

Proceedings of the ICSE Shanghai '97

上海'97 表面工程国际会议论文集

面向二十一世纪的表面工程

SURFACE ENGINEERING TOWARDS THE 21ST CENTURY

主 编

徐滨士

副主编

马世宁 刘家浚 朱有利

Editor

Xu Binshi

Associate Editors

Ma Shining

Liu Jiajun

Zhu Youli



机械工业出版社

China Machine Press

1997 中国 北京 Beijing, China

Proceedings of the ICSE Shanghai '97

Nov. 18-21, 1997 Shanghai China

上海'97 表面工程国际会议论文集

1997 年 11 月 18 日 - 21 日, 中国 上海

面向二十一世纪的表面工程

SURFACE ENGINEERING TOWARDS THE 21ST CENTURY

编 委 会

主 任: 徐滨士

副主任: 刘家浚 丁培璠 史耀武

编 委: 马世宁 刘世参 朱有利 安桂华 张立斌 宋 郁 张嗣伟 练元坚
(按姓氏笔划) 周平安 武 江 康永 海 锦 南 昭 志 王 蔚 祖 宋 戴 耀



主办单位

中国机械工程学会

国家自然科学基金委员会

Sponsors

Chinese Mechanical Engineering Society

National Natural Science Foundation

ISBN 7-111-06027-X



Copyright ©1997 by China Machine Press, China

Published and distributed by

China Machine Press

No.1 South Street, Baiwanzhuang, Beijing 100037, P.R.China

Printed in the People's Republic of China

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the copyright owner.

ISBN 7-111-06027-X/TH·829

图书在版编目(CIP)数据

面向 21 世纪的表面工程/徐滨士主编. —北京:

机械工业出版社, 1997.11

ISBN 7-111-06027-X

**I. 面 … II. 徐 … III. 金属表面保护—国际会议—文集
IV. TG17-53**

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97) 第 23201 号

出版人: 马九荣 (北京百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 武 江 责任校对: 宋 郁

**版式设计: 路凤芝 封面设计: 朱有利 责任印制: 刘统一
北京巨龙印刷厂**

1997 年 11 月第 1 版 • 1997 年 11 月第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm¹/₁₆ 印张: 38.75 字数: 800 千字

印数: 500 册 定价: 100.00 元

增进友谊
交流加强
合作推动
发展

賀97上海國際表面工程國際會議
鄒家華
一九九七年十月

For the promotion of friendship, communication, cooperation and development.

Congratulations on the opening of the International Conference on Surface Engineering, Shanghai '97

—— Zou Jiahua, the Vice Premier of the State Council

1997.10

加强表面工程研究
支持先进制造技术
发展

何光远
一九九七年
十月十日

Reinforcing surface engineering researches to support the development of the advanced manufacturing technology.

—— He Guangyuan, the former Minister of the Ministry of Machinery Industry

1997.10.12

序

自1983年由英国T·Bell教授创建世界上第一个以表面工程命名的“伯明翰大学沃福森表面工程研究所”、1985年创刊在国际上发行的《表面工程》杂志及国际热处理联合会改名为国际热处理与表面工程联合会以来,自1987年在中国建立第一个以表面工程命名的“中国机械工程学会表面工程研究所”和1988年创刊在中国发行的《表面工程》杂志以来,表面工程在国内外都得到了迅速的发展。在学科领域,表面工程正在不断地完善自身的学科体系,逐步形成一门新型综合性学科。在学术领域,表面工程已形成了交叉渗透的基础理论、技术理论,具有高新技术的特色。在应用领域,表面工程已广泛应用于国民经济的各行各业,在经济建设中发挥着越来越大的作用,产生了巨大的经济效益和社会效益。几乎可以说,凡是有表面的地方就离不开表面工程。一些知名专家预言:表面工程将成为主导二十一世纪工业发展的关键技术。国家主管部门已把表面工程列为“九五”计划和2010年长远发展规划的重要内容。

