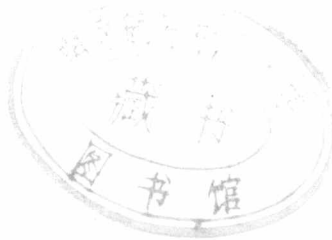


18 hō 484

六 院

○六一系～○六二系



目 录

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
531	施 政	工程师	061	谈焊接实习中工程素质的培养	金工研究	000002	
532	施 政	工程师	061	实验教学的几点思考	《教育与教学研究探微》 论文集	000700	
533	施 政	工程师	061	改革教学手段、提高金工实习教学效果	南京航空航天大学学报 (社会科学版)	0002 增	
534	王少刚 刘德浚 姚正军 沈 星	工程师	061	离子镀氮化铝钛 (TiAlN) 的微观组织结构及特性研究	金属热处理	000003	H
535	王少刚 刘德浚 姚正军 沈以赴	工程师	061	离子镀 TiAlN 膜层的耐磨性及耐蚀性研究	材料保护	003302	H
536	陈文华	讲师	061	复合热处理对 CrWMn 钢组织的影响	金属热处理	000002	H
537	沈以赴 黄因慧 余承业	副教授	061	快速成形技术中的材料科学问题	中国科协 2000 年学术年会	2000	*
538	刘 薇 陶 杰	硕士	061	SHS 铸渗法表面金属陶瓷复合材料	兵器材料科学与工程	002305	H
539	姚正军 孙扬善	讲师	061	Improvement in Mechanical Properties and Creep Resistance of Fe ₃ Al-based Alloys	南京航空航天大学学报 (英文版)	001702	J
540	姚正军 郭 滨 叶 宁 姚恩涛	讲师	061	煤粉粒径分布测试技术研究	燃烧科学与技术	000604	J
541	姚正军 孙扬善	讲师	061	Fe ₃ Al 轧板中的晶粒尺寸对拉伸和蠕变性能的影响	热加工工艺	000004	H
542	姚正军 薛 烽	讲师	061	钼和铬的添加对 Fe ₃ Al 基金力学性能的影响	东南大学学报	003005	H
543	丁 晔 姚正军	本科	061	理工科大学生的艺术素质教育	南京航空航天大学学报 (社会科学版)	000209	
544	徐国跃 马立新 谢国治 骆心怡	副研	062	ZnO/CO ₂ O ₃ 敏感电阻单元材料 V-I 非线性及 NTC 效应	功能材料	003105	H
545	徐国跃	副研	062	西部地区氧化锌纳米原料基地建设及面向 21 世纪产业发展战略	2000 年中国科协学术年会	2000	*
546	徐国跃	副研	062	功能陶瓷敏感电阻“基因”现象及物理效应	2000 年中国科协学术年会	2000	*
547	徐国跃 谢国治 陶 杰 马立新	副研	062	Mn 离子的价态变化与 ZnO 压敏陶瓷的 V-I 非线性	材料研究学报	001402	H

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
548	周一扬 黄明珠 李 澄	工程师	062	铝合金的化学性助加工	模具技术	000001	J
549	梅天庆	副教授	062	对霍尔槽阴极电流分布规律的再研究	电镀与环保	002005	J
550	曾福礼 吴 翠 安 宜	博士后	062	Eu-TTA 体系测定条件的优化及其在小麦代谢研究中的应用	化学学报	005808	H
551	郑顺兴	讲师	062	粉末涂料和复合粉末涂层新技术	涂料工业	003010	J
552	崔益华 朱正吼 陶 杰	讲师	062	12 世纪的铸造革命-消失模铸造技术	江苏科技信息	000004	
553	崔益华 陶 杰 沃丁柱	讲师	062	Study on Technology for Manufacturing MMC by VEPC Method	The Second Asian-Australasian Conference on Composite Materials(ACCM-2000)	2000	
554	沃丁柱 崔益华	教授	062	第十二届国际复合材料会议 (ICCM-12) 情况介绍	玻璃钢/复合材料	000002	J
555	何建平 陈文理 樊蔚勋	副教授	062	LC4CS 铝合金裂纹尖端腐蚀行为的实验研究	南京航空航天大学学报	003203	J
556	沈应中 Yi Pan	副教授	062	Synthesis and Characterization of dialkylaluminum gallium and Indium phenoxides crystal structure of dimethylgallium	Main Group Metal Chemistry	002308	H*
557	沈应中 Hong Wei Gu	副教授	062	Synthesis and Characterization of dialkylgallium Complexes of N-Salicylidene 2-aminopyridine and N-Salicylidene 2-methoxyaniline	Journal of Organometallic Chemistry	0060500	H*
558	王 玲 刘 勇	高工	062	磷化促进剂的研究	江苏电镀	000401	
559	王 玲	高工	062	单金属电镀溶液中金属杂质的分析	江苏电镀	000403	

· 实践教学 ·

谈焊接实习中工程素质的培养

南京航空航天大学 施政

摘 要 焊接实习是金工实习的重要部分,随着科技的发展,焊接的应用领域将更为广阔。以手工电弧焊操作为主的技能培训模式已脱离现代化工业生产的实际。通过拓宽实习内容,有机地融入焊接实验,从而有效地培养学生的工程素质与能力。

关键词 焊接实习 焊接实验 工艺参数 工程素质与能力

近二、三十年来,新材料、新技术、新工艺不断渗入到传统的机械制造领域,就焊接而言,传统的手工电弧焊的应用领域日益减少,退居次要地位。氩弧焊、埋弧焊、激光焊、电子束焊等先进的焊接设备、焊接方法已广泛应用到生产领域,焊接材料的取材范围更加广泛。如合金结构钢、不锈钢与耐热钢、钛及钛合金的焊接都有较成熟的工艺,具有耐蚀性、良好成型与超塑性的铝锂合金等新型超轻材料已在现代航空航天工业推广使用。先进设备、优良材料的焊接加工性能直接导致了产品质量、生产率的质的飞跃,完全改变了过去依赖工人及技术人员手工操作得以保证的质量与产量体系。笔者认为以掌握手工电弧焊的操作技能为主的教学训练模式已经脱离了现代化的生产实际,应该在传统的内容上增加新材料、新工艺的学习与训练,尤其是培养学生分析材料(金属为主)焊接性的基本能力,学会试验研究的基本方法,综合运用其他方面的知识为正确选择焊接材料和制定合理的焊接工艺打下基础。在我校材料与科学工程系中心实验室的协助下,我们充分利用焊接实验室的设备与技术,改善了实习条件,创造了更多实践教学的情境与机会。

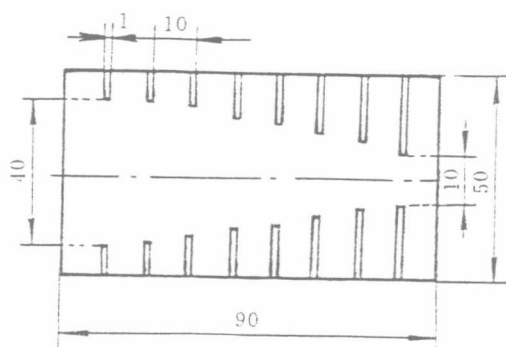
参加实习的大学生(现安排在三年级),已具备了较高的逻辑分析能力,接受能力也比较强。然而他们焊接方面的理论知识较为薄弱,并没有经过系统学习,故而有必要对原先针对专业学生而设置的焊接实验内容进行调整与变动,教学方法采取启发性教学,重在提供学生更多动手机会,促使他们把自己的思维、设想变化为实际行动,形成以学生为中心的方式,达到调动学生“学”的主动性,利于培养学生的思维能力与创新能力。笔者参与实习指导一年多来,试图将实习与实验相结合,并增加了两项试验内容,促进工程素质的培养。

