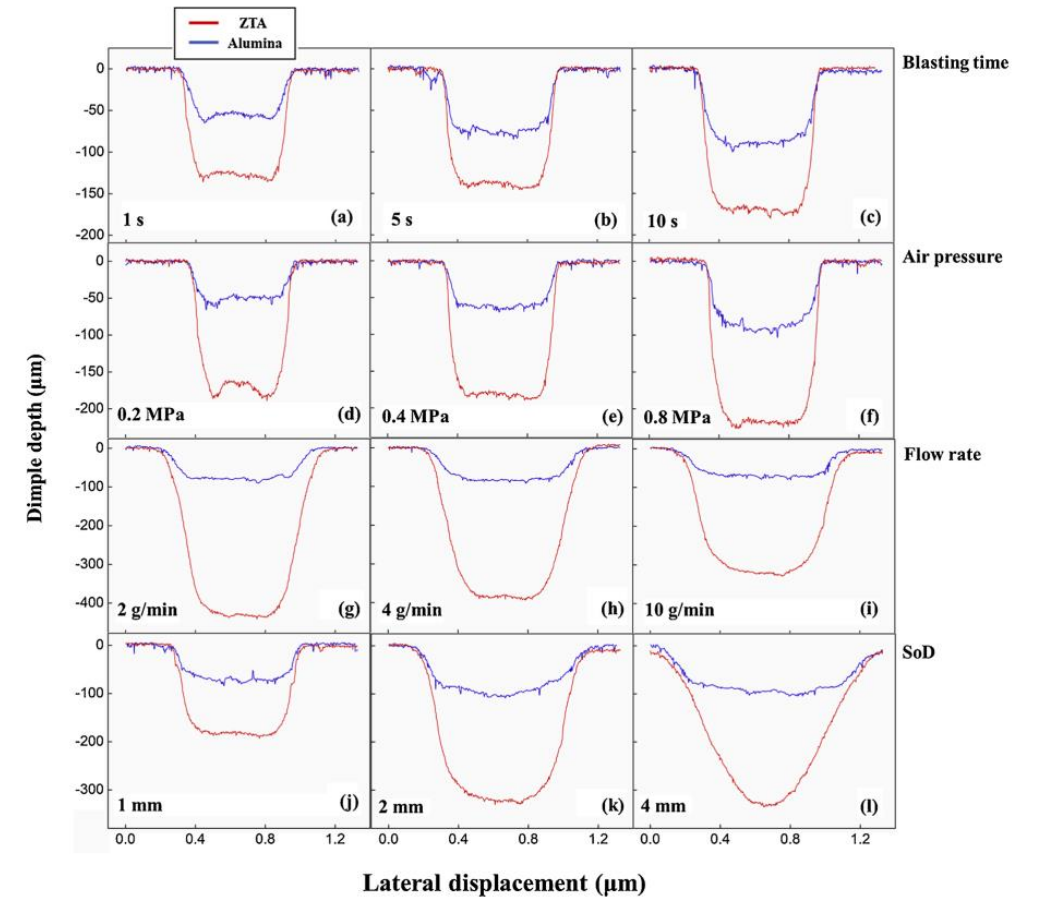
Fig. 7. Correlation of aspect ratio with added bottom surface roughness.

微磨料射流加工氧化铝基陶瓷微凹坑的研究 - II

氧化铝 (a) /氧化锆增韧氧化铝 (b) 同一工艺下的轮廓对比



不同工艺处理的对微坑深径的影响



Journal of Materials Processing Tech. 297 (2021) 117181

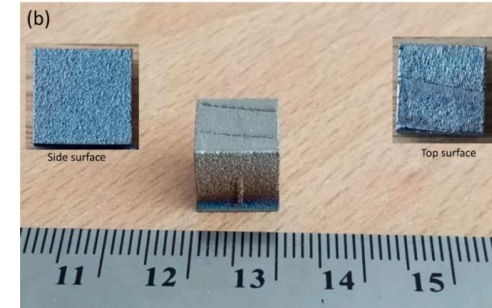
工艺参数对激光选区熔化Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr合金的密度、表面形貌和硬度的影响