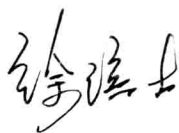
表面工程是将固体材料经表面处理后,通过表面涂覆、改性或多种表面技术复合处理,改变固体金属或非金属表面的形态、化学成分、组织结构和应力状态,以获得所需要表面性能的系统工程。表面工程强大的生命力在于她能有效地改善材料表面性能,节约资源能源,提高生产力,减少环境污染,获得极大的投入产出比。尤其一些常用表面工程技术,由于高新技术含量高,具有设备轻便、操作简单、省工省时、快捷有效等一系列优点,深受一线科技人员的欢迎,是现场应急维修的有力保障。

为了促进表面工程的发展,不断提高我国科技人员的研究和应用水平,大力开展学术技术交流,获得最新信息资料,尽快与世界先进水平接轨,我们组织了'97上海表面工程国际会议,并将会议论文出版成集。这次学术会议受到国家科委、机械工业部、国家自然科学基金委员会、中国机械工程学会、中国设备管理协会的指导和支 持,由中国机械工程学会表面工程分会、材料分会、摩擦学分会、热处理分会承办,由装甲兵工程学院等七个单位协办,受到美国、英国、德国、日本、俄罗斯、印度、韩国等13个国际学术团体的支持,得到国内工矿企业、大专院校及研究院所,以及广大科技工作者大力支持。这次会议论文集汇集了国内外表面工程研究与应用的最新成果,内容丰富,代表了当今世界表面工程的先进水平,值得我国表面工程界的广大科技人员阅读参考。同时,这本论文集也把我国的表面工程研究成果推向了世界,推向了二十一世纪,是我国表面工程十年发展的科学总结和历史见证。

这次表面工程国际会议的主题是:面向二十一世纪的表面工程—先进、优质、高效、节能、节材、低污染的表面工程技术及表面复合技术与表面工程技术设计。这本论文集的大会主报告和五个专题,从不同侧面反映了会议的主题,代表了表面工程的发展方向,体现了表面工程强调“综合、复合、交叉、系统”的发展特色,对表面工程向二十一世纪的发展有重要指导意义,因此,这本论文集命名为《面向二十一世纪的表面工程》。

最后,衷心地感谢为会议做出贡献的各界人士,感谢论文的作者、感谢主办单位的领导、感谢一年来为会议做了大量工作的组织委员会、学术委员会的委员和秘书处工作人员。

预祝会议圆满成功!



大会主席
中国机械工程学会副理事长
中国工程院院士
1997.11

祝賀九七上海表面工程國際
會議勝利召開

發展表面工程為先
進制造技術做貢獻！

師昌緒
一九九七年
十月一日

Congratulations on the successful convening of the International Conference on Surface Engineering, Shanghai '97

Further advances in surface engineering to contribute to the advanced manufacturing technology

—— Shi Changxu, the Vice President of Chinese Academy of Engineering

PREFACE

Since the establishment of the Wolfson Institute for Surface Engineering in the University of Birmingham in 1983 and the launch of the international journal of "Surface Engineering" in 1985, the establishment of the Surface Engineering Research Institute of Chinese Mechanical Engineering Society in 1987 and the issue of the national journal of "Surface Engineering" in 1988, the surface engineering has obtained rapid development in China and abroad. The discipline system of the surface engineering is being perfected. A modern synthetical discipline with interdisciplinary basic theory and technical theory is gradually formed. And it is widely applied in various fields of the national economy, plays a more and more important role in economic construction and produces great economic and social benefit. Some famous experts predicted that surface engineering techniques would become one of the key techniques in dominating the industrial development in the 21st century. In the Ninth Five-year plan and Long-term programme by 2010 of China, surface engineering has been designated as one of the most important projects.

Surface engineering is a systematic engineering to obtain desired surface properties by surface coating, surface modification or duplex surface treatment on a pretreated metallic or non-metallic solid surface to alter its morphology, chemical composition and microstructure. It can effectively improve surface properties of materials, economize the energy resources, increase productivity, reduce environmental pollution and obtain great input-output ratio. Especially, some common-use surface engineering techniques which are characterized by light-weight, easy operation, labor-saving and high efficiency have been warmly received by technicians and guaranteed field emergency maintenance.

We organize the International conference on Surface Engineering Shanghai '97 and publish the proceedings to promote the development and academic exchanges of the surface engineering, improve its research and application and avail us of the most up-to-date information in the world.