1. 铝合金热裂纹敏感性试验 — 学会试验研究焊接性的一般方法

高强度铝合金 LY12 属 Al-Cu-Mg 系热处理强化铝合金,由于强度高,比重低等优点,在航空航天领域中实用价值很大,然而其焊接性差,特别是熔焊时极易产生热裂纹,使其应用受到很大的限制。近年来,随着焊接技术的不断进步,航空材料部门把高强度铝合金焊接性能的研究列为重要课题之一。鉴于此种情况,我们选取此试验,不但展示给学生极具吸引力的焊接前沿知识与研究动态,而且通过实验学生能掌握测定材料可焊性的方法,认识不同工艺参数及填充材料对焊接热裂纹的重要影响,加强了学生知识的深度与广度,知识结构亦得到了调整。

焊接规范			裂纹	平均	气体
A(电流)	V(电压)	v(焊速)	长度	裂纹率	流量(L/h)
96	12	5.5	24.7	32.1	600
85	12	5.3	22.6	29.4	600
74	12	4.5	22.1	28.7	600
60	12	4.3	23.9	31.1	600

LY12 热裂纹试验结果

鱼骨状试样(900 × 500 × 1.5mm³)

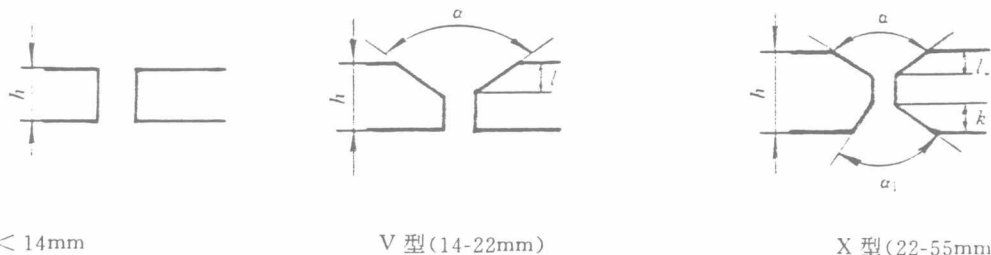
该试验选用氩弧焊设备,试样为鱼骨状的 LY12 试板(采用英国的工程师 P. T. Houldcroft 提出鱼骨状可变拘束裂纹试验方法,适合检测轻合金薄板的热裂纹)。

由于手工交流 TIG 焊难度大,焊接过程由指导老师具体操作。填充材料有丝 301(纯 Al)、丝 311(Al-Si)、LY12 板条。鱼骨状的试样由学生根据尺寸要求锯出,锻炼学生的动手能力,而焊接工艺参数的选择,材料的编排,实验结果的测量、整理列表等都由学生自己亲自实践。指导老师在旁进行调控实验的进程和关键点的指导。最后进行分析总结,得出结果。当采用丝 301 焊接时,开裂现象最严重,热裂纹是中心贯穿裂纹,采用 LY12 板条(本身材料)时,除了中心裂纹外,还有部分焊趾裂纹,而采用丝 311 时,裂纹倾向小,有时不明显。为让学生加强对焊接工艺参数对焊接接头的影响,我们增设了实验内容。在不改变焊接电压的情况下,通过改变焊接电流从而进行比较、分析。结果表明 I (电流)增大, v (焊速)相应提高,焊接的裂纹率也有所改变。分析原因, I 与 v 过小,则热影响区加大,促使形成方向性强的粗大柱状晶,热裂纹敏感性增大, I 与 v 过大,熔池过热严重,焊接接头的应变速度增大,也增大了热裂倾向。从而获知焊接工艺参数对焊缝的结晶组织状态及应变速度有十分明显的作用,导致焊接接头性能的改变。

2. 埋弧焊实验 — 训练动手能力、培养工程素质与能力

埋弧焊是采用焊剂作为保护层的焊接方法,具有辐射少、劳动条件好、生产率高(易实现自动化)、焊缝金属成分稳定,可采用大电流焊接较厚的工件等优点,在现代工业生产中大量应用。原先针对专业学生,要求他们了解焊机(MZ-1000 型)的电器部分的结构及电器的各部分功能,并能对简单的故障进行分析、排除,这需学生具有较深的理论知识。因此我们把重点放在焊接的冶金过程的介绍、掌握焊机的操作使用及编制焊接工艺、分析焊接缺陷造成的原因上。埋弧焊与手工电弧焊的冶金过程不同之处在于颗粒状焊剂参与了熔池的反应,焊剂的成分主要为 MnO 、 SiO_2 ,它们的作用是提高焊缝的含锰量,从而降低热裂纹的危险性,硅能镇静熔池,并能保证取得致密的焊缝,改善焊缝金属的力学性能。由于燃烧后的焊剂形成熔渣隔绝空气的保护效果好,使焊缝金属含 N 量为 0.002% 左右,而手工焊缝含 N 量为 0.02-0.03%,因此埋弧焊焊缝虽有明显的铸造组织,仍具有较高的韧性。

为便于比较分析,我们准备了三种试板进行焊接。根据常规,板厚小于 14mm 的钢板不开坡口,厚度为 14-22mm 的开“V”型坡口,厚度为 22-50mm 的开“X”型坡口。焊接分为堆焊和对接焊两种。



其中平板的对接焊缝采用双面焊接,双面焊接的主要问题是进行焊接时要保证一定的熔深,又要防止熔化金属的流溢和烧穿。由此向学生介绍焊接工艺的选择及其具有保证焊接过程的稳定并得到满意焊缝的作用。经过老师的讲解,让学生进行具体的焊接。

首先进行模拟的焊接操作。把焊接开关打开后,就可以通过控制盘上的按钮实现焊接小车的左右走动,焊丝的上下抽送,以及焊接电流的增加与缩小的调节(焊件的坡口由指导老师事先加工好,焊接的升温可由学生参与操作)。作为指导老师应预先准备好相关的埋弧焊工艺技术、焊接规范参数的选择、应用等参考资料、图表提供给学生。学生经过相互的讨论、分析后拿出一个实施方案,经老师的同意后就可以进行真刀实枪的焊接。由于学生选定的焊接工艺、焊接规范参数并

非是最佳的选择,加上一些客观因素,容易造成缺陷的产生。如调节焊丝的施焊位置时,焊丝与工件的接触过紧或过松、工件表面未处理干净,留有铁锈或焊剂夹在中间等都会造成起弧不稳甚至不能起弧,产生气孔、裂纹等;焊接结束时不明白二次按钮的工作原理——先停止送丝,后自动切断电源停止焊接过程,不能熟练掌握此按钮的操作,就易导致焊丝与工件粘连在一起,不但难以取下工件,焊缝也遭到破坏;又如选取焊接电流的大小、焊速的快慢的不当会造成焊缝金属满溢、中间凸起而两边凹陷等缺陷。这种结合焊接生产实际状况,学生自己亲手设定工艺参数进行焊接,指导老师结合操作中的实际问题进行工艺分析与评定的方法,极大地调动了学生的思维积极性,工程意识得到了有效的培养,动手能力得到了训练,取得了较好的实习效果。

任务与要求。在市场条件存在诸多制约的情况下,抓好这环节显得尤为重要,而抓好这一环节需要在以下几个方面着手。

(1)加强实习学生实习前的教育动员工作。这表现在思想教育和专业指导。不守纪律,不学无术甚至捣蛋的学生任何实习单位都不会欢迎。因此应重视实习前的教育工作,要向学生反复宣讲各项纪律,建筑法规、安全常识。实习学生的良好素质将赢得实习单位的赞赏和信任,也为下届学生的实习基地的建设打下基础。