粗糙度Sa(Ra)、Sz(Rz)、Ssk(Rsk)对比

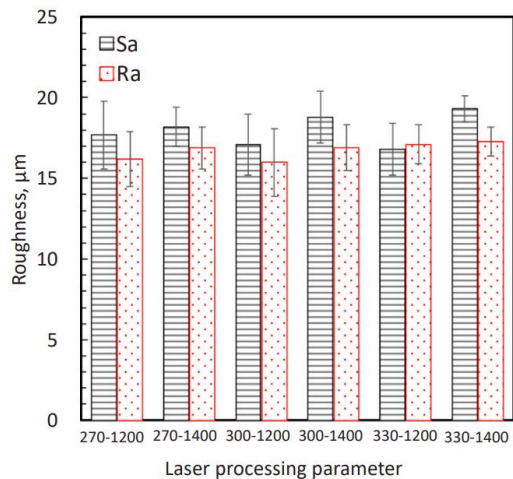
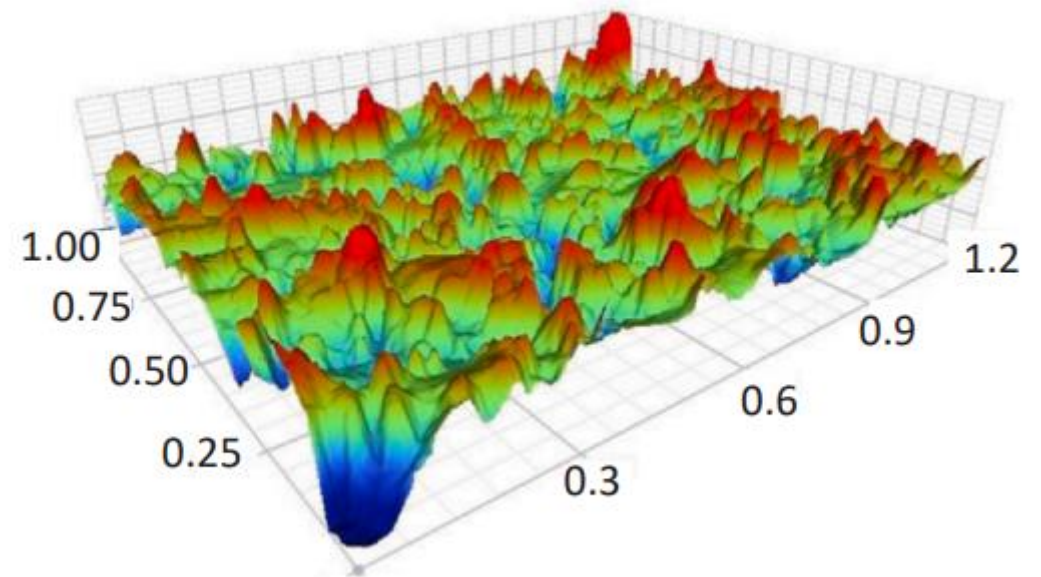
Table 3

Surface roughness parameters of as-built Ti-5553 alloy.