The conference is hosted by National Science Foundation of China and CMES. The theme of the conference, Surface Engineering Toward the 21st Century---advanced, high-quality, energy-saving and less-polluting surface engineering technique, duplex surface technique and surface engineering technical design, is fully reflected in the keynote lectures and five sessions of the proceedings which embodies the comprehensive, interdisciplinary and systematic features of the surface engineering development. Therefore, the proceedings is titled as Surface Engineering Towards the 21st Century.

Finally, we are particularly indebted to all people who rendered their contribution for the conference, to authors of papers, to leaders of organizers and to members of organizing committee and program committee and secretariat.

Wish the conference success!

Xu Bin-shi

Chairman of the ICSE Shanghai '97
Academician Xu Binshi
1997.11

目 录

特邀报告

表面工程—为社会经济发展和人类美好生活服务	练元坚(1)
面向 21 世纪的表面工程	徐滨士(7)
铝质材料的摩擦学表面改性	薛群基(12)

1. 物理、化学气相沉积及离子注入技术

离子渗钨钼溅射率与吸收率的研究	高 原(17)
离子复合表面强化模具材料的冲击磨损行为研究	韩 严(19)
羟基磷灰石涂层的水热反应原理及其动力学分析	黄立业(23)
PCVD 硅涂层对电工钢磁性能的影响	李平生(26)
双层辉光离子渗金属中炉内温度场研究	李忠厚(28)
离子渗金属中表层合金贫化现象的探讨	李忠厚(30)
渗钨钼合金层沉淀相的研究	刘小萍(33)
辉光离子渗金属速度及最佳注入时间的确定	刘小萍(37)
离子束增强沉积 CrN _x 薄膜组织结构及摩擦学性能研究	唐 宾(39)
精密模压模具	王永康(42)
轴承钢等离子体基离子注入混合 Ti、C 层结构和摩擦特性	夏立芳(43)
等离子弧对灰铸铁表面强化的研究	杨 勇(46)
离子束辅助沉积(TiAl)N 硬质膜试验研究	朱绍华(49)

2. 堆焊、热喷涂技术

电弧喷涂技术在机械零部件修复中的应用	毕志夫(52)
等离子涂层改善高温腐蚀下电站锅炉用钢的抗拉强度	陈 华(54)
金属喷涂在汽车检测中的应用研究	董大军(58)
含稀土元素热喷涂粉芯线材的研究	贺定勇(61)
涡轮叶片的低压等离子喷涂工艺设计	洪瑞江(65)
涂层组织对 HVOF 镍基自熔合金涂层性能的影响	李长久(69)
QT-9000 型超大功率火焰粉末多功能喷涂枪的研制	黎 明(72)
激光表面合金化提高钛合金耐磨性研究	李 鑫(75)
铁道养路大型捣固车镐板抗冲击耐磨涂层制备工艺研究	刘丰荫(79)
金属热喷涂复合涂层在海船防腐蚀中的应用研究	马青华(83)
中国石油储罐防腐剖析	索双富(87)
面向 21 世纪的电弧喷涂技术	徐滨士(90)
塑料粉末涂料涂敷技术研究及其应用	徐滨士(94)
新型高效、高质等离子粉末堆焊技术初探	王红英(98)
陶瓷等离子喷涂层的高温摩擦磨损试验	王正平(102)
真空熔结涂层冲击柱	吴仲行(105)
超音速电弧喷涂不锈钢涂层结构和性能的研究	杨 晖(107)
压电陶瓷等离子喷涂技术与应用	张春明(110)
金属表面强化前后加工难题的克星电熔爆技术	赵宝林(114)
ROKIDE 系统高技术陶瓷涂层研究与实验	赵国刚(117)

3. 电镀、电刷镀、化学镀、转化膜技术

钢铁零件阳极硫化工业化应用研究	蔡定康(121)
稀土 L1 工业纯铝阳极氧化膜性能的研究	陈淑华(124)
用电刷镀技术提高铝材胶接强度的工艺研究	冯春晓(127)
飞机镁合金零件局部腐蚀的快速修复工艺	冯春晓(129)
铝阳极氧化膜耐磨性的测量及表示方法	宫秋苓(131)
稀土对 Ni-Fe 合金镀液性能的影响	韩 勇(133)
铝及铝合金表面化学镀 NiP 合金的研究与应用	胡贵方(137)
单螺杆泵转子磨损表面的修复	何志洪(140)
工程机械维修中的电刷镀技术应用研究	李 峰(143)
低镍 Fe-Ni 合金电镀修复强化技术的研究	李庆伦(146)
大桥悬索鞍座复合减摩表面涂层的设计与应用	马世宁(149)
微机控制铝阳极氧化电解着色原色系膜层的研究	单玉桥(152)
表面复合材料镀层在兵器中的应用	王来生(156)
钹铁硼稀土永磁材料电镀锌工艺与镀层性能的研究	于晓中(159)