(2)实习教师应选派有责任心的教师。自始至终在各实习工地检查指导监督学生的实习情况,加强与工地指导人员的联系,收集各种信息,即时解决实习的各种问题以减轻施工单位的负担。

(3)加强实习指导。通过制定一整套实习资料,尤其是实习指导书,安排有关重点内容,出实习思考题,检查学生实习日记和布置专题总结报告,加强实习中的成绩考核等措施来促使学生主动地参与到施工活动中去,并解决实际问题。这样使工地人员感觉到学生不是包袱,而是他们的编外技术人员。

3.2 建设一批稳定的实习基地企业

施工企业是进行组织、经营和劳动结构调整的法人层次单位。在目前市场经济条件下,校外实习基地的建设必须建立在法人层次上,它也是建立和改善外部环境必不可少的中间环节。通过施工企业,建立实习基地,明确合同关系,便于和各个项目经理部联系工作。如何建设实习基地,笔者认为与施工企业进行联合办学,开展学术交流是搞好这一环节建设的途径。通过为一些施工企业培养人才、开展科技服务和学术交流建立长期稳定实习基地单位。如我系这几年通过举办项目经理培训班,已培训了几千名项目经理,这为开展实习工作打下了良好的社会关系基础。

3.3 加强与项目经理及工地技术人员的联系

现在的施工企业管理体制普遍推行的是项目经理管理体制。项目经理几乎集中了项目经理部的所有权力。同时工地技术人员又是直接与实习学生打交道的人。因而,这一环节的建设最为重要。要使项目经理和工地技术人员与学校及实习学生有良好的合作,除了学生的表现出色外,得在其它方面努力,如教师为项目经理部经常性的进行科技服务和指导学生为工地解决技术问题是保证实习基地长期稳定的重要环节。

4. 结束语

当前土木工程专业生产实习是工科院校普遍存在的薄弱环节,有很多问题需要去认真解决。因此,建设好一批长期稳定的校外实习基地,不仅可解决学校普遍存在生产实习场地难寻;实习经费紧张;教师感到实习难带;学生实习不易学到东西;领导为此伤脑筋等问题。而且对开展进一步的科技交流和其他方面的厂校合作具有特别重要的意义。

参考文献

1. 孙成林:《建筑教育改革理论与实践》武汉工业大学出版社,1999年。

实验教学的几点思考

南京航空航天大学 施政

摘要 实验教学在培养学生综合素质、创新能力、实践能力上起着重要作用。提高实验效果,首先要重视实验,并重视以学生为主体的教学方法,以激发学生的求知欲与创新思维。

世纪之交,科学技术日新月异,知识经济已成为参与激烈的经济、技术竞争的重要部分。十五大报告指出:“要认真贯彻党的教育方针、重视受教育者素质的提高,培养德、智、体、美全面发展的社会主义事业的建设者和接班人。”为此高等学校必须侧重培养学生的综合素质,提高创新能力、实践能力和创业精神。

前几年,许多高校已开展转变教育思想与教育观念的大讨论,采取了有利于创新型人才成长的措施,取得了显著的成绩。实验教育是高等教育中的重要环节,在培养高素质人才中起着不可替代的作用。本文结合近年来的教学实践,谈一些体会和认识。

1. 提高学生参与实验的兴趣

现代科技的发展,实验起着关键的作用。毛主席就把科学实验喻作三大革命运动之一,诺贝尔奖获得者、华裔学者丁肇中在授奖仪式的发言中也提到:“希望中国人能从我获得诺贝尔奖而提高对实验的认识,体会到实验的重要”。多年来,重理论、轻实践的传统观念一直制约着我国的教育事业的发展与人才素质的提高。正如北大王义进副校长在某次研讨会上指出:“现代科学之母是源于实验。而从中国的传统上看是颠倒的,大家认为学习就是学理论,从来没有人说学习就是学实验,很好地重视实验。”在应试教育中,考核的内容极少涉及实验主客观上都使学生产生轻视实验,应付实验教学的局面,导致学生做实验没有动力,也没有压力,实验兴趣不高,教学效果较差。笔者认为,无论是基础实验,还是专业实验的教学,当务之急是要促使学生彻底转变旧观念,从本质上认识到实验是理论与实践相结合的运用过程,是学生运用所掌握的知识去分析与解决实际问题的锻炼。学生拥有了稳定而持久的兴趣,才能激发自身的积极性,深入钻研和探索事物的本质和规律。心理学家研究指出:“作为一名事业的成功者,必然是智力因素与非智力因素共同作用的结果。而兴趣、意志是非智力因素中的重要部分。”把兴趣和爱好转化为积极的实际行动,就会产生巨大的推动力量而获得实际效果。

2. 让学生成为实验的主角

五六十年代以来,我国已经过了从单纯的知识传授向能力培养的转变过程,现在则更注重创新思维与创新能力的培养。笔者认为要适应当前的教学要求,首先要改变学生被动听的从属地位,而应让学生唱主角,即要由“教师中心型”向“学生主体型”转变。这样才不会扼杀学生的个性与创新思维,而使能力培养落到实处。

当前焊接实验一般都是由指导老师课前准备好试样,或接好线路装置,老师先详细讲解实验内容、步骤,然后学生轮番按照既定的方案做一遍。究其原因,主要是课时的限制。为解决这一矛盾,笔者曾尝试把专业实验的内容思考题预先提供给学生(前一周左右),让他们分组去准备,实验课上的小组形式参与实验(实验设备有限);必要时开出一些参考书目与文献,让学生到图书馆查阅,这样学生就有了充裕的时间进行思考,为培养他们独立分析与解决问题开拓的道路。这种做法有以下优点:

(1)学生以“被动应付型”转为“主动求知型”实验,主观能动性得到了发挥。

(2)学生通过小组形式参与实验,培养了相互合作精神,起到相互借鉴、相互补充的作用。

(3)通过学生准备、设计和实验过程中所显露出来的差错或局部细节问题,由老师当场纠正,加深了印象。实验中经老师的启发与诱导,可使学生都有表达自己见解和疑问的机会,因此实验气氛热烈,师生关系融洽,取得了良好的实验效果。

3. 突出实际应用和扩展学生的视野

现代科技的发展,特别是电子工业技术的新成就,为焊接的发展提供了宽广的技术基础。可以毫不夸张地说,汽车、飞机、航天、石油化工和电子工业中焊接技术都起着关键的基础作用。无论是材料的可焊性,填充材料的选择,还是焊件的焊缝质量的检测、核定,都须一次次地进行焊接实验(试验),分析实验现象,从中取得真实可靠的数据,继而确定可行性方案,作出决策。

由于本专业实验室在设备、材料等方面因素的限制,实验内容不免落后于现代工业生产的实际。为扩大学生的视野,我们便有意在相关实验中穿插介绍焊接实验在研究领域的前沿水平。如笔者在教学高强度Al合金敏感性实验时,引入一种更为先进的合金——铅锂合金的焊接实验与实践应用。该合金的密度比铝合金低8%~10%,而刚度提高约10%,具有良好的耐蚀性、成型性和超塑性,在发达国家的宇航部门得到了重视并已逐步推广使用。由于Al-Li合金融化焊时易热裂、易氧化,并形成气孔,故要做到顺利焊接和保证质量,必须进行一系列的实验。目前一般都利用氩弧焊(用经过进化的氩气保护并设置拖罩)、YAG激光焊等先进的方法进行焊接。然后进行焊缝、热影响区的金相组织,机械性能等用扫描电镜、能谱仪、电子探针进行分析、测定,分析Al-Li合金的焊接工艺的可行性技术。学生在实验室现有设备条件下进行的氩弧焊实验以及课堂上所学的理论知识,可使思维的空间得到扩展,从而明确了焊接实验的应用前景与广阔的用武之地。这样不但增强了实验教学的吸引力,并可激发学生强烈的求知欲和探索新知的目的。