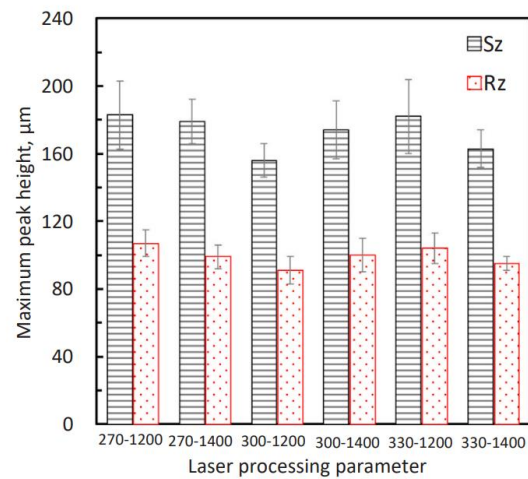
Sample (W/ mm.s ⁻¹)	Skewness (S _{sk})	Max. height (S _z), μm	Skewness (R _{sk})	Max. height (R _z), μm
270/1200	-0.21	183	0.01 ± 0.7	107 ± 28
270/1400	0.08	179	-0.18 ± 0.4	99 ± 17
300/1200	0.15	156	0.12 ± 0.5	91 ± 18
300/1400	-0.16	174	-0.12 ± 0.5	100 ± 22
330/1200	0.52	182	0.32 ± 0.7	104 ± 24
330/1400	0.17	163	-0.02 ± 0.4	95 ± 14



Ti-5553侧面位置的典型三维形态



(a)



(b)

Fig. 5. Surface roughness parameters: (a) surface roughness (S_a and R_a) and (b) maximum peak height (S_z and R_z) with respect to laser processing parameters.