4. 减摩技术、高分子材料及粘涂技术

应用“超金属”修补剂对典型零件的修复	巴国召(162)
溶胶凝胶法金刚石薄膜制备	陈晓虎(165)
ASSP 溶胶的动态稳定性及其影响因素的研究	杜庆柏(168)
耐高温粘结固体润滑涂层的研究	胡丽天(172)
汽车用防锈蜡保护技术的研究	胡林林(175)
含 N 化合物表面修饰的硼酸盐润滑油添加剂的摩擦化学机理研究	乔玉林(179)
纳米 ZrO ₂ 填充聚醚醚酮摩擦表面和转移膜的研究	王齐华(181)
可在大气中使用的高温自润滑涂层材料	张国威(183)
对表面涂覆多层电接触润滑剂的性能研究	周怡琳(186)

5. 激光、电子束及其它技术

耐熔锌腐蚀涂层及应用	曹晓明(191)
铝/硅线石粒子复合材料摩擦磨损特性研究	陈 威(194)
氮化钢热循环离子渗氮特性的研究	邓光华(198)
电加热渗铝的研究	高 原(205)
重载车辆变速箱延寿途径探讨	姜厚温(208)
化学致密化法形成的复合陶瓷涂层的组织和性能	李长久(210)
材料特性和光斑形状对激光相变硬化温度场的影响	刘书华(213)
磨削力对陶瓷磨削表面完整性的影响	田欣利(217)
工模具钢离子多元共渗的研究	韦剑飞(219)
冲模粘结瘤及其综合防治	俞建荣(222)
模具表面局部缺陷修复设备及技术的研究	张甲英(226)

Invited Speeches

Artificially structured electrolytic coatings with unique functional properties	J.P.Celis(229)
New progress of researches on duplex surface treatment	Liu Jiajun(235)
Trend in super-hard materials coating by plasma and ion beam processes	Shoji Miyake(243)
Post treatment of titanium nitride by ion implantation	Anthony J. Perry(250)
Qualitative and quantitative analysis of surface damage induced by fretting	Siegfried Fouvry, Leo Vincent(258)
Regeneration of machine elements by modern welding methods	Wladyslaw Wlosinski(266)
Surface engineering towards the 21st century	Xu Binshi(273)

1. PVD, CVD and Ion Implantation Techniques

Implementation of scientific research results into industrial practice in the field of surface engineering	Tadeusz Burakowski(279)
Influence of process parameters on the properties of arc-ion-plated CrN coatings	B. Fun-yen Chen(283)
Characterisation of titanium aluminide thin films deposited by a filtered arc evaporation system using mosaic Al-Ti targets	Z. Chen(287)
Synthesis of silicon-on-insulator (SOI) materials by plasma immersion ion implantation	Paul K. Chu(291)
The role of plasma parameters on properties of titanium nitride films in vacuum arc deposition	Cheng Zhongyuan(297)
The preparation of nanometer particles for the surface engineering	Cui Zuolin(301)
Buckling formation of thin hard coating during wear	Dongfeng Diao(303)
Surface modification of ultrahigh molecular weight polyethylene by plasma immersion ion implantation	H.Dong(307)
Tribological behavior of sulphide coating on steel surface and application of ion sulphuration technique in industries	Fang Xiaodong(311)
Plasma assisted surface modification of materials	P.I. John(315)
Effect of cooling speed on morphology structure in double-glow discharge plasma W-Mo alloying	Li Chengming(321)
Preliminary study on plasma diagnostics of double-glow discharge plasma surface alloying	Li Chengming(324)