4. 结语

21世纪是科学技术高速发展的“知识经济”时代。时代的发展更要求强调知识的创新。培养学生的创新意识,开拓学生的创新能力,需要教育界同仁的共同努力,作为第一战线上的指导老师,更应不断地提高自己的综合水平,并充分利用现有设备条件给学生开创一种融洽的教学情境,鼓励学生发挥自己独立的见解和创造性,养成善于思维与亲自实践的习惯。我们相信,随着教改的不断深入,实验教学必将取得更加显著的效果。

参考文献

王义道,在21世纪人才培养中实验教学的地位与作用,实验室研究与探索,1998.2

电脑多媒体在大学课堂中的应用

河北师范大学 高 莉

摘要 电脑多媒体必须进入大学课堂。先进的多媒体教学模式应该被投入高度的重视:硬件设施的建设、课件的制做、软件的开发网络教学等等。多媒体教学过程要在实践中不断改革。

20世纪80年代以来,随着我国计算机的普及,人类社会正在经历以计算机为核心的信息革命浪潮的冲击。计算机技术以及相关的多媒体技术和网络技术的普及与应用,已经广泛渗透到社会生活的各个方面,正在悄然改变着人们的传统的生活方式和工作方式乃至思维方式,并对社会的经济结构、生产关系的变革产生深刻的影响。信息革命的浪潮波及教育领域,导致教育观念、教育思想及教育模式的巨大变化,并对当今人才的知识结构和能力素质提出了全新的要求。能否掌握计算机应用基础知识和基本的技能,已成为信息社会衡量一个人文化水平高低的标志之一。

由于计算机科学本身更新、更快的迅猛发展,短短几年来,计算机学科的知识内容有了很大的变化,原来的文字处理以DOS操作系统为主,现在转到了Window视窗系列为主的操作系统,以及多媒体和网络技术的应用日益广泛和普及。大学课堂的教学中,由于多媒体的应用,对提高教学质量、改革教学模式、培养学生的兴趣和能力的具有深刻的影响。教学一线的教师日益认识到课堂教学不能只是以单一手段、方式单纯向学生灌输知识,充分运用多媒体传递教学信息以发展学生信息加工、认知构建及创造思维等方面的能力才是教学的重要目标。

计算机辅助教学是教育现代化的重要内容和标志之一。关于计算机多媒体辅助教学的界说主要有如下四种:一指运用了模型、磁性黑板、幻灯、投影、电视等多媒体手段教学。二是指以多媒体技术为基础的计算机辅助教学,以利用可编辑的生物学课件为直观教学手段进行教学。三指计算机辅助教学与视听教学相结合,采用多种感官同时接收信息而达到良好的教学效果。四是利用多媒体计算机及其他设备进行教学,如扫描仪、投影仪等,其中,校园计算机网络教学即远程教学手段正以它独特而优良的特性日益受到教育工作者的普遍关注。上述第一种界定实际上是指“多媒体组合教学”,很显然,它与人们通常所说的多媒体教学不是一回事。其他三种界定在理解上虽有差异,但共同点都是以多媒体计算机为核心的教学方式。这才是人们目前普遍所理解的多媒体教学。

电脑多媒体教学首先应该具备启发性功能。教师在通过多媒体显示,让大学生更深刻去运用认识形式去理解所讲述的内容,使他们的学习方式由被动型转变为主动吸收型。

电脑多媒体教学应具备层次性功能。逐层深入设计问题,加强“由具体到抽象、由抽象回到具体的思维训练”。

电脑多媒体教学具备系统性功能。大学课堂,应使学生能力向全面、系统的方向拓展,归纳事物的本质属性,并培养他们的创造性思维。利用电脑多媒体的多角度的音像设计,实际上是使学生的思维能力向系统、全面

改革教学手段 提高金工实习教学效果

施 政

(南京航空航天大学 材料科学与技术学院, 江苏 南京 210016)

金工实习,作为高等理工科教育中的第一个实践性教学环节,在培养大学生的工程实践能力,提高综合素质、丰富创新思维与意识等方面发挥着其他课程不能替代的作用。然而随着国家教改的深入,机械类专业课程大为缩减,金工教学也不例外,实习课时的有限性与教学内容的日益丰富性之间矛盾更为突出。借鉴其他专业课程的教学逐步推广使用现代化教学手段,并取得良好的教学效果来看,在金工实习中也应引入现代化教学手段,发挥“教学机器”教人的优势,提高单位学时传授知识与技能的效率,切实把提高实习效果落到实处。笔者结合热加工实习的教学实践,认为采用先进的教学手段,结合传统的教学方法,是可行的也是必要的,本文就此谈一些体会与设想,以求教与大家。

一、幻灯、投影的应用

在先前的教学模式下,金工实习概论课的教学一般是指导教师以实习教材为基础,通过编写教案,进行单纯的粉笔加黑板、放挂图式的教学,这已日渐显示出其局限性与低效率。通过使用幻灯、投影等设备,可充实单位时间的教学内容。指导教师亦更能随心所欲地把当今先进的知识内容穿插到形象化的教学媒体的演示之中,使教学内容更为系统、紧凑。

如热处理实习中,为帮助学生进一步弄清相与组织的概念、掌握材料显微组织及其与性能之间的相互关系,我们利用幻灯教学的优势——方便、快捷、高效,充实进彩色金相的教学内容(一般教学仅限于黑白金相的显微组织观察)。以彩色金相的照片为基础制成投影薄膜。由于彩色金相技术是通过物理、化学等方法,在试样表面形成一层干涉膜,利用光的薄膜干涉效应,使金属的显微组织产生鲜明的色彩衬度,较之黑白金相利用电化侵蚀的方法更为精确,更能显示出组织结构的细节,如中低碳钢的马氏体、贝氏体和残余奥氏体的区分、高合金中不同类型的碳化物的区分、各种金属间化合物的区分等等。因黑白金相对组织或相的鉴别是根据组织形貌的灰度来实现的,对于一些简单、熟悉的材料可以适用,对陶瓷材料、复合材料、高分子材料等具有复杂、陌生的组织或多相合金就发生困难了。这样不但融入了具有吸引力的内容,使学生对先进材料、组织与性能有了新的认识,拓展了视野,同时也提高了观察能力、分析与解决问题的能力。

二、电教录象的应用

近二、三十年科技的迅猛发展,先进设备、先进技术工艺不断渗入传统的机械制造领域。由于实习课时短,经费投入有限,组织学生下厂实地参观、操作是不够现实的。而用这部分内容来开拓学生的知识面有着现实意义。就热加工中的铸造实习而言,若在实习场所配备一套完整的特种铸造的实习设备,资金的巨额投入是个大问题,而实验设备的缺乏直接影响了实习效果,针对这一现状与矛盾,我们利用了电教录象特有的图象处理功能,把特种铸造中各种铸造方法的工艺生产流程拍摄成电视片,如把金属型铸造、压力铸造、低压铸造、

收稿日期:2000-01-03

作者简介:施政(1972-),男,浙江金华人,南京航空航天大学材料科学与技术学院工程师,主要从事工程材料的教学与研究工作。

离心铸造、精密铸造、真空铸造等铸造领域的先进工艺、新成果展示介绍给学生,取得了较好的效果。正如有的学生说:“我以为铸造就是翻砂,就是砂型铸造,原以为工作劳动强度大,环境差、生产率低的陈旧观念应该彻底改变矣!”还有学生说:“通过观看录象教学片,真是大开眼界,使我们不出校门就能目睹现代化工业生产的状况,有了身临其境的感受,并且没有噪音的干扰。如观看精密(熔模)铸造,从压制可熔性模型,涂耐火材料、干燥、硬化、高温焙烧,到浇注获得铸件一整套工序,录象的播放不过十分钟,结合片中解说员简明扼要的介绍,使我们对这种铸造方法有了较全面的认识,快捷而紧凑,真是获益匪浅。”