激光-粉末床融合增材制造零件时粉末压缩和激光重熔对微观结构和机械性能的影响

不同粉末压缩比和单/双扫工艺对粗糙度及表面形态的对比

Table 4
Surface profile parameter values obtained for Sample 1 processing conditions.

Profile Property	AconityMINI		ProX 200		
	Single pass (SP)	Double pass (DP)	Compression Ratio 1 (C ₁)	Compression Ratio 2 (C ₂)	Compression Ratio 3 (C ₃)
Arithmetical Mean Height S _a (μm)	27.84	13.81	33.45	33.6	35.21
Maximum Height S _z (μm)	343.87	305	350	374.66	379.11
Average Surface Roughness R _a (μm)	29.23	14.67	23.51	24.64	27.03

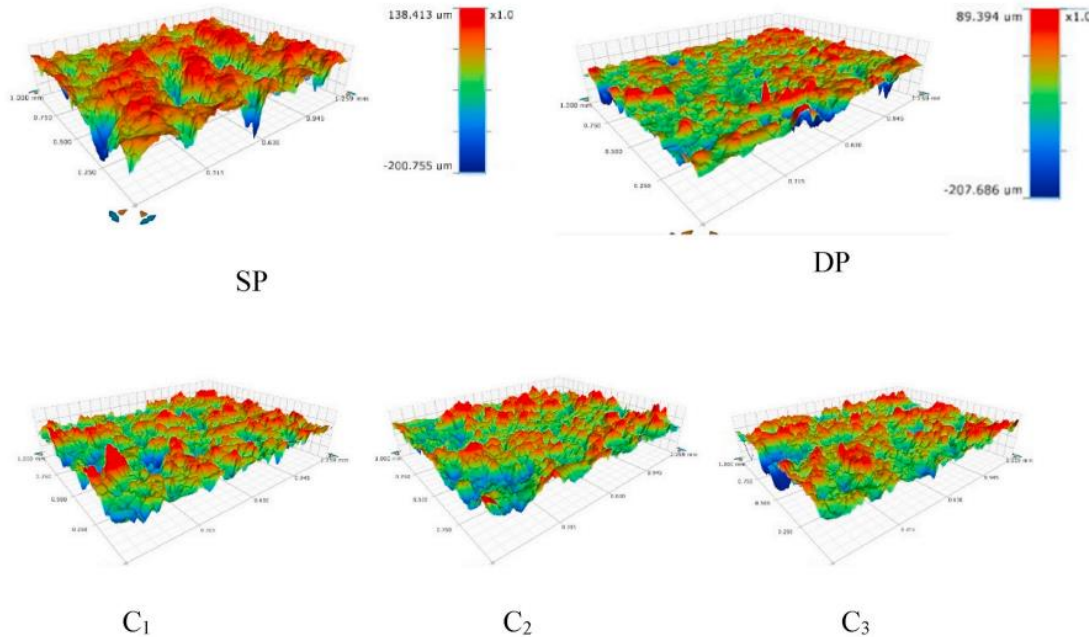
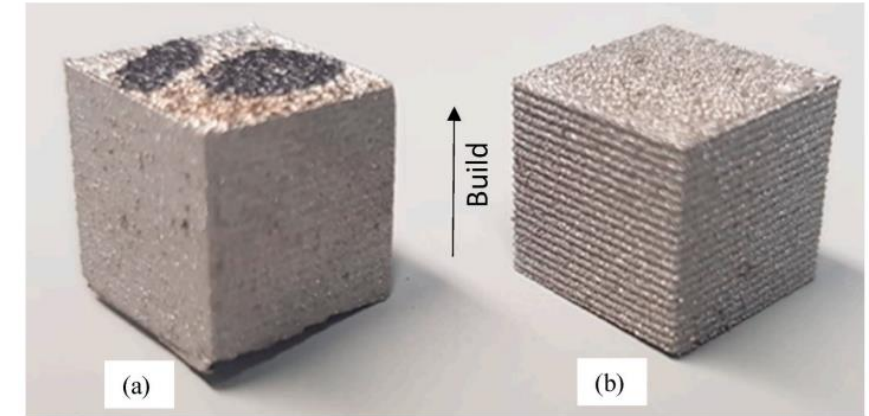