Intermetallics films deposition by double glow discharge plasma surface alloying technology	Li Chengming(327)
Study on cooling cathode arc plasma carbonizing and mechanism	Li Chengming(330)
The cutting performance and wear mechanisms of ceramic tools with MoS ₂ solid film deposited by magnetron sputtering	Liu Yourong(333)
Phase design of metastable pseudobinary nitrides containing aluminum by band parameters	Y.Makino(337)
Study on the tribological properties of the 45# steel treated by high temperature PIII	Tian Xiubo(341)
A novel type of audio-frequency reactor for plasma deposition — new possibilities in thin film technology	J.Tyczkowski(344)
Increasing tools and machines parts durability by industrial implementation of PAPVD methods	Jan Walkowicz(348)
Study on MoS ₂ deposited on diamond like carbon films by unbalanced magnetron sputtering for sliding wear improvement	Da-Yung Wang(353)
The improvement of hydrogen evolution activity on titanium electrodes by ion-beam modifying technique	Wang Meifeng(357)
The influence of the nitrided layer structure of W18Cr4V high speed steel on the bonding strength of PCVD TiN films	Xie Fei(360)
Ion implantation for surface modification of hardened tool steels	L.D.Yu(364)
The influence of Ne ⁺ bombardment to the interface and tribological performance of Ni/Cr multilayer	Zhang Wei(368)
A new application of ion beam strengthening technology on printed circuit board drills	Zhang Zhenxue(371)

2. Build Welding and Thermal Spraying Techniques

Mechanism of developing microcracks during electron beam surface rapid solidification treatment	Chen Xiaofeng(375)
Study of electron beam surface rapid solidification treatment on TC ₄ alloy	Chen Xiaofeng(378)
Application of fuzzy mathematics in flame spraying	Feng Lajun(380)
How to successfully battle corrosion: thermally sprayed coatings of zinc and zinc alloys	Michael Knepper(384)
Fabricating of Ni ₃ Al coating on carbon-steel surface via SHS casting route	La Peiqing(392)
Elevated temperature tribological properties and hardness of Ni ₃ Al coating	La Peiqing(396)
Study of new cord wire for use with wear resistant coating by arc spraying	Li Xiaogang(400)
Thermally sprayed ceramic coatings: an alternative for the enhancement of the corrosion resistance of foundry tools	H.Liao(403)

Study on application of wet blasting roughening in arc spraying	Ma Yuejin(407)
Effect of powder structure on the properties of low pressure plasma sprayed Ti-Mo-Ni cermet coatings	Akira Ohmori(411)
Nitrogen enrichment in stainless steel coatings by reactive plasma spraying	Sachio Oki(416)
Friction coating characterization and possibilities in cutting-tool application	Takeshi Shinoda(419)
Effect of melting properties of cladding alloy on cracking susceptibility of laser-clad layer	Song Wulin(423)
Research of laser cladding Ni-based coating on aluminum alloy	Su Xunjia(426)
Influence of additive Y-PSZ on the thermal shock resistance of plasma-sprayed Al_2O_3 -composite coatings	Tan Wei(429)
The experimental study on arc sprayed mould making for plastic products	Xu Binshi(432)
A study on the arc spraying of 7Cr13 cored wire and tribological properties of the composite coating	Xu Binshi(436)
New plasma surfacing technology for high efficiency and high quality	Wang Hongying(440)
Study of high temperature protective performance of MCrAlY coating on directionally solidified superalloy by arc plasma depositing	Wu Fengjun(445)
Research and experiment on ROKIDE system high-tech ceramic coatings	Zhao Guogang(449)
Specialties of laser surface alloying and cladding of Al-alloy	Zhao Wenzhen(453)
Advanced PLAZJET system and its improvements in ceramic coatings	Zhu Sheng(456)

3. Electro-, Electro-Brush and Chemical Plating and Transfer Film Techniques

A study on friction and wear characteristics of electroless Ni-W-P alloy coatings	Wen-Hua Hui(460)
Study of steam corrosion process and surface protection for YBCO superconductor	Shan Yuqiao(463)
Study of silver coating on the high textured YBCO superconductor	Shan Yuqiao(466)
Study on the function of cerium and lanthanum in a nickel-phosphorus brush plating solution	Shen Dejiu(469)
Study on brush plating repair of the worn-out copper alloy parts of the military aircraft	Xia Chengbao(472)
The influence of brighteners to the microstructure and tribological properties of electrodeposited multilayers films	Xue Qunji(474)