电教录象片的优点是毋庸置疑的。然而由于它是单向传递信息、而且节奏快,故而笔者认为有几点需注意:其一,播放时要控制时间长短,一次不能太久,过久学生的注意力与接受能力会下降;其二,对于重要部分可重放;其三老师应有的放矢地结合录象内容中关键的工序流程,工艺方法等知识点编成题目布置给学生,让他们观看完后以书面方式给予回答,并作为实习考核成绩之一。这样有了压力,学生看录象时就不会停留在“走过场”的浅层认知阶段,促使他们进入一种主动学习的状态之中,聚精会神,不放过录象中的每个细节,从而锻炼了他们的记忆能力、观察能力与分析解决问题的实际能力。对于一些未曾提到的问题,亦鼓励学生进行设问,并当场进行分析、解答,达到当场消化、巩固的目的。若有些工序复杂,涉及的内容深而广,可点到为止,为学生后续课程的学习打下伏笔。通过这种提问——看录象——讨论分析三步曲的教学,充分发挥了录象“短频快”的特点,避免了“灌输式”的缺点,并缩短了老师与学生的距离,而且易采用学生提问、讨论及作业的反馈信息更新、充实教学内容,使实习教学做到常教常新,永葆一种活力。在调研学生的意见时,他们希望亲自动手操作这些设备,进行真刀真枪的“干活”。笔者认为学生的愿望将是我们实习进一步改革的方向与内容。

三、计算机辅助教学(CAI)

最近高等教育出版社推出了《第二次现代化丛书》,其中专家指出:21世纪,人类社会将走向新的时代,全面实现第二次现代化——从工业社会向知识社会转移。在我国尚未完成农业社会向工业社会的转移之时提出该理论,显然具有前瞻性与战略意义。联想到金工实习,笔者以为金工教学内容与教学手段亦不但要与现代工业生产的实况相适应,还应与长远发展相适应。通过引进CAI课件到金工教学之中,利用计算机辅助教学的优势,通过计算机文本、图表、动画,配上声音,形成图、文、声、像并茂的教学媒体,较之传统的教学手段更具优越性与现代感。随着计算机技术的日益发展、应用的普及,参加实习的大学生具有了较高的计算机理论与操作水平,这为开展CAI奠定了基础。

目前机械制造基础的CAI课件大致可分为二种:示教型与自学型。示教型CAI课件主要为教师所使用,这种方式较宜于利用计算机软件的动画功能,把静态的、分散的画面组成为系统的具有运动过程的有机体,把实际生产场面或材料组织的显微变化等等用光盘储存,配上音乐与文字进行教学,增加了可视性与信息量,并且使学生的视线、思维不断随画面、声音的变化而变动,注意力高度集中,从而使授课效率得到提高。如焊接实习介绍埋弧焊的冶金过程,包括液态金属、液态熔渣、和各种气相之间的相互作用,其中主要是液态金属中某一元素被焊剂的某元素所取代的反应。焊丝与母材中的碳被氧化散入到大气中,而焊剂中的硅和锰被还原到溶池之中,从而提高了焊缝的含锰量,降低了热裂纹的倾向,并改善焊缝金属的机械性能,硅能镇静熔池,并保证取得致密的焊缝。这个过程通过视频图象的动画功能,结合文字内容,学生很快就能掌握其冶金特点及其过程,结合对手工电弧焊药皮作用的比较,学生对焊剂的作用就有了清晰而明确的认识,较之板书加挂图式的教学更快捷,更具吸引力,给学生的印象也更加深刻。

自学型CAI课件通过学生与计算机界面的交互作用进行教学,计算机与学生可以互问互答。这种方式易使学生成为学习的主体,达到能力培养的个性化与教学的高效率。如为加强学生工艺设计能力而开发的金工设计CAI课件,通过搜集生产企业中一些初、中级生产加工困难的原图,利用AutoCAD,建立原图库,并建立相应的工艺手册(电子文本),供学生在工艺设计过程中随时查取所需的工艺参数,相关材料的性能与特点。如材料为高强度Al合金零件的焊接(此材料易产生热裂纹),学生根据计算机所设问题进行填充材料与焊接设备的选择,零件结构的工艺性分析,主要工艺过程及焊接规范参数的拟定、计算,焊接工艺图的绘制、工艺路线的制定等。运用这种方式教学,易发挥学生的创新的设计思想,敢于表达自己的所思所想并付诸行动,不用

惧怕焊接工艺参数的误选而造成材料的浪费或引起巨大损失,从而极大的调动了学生亲自动手实践的积极性,工程意识、工程素质得到了有效的培养与提高。

四、结束语

信息社会将使人们的接触方式由单纯面对面逐步增加了通过声音、图象的间接交流,教学方式亦将发生变革。世纪之交的金工实习面临着诸多挑战与机遇,改革陈旧的实习教学手段、采用先进的现代化教学手段将形成主流,亦是金工课程教学改革的必然趋势。大学生通过实习这个“窗口”,就可以了解现代工业发展的概况,把握现代制造方法和工艺技术的发展与应用的脉搏,并为工程制图、机械设计等相关后续课程作好铺垫,起到承前启后的作用。相信在未来的教学过程中,现代化教学手段将更为先进与完善,在培养学生的综合素质、创新能力上发挥更大的优势与作用,从而为祖国培养出更多的高、精、尖科技人才,迎来繁荣富强的美好明天。

(上接第 40 页)个较清晰的理论脉络。授课过程不仅仅是传授知识的过程,它更重要的是一个培养能力的过程。从这个角度来说,理解一种新理论和新概念的提出过程,往往比只知道理论和概念的内容本身要重要得多。

二、金属塑性成形原理课程的教材改革

首先,教材要反映本领域的新进展。随着计算机的出现和数值计算方法如有限元等方法的成熟,许多过去难以得到解析解的难题也有了结果。新的塑性理论及概念如内蕴时间理论、内变量理论、细观塑性力学等的发展正在不断充实着金属塑性成形理论^[3]。这些内容需要及时补充到本科教材和研究生教材当中,才能使我国培养的高校学生在知识结构上不落后于时代。而目前金属塑性成形原理教材基本上是沿用了多年前的老内容,显然亟待更新。在知识经济已经到来的时代里,人类的主要财富是知识^[4]。在市场经济的框架里,知识的传授也有个效益问题。因此如何合理地、适时地选好本课的知识点和编好教材是一个需要认真虑的问题。

其次,教材要有层次。本科生教材主要使学生建立概念和培养思路,因此教材内容要泛一些,深度上要浅一些。浅一些并不是要减很多内容,而是要砍掉过繁的推导。因为有些处理问题的思路本身是很简洁的,而其过程的数学描述却很繁。学生舍本逐末地着眼于繁琐的推导过程,不仅会产生畏难情绪,还会忽视过程背后所隐含的原本简单的处理问题的思想。同时在本科生阶段就要使学生明白,一本教材是不能对所有的塑性成形问题都能提供现成答案的,因此要养成很强的检索能力和理论联系实际的能力,学会查书查资料,这也就是所谓的工程实践能力之一。研究生要进行专题研究,其教材或参考书要专一些和深一些。在教学中,穿插着让学生读几篇科技论文并相互交流各自的见解,对于理解和巩固书本知识也有着重要意义。

教材还应该充分利用先进的计算机多媒体辅助教学手段^[5]。此举至少可以解决两个问题:①学生对原理类课程在课堂中的被动学习大都感到枯燥无味,多媒体辅助教学软件图、文、声、象并茂,可以调动学生的学习兴趣。②教师讲课的节奏和学生理解的节奏也未必同步。多媒体辅助教学软件通过连接可以使内容从简到繁逐层深入,便于课堂授课、自学或复习。③可以大大节省课堂授课时板书所用的时间,提高教学效率。

参考文献:

- [1] 汪大年. 金属塑性成形原理[M]. 机械工业出版社, 1986.
- [2] R. A. C. Slater. Engineering Plasticity [M]. The Macmillan Press LTD, 1997.
- [3] 王仁, 黄可智, 朱兆祥. 塑性力学进展[C]. 中国铁道出版社, 1988.
- [4] 邱耕敏. 知识经济与可持续发展战略[J]. 浙江社会科学, 1999(2).
- [5] 梅胜敬, 刘奎, 苏兵. 利用多媒体技术改进“金属切削原理及刀具”课程的教学效果[J]. 南航教育学报, 1998(4).