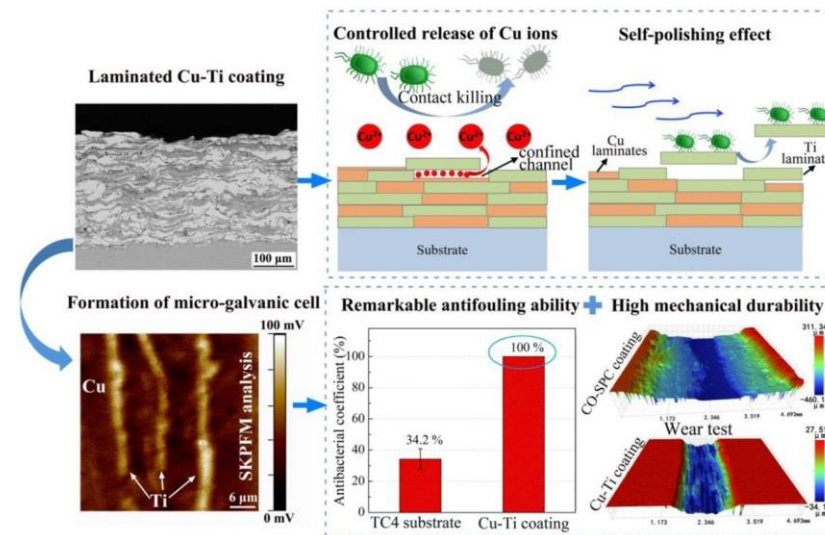
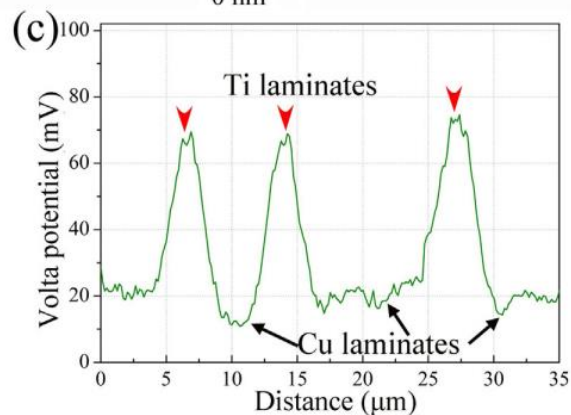
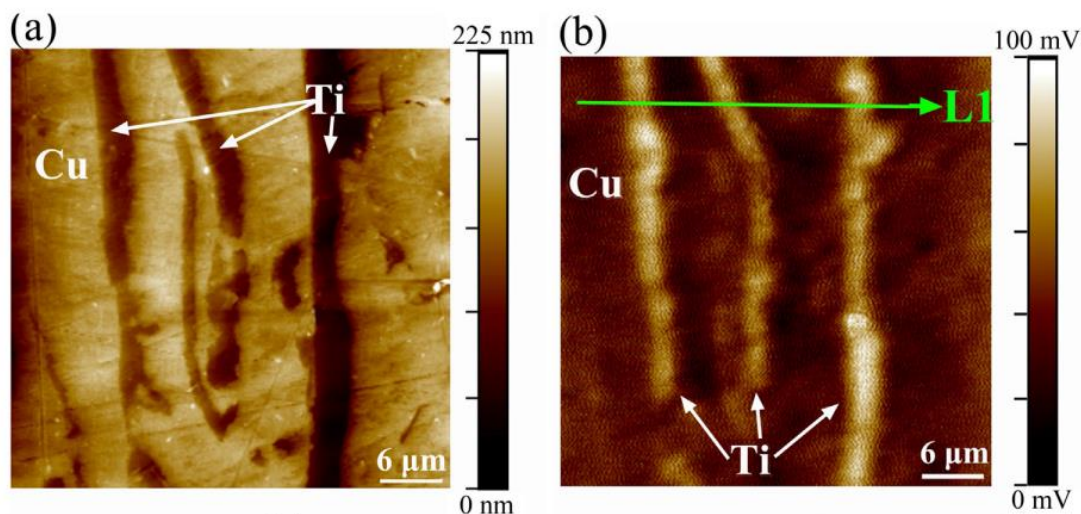
Fig. 7. Surface profile and topography for the single and double pass laser scan samples and the samples produced using the different compression ratios C₁, C₂ and C₃.