4. High Polymer Material, Anti-Friction, Bonding and Painting Techniques

Study on new special paint of SMC automobile plastics	Huang Chou(478)
Wear behavior of chromizing-titanizing layer	Lou Baiyang(480)
Tribological characteristics of CeF_3 and its composite coating at elevated temperatures	Lu Jinjun(484)
Substrate surface energy effects on liquid lubricant film at nanometer scale	Luo Jianbin(488)
Study on tribochemical mechanism under oil lubrication containing the borate and ZDDP	Qiao Yulin(493)
Development of super fine powder MoS_2 + graphite + PTFE bonded coating and its friction reduction ability	Sheng Xuanyu(496)
Corrosion resistance technological and interphase bonding experimental study on the modified metal-plastic composite film	Xu Binshi(501)
The research of thermosetting acrylate resin paint's re-smoothflowing technique	Yang Xiaoyan(504)
Properties and applications of the sulphide lubricationality gradient material for metals and alloys	Zhang Yifei(507)
Friction and wear behaviors of Bis (dimethyl sulfoxide)-Tri (N,N-dimethyldithiocarbamate) lanthanum in grease.....	Zhang Zefu(512)
Investigation of properties of multilayer lubricants covered on silver plated electric contacts surfaces	Zhou Yilin(515)

5. Laser Beam, Electron Beam and Other Techniques

Boronizing with corrosion resistance to molten zinc and inter heating in galvanizing	Cao Xiaoming(520)
Surface failure analysis of SIC electrical heating elements service at high temperatures	Chang Chun(524)
The elastic-plastic MOL analysis for scratch test	Dai Yao(528)
Experimental investigation on fretting fatigue of titanium alloy and stainless steel under complex loads	Dai Zhendong(530)
Mitigation of localized corrosion in austenitic stainless steel by laser surface modification technique	R.K.Dayal(535)
Current characteristics in the process of micro-arc oxidation	Deng Zhiwei(540)
Rapidly electromagnetic nondestructive testing of the carburized layer depth	Fan Jingyun(544)
Research on self-propagating high-temperature quick-boriding	Ge Changlu(547)

Silicon containing additives in ceramic-lined pipes produced by centrifugal thermite process.....	Geng Jianfang(551)
New materials and surface engineering technologies for ballistic protection: problems and prospects.....	A.I. Gordienko(554)
Interfacial behavior of Ti/NiCrAlY system at high temperature and the effect of Pt inter-layer	Liu Haiping(557)
System-related models of research results transformation into industrially utilizable solutions.....	Adam Mazurkiewicz(560)
Elaboration of technologies measuring damages complex and Extending of survivability of power-generating plant by strengthening technologies and coatings.....	V.E.Panin(565)
Investigations of the influence of ceramic coating TiO ₂ on plastic deformation of titanium	V.E.Panin(568)
State of the art of electron beam surface engineering	Igor L. Pobol(572)
Characterisation of surfaces by nondestructive testing techniques	Baldev Raj(576)
Research on friction and surface damage of electrogalvanized steel sheet for deep drawing	G.Rong(580)
Two-step salt bath nitrocarburizing processing technology	Qiang Yinghuai(584)
Study on non-polluting and low temperature salt bath vanadionitrocarburizing process and its application.....	Wei Xicheng(588)
Surface analysis of ceramic filters for emission control in coal gasification	Jianren Zhou(592)
Mechanism of interface cracking between carbon steel and epoxy-based coatings in 3.5% NaCl solution at cathodic potential.....	Zhou Zhongquan(596)
The effect of rare earth elements on the structure and properties of vacuum sherardizing layer	Zhu Zongyuan(599)
Tribological properties of nickel-copper multilayer protective coatings	Wei Zhang(603)

特邀报告

表面工程 — 为社会经济发展和人类美好生活服务

练元坚

中国机械工程学会表面工程分会, 100823

前言

今天我们生活的时代是一个变化中的时代, 充满挑战和机遇的时代。明天我们面临的 21 世纪, 更将是一个超速发展的时代, 一个开拓飞跃和巨大变革的时代, 一个知识将极大地服务于革新、服务于发展、服务于全人类美好生活的时代。在这样一个时代里, 对新技术形成了从来没有过的迫切需求。作为一项充满巨大潜力、充满无穷可能性的新型技术, 表面工程注定将成为这一历史洪流中的一个积极的不可缺少的参与者, 特别是在解决人类面临的重大课题—能源、环境和生态、可持续发展、不断提高生活质量等问题上做出不可磨灭的贡献。