离子镀氮化铝钛(TiAlN)的微观组织结构及特性研究

王少刚,刘德浚,姚正军,沈 星

(南京航空航天大学材料科学与工程系,南京 210016)

摘要:采用空心阴极离子镀方法在高速钢表面沉积 TiAlN 膜层。性能测试表明,TiAlN 膜具有较高的硬度和膜-基结合力;金相组织观察和扫描电镜表面形貌照片显示,制备出的膜层连续、光滑、组织致密;X 射线衍射分析表明,膜层的相结构中大致含有以下组成相:Ti₂AlN、Ti₂N、TiO 等。用电子探针针对膜层中的元素含量进行了定量测定。

关键词:离子镀;TiAlN;微观结构;性能

中图分类号: TG142.45;TG174.444 文献标识码: A 文章编号: 0254-6051(2000)03-0025-03

Study on Microstructure and Properties of Ion coating TiAlN Films

WANG Shao-gang, LIU De-jun, YAO Zheng-jun, SHEN Xing

(Department of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The hollow cathode deposition (HCD) of TiAlN film on high speed steel (HSS) is used. Properties experiments show that TiAlN films have high microhardness and film-matrix strength. Through metallograph and electron microscope, continuous, smooth and tight films can be seen. X-ray diffraction analysis (XRD) testifies that the films mainly have the following phases: Ti₂AlN, Ti₂N, TiO etc. Finally, the EPMA is used to measure the element contents of TiAlN films.

Key words: ion plating; TiAlN; microstructure; properties

1 前言

TiN、TiC 涂层以其特有的性能(高硬度、高耐磨性和低摩擦系数等)^[1~5]在工业生产获得了广泛的应用。但随着研究的不断深入,人们发现这些单一膜层各有其不足之处,如单一 TiN 膜层硬度不如 TiC 高,而单一 TiC 膜层硬度虽高,但与其基体的结合力较弱,脆性大、易剥落,因此,都不理想。为了解决单一膜层的不足,采用两种或多种不同材料经过适当配合,并组成多元镀层,弥补单一镀层的性能不足,从而获得性能优良的复合镀层。经复合的两种膜层材料,其某些性能指标可以比其中的每种组元材料的性能都好。因此,为了适应材料表面综合性能的要求,多元(二元、三元、甚至四元)复合镀层是镀层研究的重要发展方向,已经引起了人们的极大关注^[2,6,7]。有文献^[7~14]报道,氮化铝钛涂层具有比氮化钛涂层更高的硬度、耐磨性、抗高温氧化性能和与基体之间结合力较好等性能,在要求高耐磨性的场合下,有望成为氮化钛的替代品。所以,对氮化铝钛膜层的微观组织结构及其特性进行研究具有重要的理论意义及实际意义。

2 膜层制备

采用空心阴极离子镀方法在(W18Cr4V)高速钢表面沉积 TiAlN 膜层。镀膜时选用了两种蒸发材料:①Ti+6%Al(质量分数,wt%);②TC4,即 Ti6Al4V。镀膜的主要工艺参数见表 1。

3 膜层性能测试

3.1 硬度测定

试验是在 71 型显微硬度计上进行的。试验条件为:载荷砝码 25g,加载时间 15s。在采用上述两种蒸发材料时,可以

表 1 镀膜工艺参数

主弧电 流/A	烘烤温 度/℃	镀膜时 间/min	氩流量/ ml·min ⁻¹	镀膜时的真空度/ Pa
150	300	30~40	33	0.479

明显看出 TiAlN 膜层的硬度随 N₂ 流量改变时的变化趋势,见图 1,硬度值随氮流量的增加而升高,在氮流量为 52ml/min 时,硬度值达到最大,最大值分别为 2741.8HV 和 2675.2HV。之后,随着氮流量的继续增加,膜层显微硬度值呈下降趋势。

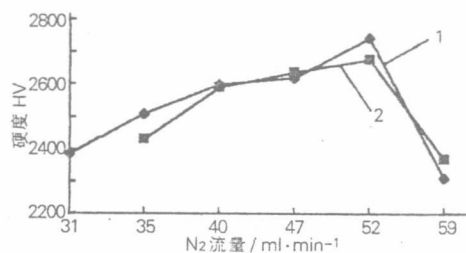


图 1 TiAlN 膜层显微硬度随 N₂ 流量的变化

1. Ti+6%Al 2. TC4

3.2 膜-基结合力测定

用划痕试验法测定 TiAlN 膜与基体间的结合强度,结果见图 2。图 2 表明,以 Ti+6%Al 作蒸发材料时,随着 N₂ 流量的变化,TiAlN 膜层与基体之间的结合力在 39~44N 之间变化,在 N₂ 流量为 52ml/min 时,结合力的值最高,达 44N;而用 TC4 作蒸发材料来制备 TiAlN 膜层时,其膜-基结合力仍以 N₂ 流量为 52ml/min 时最高,为 43N,与纯 Ti 中添加 6%Al 时一致。

根据文献^[15,16],在高速钢表面镀 TiN 膜层时,划痕试验的膜-基结合力值为 33N。上述试验结果表明,以 Ti+6%Al 作为蒸发材料或以合金 TC4 作为蒸发材料时制备出的 TiAlN 膜层,结合力最小值为 38N,最大值可达 44N。说明随着铝的加入,膜-基结合力有较大幅度的提高。

作者简介:王少刚(1966.8—),男(汉),江西吉安人,工程师,硕士学位,主要从事金属材料热加工教学及离子镀表面强化科研工作,发表论文 10 余篇。联系电话:025-4892912

基金项目:江苏省科委应用基金资助项目(BJ95046)

收稿日期:1999-06-03

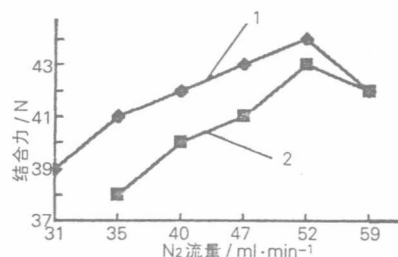


图2 不同 N₂ 流量膜-基结合力的变化情况

1. Ti+6%Al 2. TC4

综合以上测试结果可以得出,在实际生产情况下,为简化镀膜工艺,使镀膜过程更加稳定,以获得质量可靠的 TiAlN 超硬膜,完全可以用 TC4(即 Ti6Al4V)作为蒸发材料来代替在 Ti 中加入一定量的 Al 的方法来制备 TiAlN 膜层,这与有关文献[8~10]中报道的结果相类似。