- Table 4的数据可看出双扫 (DP) 工艺比单扫 (SP) 时表面粗糙度有明显改善。
- 生物医用和航天应用时，通常需要高的表面质量来减少摩擦，为此可能还需要后续工艺来进一步减少粗糙度和波纹度。

Results in Materials 13 (2022) 100264

Others

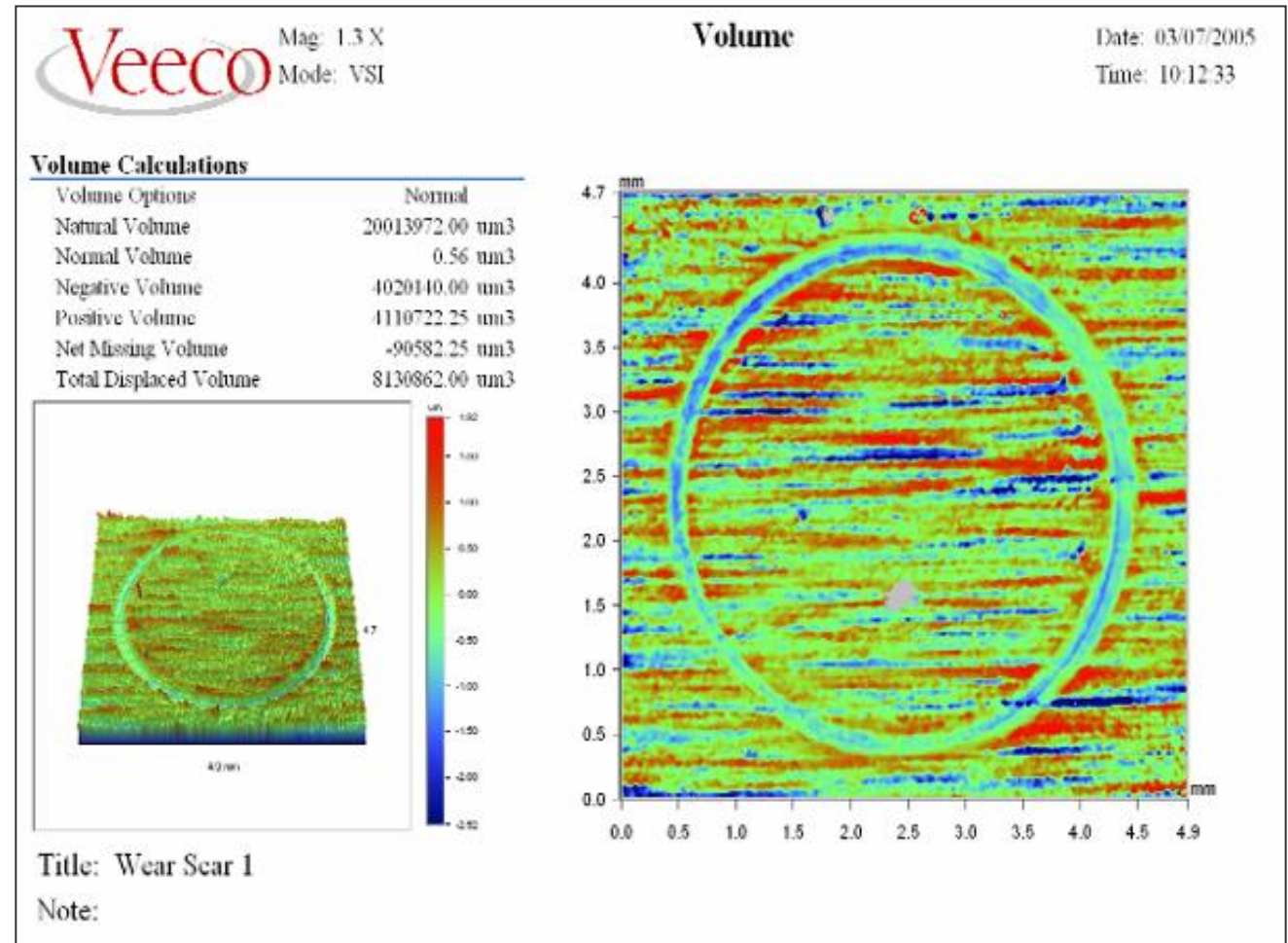
微米级Cu / Ti层压微结构设计的耐用自抛光防污Cu-Ti涂层

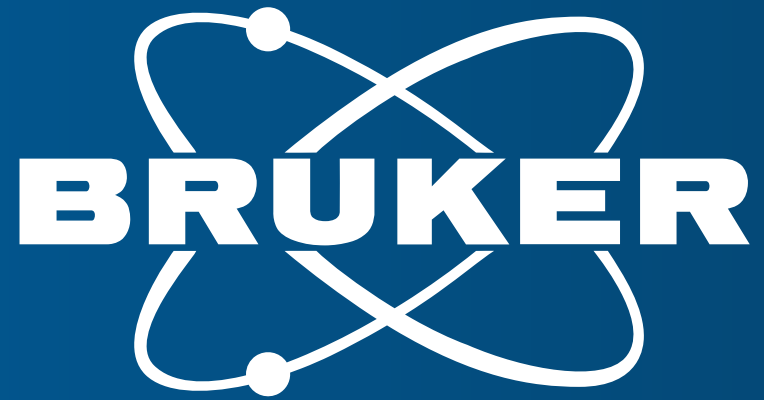


- In order to verify the galvanic interaction mechanism between the Cu/Ti laminates within the Cu-Ti composite coating, the relative Volta potential differences between Cu/Ti phases were examined by scanning Kelvin probe force microscopy (SKPFM) using an AFM instrument (Bruker Dimension ICON)

Pin and Ball on Disk Wear Studies

- Quantify material characteristics with wear studies
- Quantify material removal in terms of volume
- Evaluate negative, positive and missing volumes





Innovation with Integrity