表面工程在广义上包含了从基础科学取得的发现出发, 通过应用性研究、技术和产品开发、工程应用和推广、实现从科学到现实生产力的转变这样一个完整的过程, 其核心则是以开发应用和工程生产为主体, 向前延伸到应用研究、向后延伸到市场研究, 这样一段具有很强的应用指向性 (Application-oriented) 的研究生产活动。

1 表面工程 — 一项充满机遇和惊奇的高活力事业

1.1 表面工程技术的特点

表面工程技术应用物理学、化学、电子学、机械学、材料学等多种学科的最新知识, 对产品或材料表面进行处理, 赋予其减摩、耐磨、耐蚀、耐热、隔热、抗疲劳、耐辐射以及光、热、磁、电等特殊功能。^[1]

表面工程在四十年代解决了在半导体表面真空蒸发镀金属膜, 促成了五六十年代电子工业的大发展。直至今日, 电子工业和计算机工业的进一步发展仍将得益于激光沉积镀金镀铜、化学镀镍磷合金等这样一些表面工程的新技术。

表面工程提供的耐磨、耐蚀、抗疲劳等性能使机械工业水平普遍得到提高, 并使一些重大新产品新技术得以实现, 其中包括燃气轮机叶片采用复合涂层提高抗氧化和耐磨性能; 水轮机及水利工程构件耐冲蚀、耐腐蚀的表面工程方法处理; 用高硬度功能膜使轴承滚动副表面改性等。

如此种种, 表面工程渗透到各个领域并为之带来巨大的好处。这也反映出相对于众多的工程技术领域, 表面工程技术所具有的明显特点:

(1) 表面工程技术是机械制造共性技术和传统单元技术中最富活力和生命力的工程技术;

(2) 表面工程技术学科跨度大, 覆盖领域广、发展速度快、应用面宽、综合性强;

(3) 表面工程技术是传统技术和高新技术的结合和贯通;

(4) 表面工程技术是诸多学科和工程技术的边缘交叉、复合共融、渗透叠加的产物;

(5) 表面工程技术覆盖材料的保护到新材料新性能的创造, 提供新功能, 展现新机遇;

(6) 表面工程技术兼具基础性和实用性, 涵盖理论和应用, 融合水平和效益。

(7) 表面工程技术往往能解决依靠单项传统技术无法解决的难题, 给人以出乎意料的惊喜和柳暗花明的感觉。这在大规模集成电路、计算机磁盘技术、表面隐形技术等方面表现得很明显。

可以说, 表面工程作为一项工程技术, 其突出的特点正是“上游丰富, 下游广阔, 多向渗透, 广域应用”。也可以说, 表面工程无所不在, 从不停息, 是一项永无止境的、充满机会和可能性、充满突破和新惊奇的高活力事业。

1.2 表面工程服务于创造财富

从机械制造业的情况来看, 表面工程使内燃机的缸套/活塞环、凸轮/挺杆、轴/轴套三对摩擦副降低能耗 1/4 ~ 1/3, 大修里程从平均 10 万 km 提高到 30 万 km。我国最大的内燃机活塞环制造企业仪征双环公司适应需求, 建成远东最大的内燃机用活

塞环车间，生产各种规格的镀铬活塞环。

切削刀具采用氮化钛类涂层，引起一场刀具的“黄色革命”；正在研究中的多元多层复合膜，将会使刀具的性能及寿命进一步提高；成都工具研究所研究在高速钢刀具上的多元复合涂层，达到了大大提高显微硬度、占头寿命提高近一倍的好成绩；四川柴油机厂用电火花表面强化工艺提高了花键孔拉刀寿命2.3倍。而如果采用金刚石薄膜作为涂层，将使刀具切削速度提高百倍以上；^[2]

包头钢铁公司用含氟矿冶炼生铁，贯流式高炉风口寿命低（40-50天），采用了多元金属—陶瓷渗涂技术，形成0.3-0.5mm金属—陶瓷涂层和1.5-2mm合金渗层，其耐热、耐磨、耐蚀性能良好，使风口寿命提高到120天以上，三年间纯增效益4000万元。