4 表面形貌及金相观察

4.1 表面形貌

采用 Hitachix-650 型扫描电镜拍摄的膜层表面形貌照片,如图 3 所示。



图3 TiAlN 膜层表面形貌电镜照片 ×2000

(a) Ti+6%Al (b) TC4

从图 3 可以看出,分别采用两种镀料制备出的 TiAlN 膜层都连续、光滑、组织致密,未见局部脱落,也未见针孔,说明制备出的膜层质量良好。

4.2 金相观察

拍摄的金相照片如图 4 所示。图 4 中的试样为采用 TC4 作为蒸发材料制备出的 TiAlN 膜层,基体为高速钢,沉积的主要参数为:N₂ 流量 52ml/min,镀膜时间 40min。从图 4 中

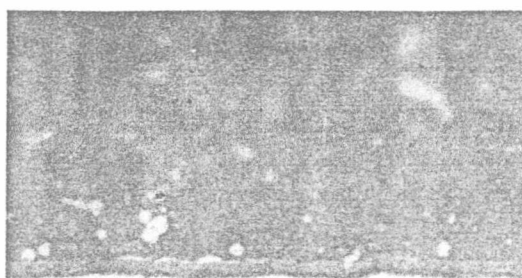


图4 TiAlN 膜层金相照片 ×800

10% HNO₃ 酒精腐蚀

可以看出,TiAlN 膜层(图中亮线)致密、连续、并与基体结合良好,膜层厚度为 1.5μm 左右。

另外,在未腐蚀情况下,用扫描电镜拍摄的高倍膜层断面形貌照片,如图 5 所示。沉积的工艺参数都是:N₂ 流量 52ml/min,镀膜时间 30min。从图 5 中可以看出,膜层与基体之间结合较为致密,膜层厚度大约为 1.2μm。

综合图 4、5 可知,在其它条件参数相同的情况下,镀膜时间从 30min 延长到 40min 时,TiAlN 膜层的厚度增加了大约 0.3μm,故从增加膜厚的角度考虑,在设备承受能力允许的情况下,为提高膜层的使用寿命,应当适当延长镀膜时间,以增加膜厚。

5 膜层相结构分析

采用转靶 X 射线衍射测得的 TiAlN 膜层谱线如图 6 所示。



图5 TiAlN 膜层扫描电镜照片(未经腐蚀) ×4500

(a) Ti+6%Al (b) TC4

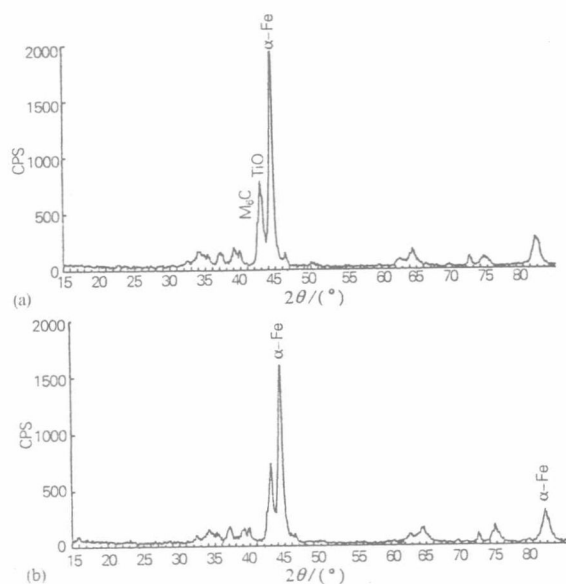


图6 膜层转靶 X 射线衍射图

(a) Ti+6%Al (b) TC4

从测得的结果可以看出,用空心阴极离子镀膜方法沉积的 TiAlN 膜层,膜层的相结构并不是单一的 TiAlN 相,而是大致含有以下组成相:Ti₂AlN、Ti₂N、TiO 等相。其中的 TiO 相主要是因为真空中不可避免地存在氧,加上 Ti 是活性极强的金属,在电弧高温作用下极易形成 TiO,与其它相一起沉积到基体表面形成 TiAlN 膜层。不过从膜层的性能测试来看, TiO 的形成并未给膜层性能造成不利影响。

从图 6 中还可以看出,用两种蒸发材料制备出的 TiAlN 膜层相结构相似,其中用 TC4 作为蒸发材料制备出的膜层中也并未发现含有 V 的相,这可能与膜层中含 V 的量较少有关,参见表 2。

6 膜层成分分析

用 CAMEBAX-MICRO 型电子探针测得 TiAlN 膜层中的元素含量(轻元素 N 除外)见表 2,元素的特征谱线见图 7。

表 2 TiAlN 膜层元素含量(质量分数) $w(\%)$

沉积条件参数	Al	Ti	V	Fe	Σ
镀料 Ti+6%Al, 52ml/min,40min	14.28	83.38	0.00	2.33	99.99
镀料 TC4, 52ml/min,40min	17.25	79.58	1.08	2.08	99.99

从表 2 中可以看出,用 Ti+6%Al 作蒸发材料时制备的 TiAlN 膜层比用 TC4 作蒸发材料时 TiAlN 膜层中的含 Al 量要稍为偏低一些。其原因可能是在钛中加一定的 Al 作为蒸发材料(镀料)时,镀膜过程中,由于铝的熔点比钛低(铝约为 660℃,钛约为 1668℃),故镀膜时铝的蒸发可能比钛要快,再加上化料初期的飞溅,要损失掉一部分,故与以合金 TC4 作蒸发材料会有所不同。但从硬度、结合力试验来看,这两种情况制备出的 TiAlN 膜层性能基本一致,故在实际生产中,为了方便镀料的添加,稳定成膜过程,完全可用 TC4 替代在

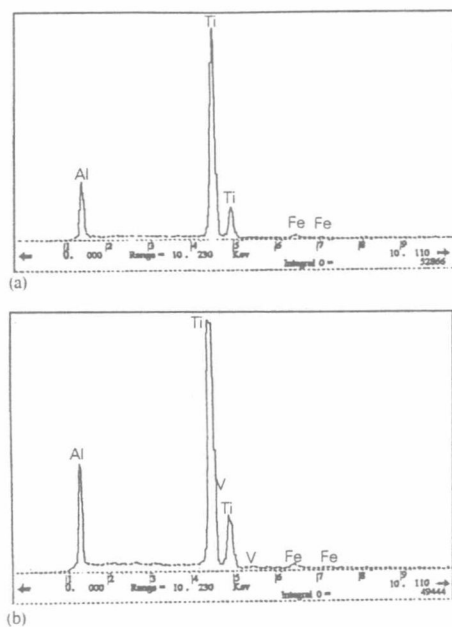


图7 膜层电子探针元素能谱图

(a) Ti+6%Al (b) TC4

纯钛中加 6%Al 来获得综合性能优异的 TiAlN 膜层。

7 结论

(1) 采用空心阴极离子镀膜方法制备出的 TiAlN 膜层连续、光滑、组织致密,蒸发材料为 Ti+6%Al 时,膜层硬度值最高可达 2741.8HV,膜-基结合力比 TiN 膜层与基体之间的结合力有较大程度的提高。

(2) X 射线衍射分析表明, TiAlN 膜层中大致含有 Ti₂AlN、Ti₂N、TiO 等组成相,且选用两种蒸发材料 Ti+6%Al 和 TC4 制备出的膜层相结构相似。

(3) 性能测试及组织结构分析表明,在实际生产中,为了方便镀料的添加,并防止化料时的飞溅,稳定成膜过程,完全可用 TC4 替代在纯钛中加 6%Al 来获得综合性能优异的 TiAlN 膜层。

(4) 电子探针成分分析从定量上解释了膜层中 Al 元素的存在,并确定了膜层中 Al 元素含量大致百分比(质量分数, $w(\%)$),分别为 14.28% (蒸发材料为 Ti+6%Al) 和 17.25% (蒸发材料为 TC4)。

参考文献:

- [1] 王福贞. 离子镀膜技术的发展[J]. 国外金属热处理, 1997(2): 27~31.
- [2] 汪泓宏, 田明波. 离子束表面强化[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992: 240~242, 415~419.
- [3] 陈宝清. 离子镀及溅射技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990: 175~178.
- [4] 冯正, 刘德浚, 王少刚. 离子镀氮化钛涂层高速钢刀具的性能研究[J]. 机械科学与技术, 1994(3): 17~20.
- [5] 冯正, 刘德浚, 王少刚. TiN 涂层的组织结构及性能研究[J]. 航空工艺技术, 1995(1): 14~16.
- [6] 谭家俊, 李国俊. 国内外金属材料及热处理技术现状与发展[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995: 144~157.