山东推土机厂向秘鲁出口的推土机依靠表面工程，采用耐高温涂料加面漆的技术，解决了在运输和使用中的表面防护问题。

咸阳金属表面实业公司研究成功机械硫化技术及自动硫化生产线和硫化剂，应用电化学方法生产表面硫化耐磨层，可做到零件不变形、自润滑、降低摩擦系数。用在发动机上可使功率提高7.5%，油耗降低5%，延长零件寿命，降低有害气体排放。是一项典型的实用表面工程技术。

此外，表面工程技术使船舶防锈而减少阻力，电视塔防锈后甚至改善了发射性能，各种模具、弹簧等零部件用表面处理技术进行强化，都为创造财富、创造价值起着十分明显的作用。

从这些并不充分的例子可以看出：

- (1) 表面工程技术是提高产品质量的重要方法；
- (2) 表面工程技术是开发新产品和改进已有产品，实现新性能的重要工艺保证；
- (3) 表面工程技术是出口产品上档次，提高产品附加值的关键要素和先决条件；
- (4) 表面工程技术是解决很多尖端难题的重要方法；
- (5) 表面工程技术是企业提高经济效益、竞争取胜的必要手段；
- (6) 表面工程技术是科研成果转化、实施产业化的广阔对象；
- (7) 表面工程技术是实现重大产品革新、带来巨大设计突破的新工艺技术。

1.3 表面工程服务于改善和美化生活

人类生活中的衣食住行、学习、娱乐、旅游、医疗，无不越来越得益于表面工程的成就：衣料的美观、保暖、手感、抗静电；食品的色泽、保鲜、储存、包装；新型建材、房屋装修，更是以表面工

程为其重要技术源泉：汽车的美观、节油、低噪声，离不开渗透在摩擦副、活化剂、传感器、电子仪表中的表面工程新成果；还有，保护视力的镜片、高级照相镜头、比天然品更美的镀膜首饰、美观舒适的墙体和地面装饰、镀膜玻璃、灯具和发光体、不粘附厨房用具，…可以说，人们生活在一个由于表面工程而变得越来越美好的环境中。

广州电器科学研究所为一大批家电生产企业提供了钢板表面的专门喷涂材料，以其美观、防蚀的性能支持了我国家电进入国际市场；西安重型机械研究所为珠海市彩图板公司成套设计的卷板覆塑生产线，将可生产又一代新的彩图薄板用于家用电器外壳和建筑物内装修；杭州照相机研究所开发的非球面塑料透镜，采用表面镀制多层增透膜的工艺，达到反射率0.5%的高水平，改善成像质量，可用于光学镜片和光盘读写头。这样的事例不断涌现，层出不穷。

1.4 表面工程服务于节约资源

节约能源，节约材料，更是表面工程最直接有效的传统领域。各种表面工程技术大大降低了损失于大气腐蚀、海水腐蚀的钢铁构件、管道和设备的数量，延长了建筑物、船舶、桥梁和机器的使用寿命，维持其良好工作状态。

国家级科技推广项目金属表面电解法热镀55% Al-Zn合金，可提高材料耐蚀性、抗高温氧化、抗SO₂腐蚀，主要可用于电气铁路承力钢索、电力金具、高速公路安全护栏和围网等。

1996年国家级新产品，兰州石油机械研究所研制成功并批量制造的不锈钢表面转化膜板式换热器，可用于化工行业抗氯离子腐蚀、用于硫酸行业替代铸铁排管冷却器，性能良好，大大节约材料、降低污染。

北京喷釉技术研究所开发的管道钢管热喷玻璃釉技术，耐酸碱、耐温度剧变、抗剥落、抗土壤作用，可用于油田，替代不锈钢管道。

1.5 表面工程服务于可持续发展

为了保护环境、保护资源，确保可持续发展，表面工程正起着和将起到越来越重要的作用。无论是环境监测和评估，还是环境控制、环境改善，将用到表面工程所能提供的一切最新成就。而且，所有上述表面工程的成效，都在不同程度上服务于可持续发展的目标，特别是节能节材的项目，实际上