离子镀 TiAlN 膜层的耐磨性及耐蚀性研究

南京航空航天大学材料科学与工程系 (210016) 王少刚 刘德浚 姚正军 沈以赴

[摘要] 采用空心阴极离子镀方法在 W18Cr4V 和 45 钢表面沉积 TiAlN 超硬膜层,结果表明,TiAlN 膜层具有较高硬度和结合力;TiAlN 膜层使钻头的使用寿命明显提高;且具有较高的抗盐腐蚀能力。文中还对 TiAlN 膜层具有耐磨性的机理进行了讨论。

[关键词] 离子镀; TiAlN; 耐磨性; 耐蚀性

[中图分类号] TG174.4

[文献标识码] B

[文章编号] 1001-1560(2000)02-0052-03

1 前言

众所周知,采用离子镀表面强化技术,在切削刀具上沉积一层约 2~3 μm 厚的 TiN 超硬耐磨涂层,可大大延长刀具的使用寿命和更换周期,使切削速度、工件表面质量、成品合格率得到提高,使机械加工技术发生了一次飞跃,并取得了显著的经济效益,被誉为一次刀具革命^[1,2]。

由于 TiN 是一种综合性能优良的超硬膜材料。迄今为止,超硬膜的研究绝大部分都集中在氮化钛上。近年来,以合金化改善超硬膜特性的研究,也集中在以氮化钛为基的膜材上,如 Ti(C, N)、(Ti, Y)N、(Ti, Zr)N 等,这些多元化合物超硬膜在提高膜层硬度和耐磨性,改善结合强度和化学稳定性,降低沉积温度等方面,均取得了良好效果^[2]。因此,多元复合镀层是镀层研究的重要发展方向,引起了极大关注^[3~5]。

据报道^[1,5,6],与 TiN 涂层相比(TiAl)N 涂层具有更高的硬度、耐磨性、高温抗氧化性能和膜-基结合力等。本文拟采用空心阴极离子镀方法制备 TiAlN 膜层,并对其耐磨性和耐蚀性进行研究,加速 TiAlN 膜层在实际生产中的应用。

2 试验方法

以 TC4(即 Ti6Al4V)作为蒸发材料,用空心阴极离子镀(HCD)方法分别在高速钢(W18Cr4V)和 45 钢试样、以及高速钢钻头上沉积 TiAlN 膜层。镀膜的主要工艺参数:主弧电流 150 A,烘烤温度 300 $^{\circ}\text{C}$,镀膜时间 30 min, N_2 流量 52 ml/min, Ar 流量 33 ml/min,镀膜时的真空度 0.48 Pa。

对制备的 TiAlN 膜层用显微硬度计测定其硬度,用划痕试验机测定膜层与基体之间的结合力,用相关试样进行 TiAlN 的耐磨性及耐蚀性试验。

3 试验结果

3.1 膜层性能测试

在 71 型显微硬度计测得 TiAlN 膜层的显微硬度值为 HV2 675.2,测试条件:载荷 25 g,加载时间 15 s;利用划痕试验

机测定膜层与基体之间的结合力,结果为 43 N。

3.2 耐磨性试验

按 GB12444-90,金属磨损试验方法有:MM 型磨损试验和环块型磨损试验两种。即在一定试验力及转速下对规定形状及尺寸的试样进行干摩擦或在液体介质中润滑摩擦,经规定转数或时间后,测定其磨损量包括质量磨损即磨损试验后试样失去的质量和体积磨损即磨损试验后试样失去的体积,以评定试验材料的耐磨性。

由于离子镀膜试样的特殊性,按照确定涂层刀具性能的新方法^[7],涂层和无涂层刀具的性能可用下述方法进行比较:(1)无涂层和不同涂层刀具的比较;(2)在同一加工工序中不同涂层刀具比较;(3)在不同加工工序中不同涂层刀具比较。因超硬 TiAlN 膜层常用于耐磨零件和切削刀具,因此选择了在高速钢钻头上沉积 TiAlN 膜层,然后用钻头进行相关钻削试验,以直接评价钻头的耐磨损情况,测定 TiAlN 的耐磨性。

3.2.1 质量磨损试验

试验条件:用市售的高速钢(HSS)钻头在无冷却情况下(干摩擦),钻 50 个通孔以后用精密分析天平(感量为 0.1 mg)测量钻头的磨损量(质量损失),滑动、滚动复合摩擦磨损试验的试样表面在干摩擦中易擦伤或粘附,应选用较低转速或施加较小的试验力,故试验时采用了相对低的转速。未镀膜、镀 TiN 膜和镀 TiAlN 膜层钻头的试验结果见表 1。

表 1 钻头磨损情况

序号	沉积条件参数	钻孔前质量 (g)	钻孔后质量 (g)	磨损量 (mg)	平均值 (mg)
1	镀料:TC4, 52 ml/min, 30 min	5.283 3	5.282 7	0.6	0.70
		5.373 8	5.373 0	0.8	
2	镀料:纯 Ti, 35 ml/min, 30 min	5.385 8	5.384 9	0.9	0.95
		5.593 4	5.592 4	1.0	
3	未镀膜	5.151 5	5.150 1	1.4	1.45
		5.140 6	5.139 1	1.5	

注:钻床型号 ZT512-W,钻速 450 r/min,被钻材料 45 钢(经调质处理 HRC28~33),材料厚度为 $\delta=8$ mm,进给量 约 0.32 mm/s,钻头直径 4 mm。

镀 TiAlN 和 TiN 膜层的钻头钻 50 个孔以后磨损量明显比未镀膜的钻头要少得多,而沉积 TiAlN 膜层的钻头比沉积 TiN 的磨损量还要少些,说明 TiAlN 膜层的耐磨性非常好。

3.2.2 钻孔数统计试验

[收稿日期] 1999-09-05

[基金项目]江苏省科委基金资助项目(编号 BJ95046)

为了模拟实际生产情况,用镀 TiAlN 和镀 TiN 膜层的钻头在 A3 钢板进行钻削试验。试验的条件是:在同一块 A3 钢板上钻孔,钻削时用皂化液冷却,一直钻到需要重磨为止,记录钻孔数,结果见表 2。

表 2 钻孔试验中钻孔数统计

序号	沉积条件参数	膜层	钻孔数(个)
1	镀料:TC4, 52 ml/min, 30 min	TiAlN	492
2	镀料:纯 Ti, 35 ml/min, 30 min	TiN	286

注:钻床型号 Z512-W, 钻速 800 r/min, 被钻材料 A5 钢(厚度为 $\delta=10$ mm), 进给量 约 0.22 mm/s, 钻头直径 4 mm。

在本试验条件下镀 TiAlN 膜层的钻头和镀 TiN 膜层的钻头相比,钻孔数之比大约为 1.7:1, 故其寿命提高 70% 左右, 显示出 TiAlN 膜层良好的耐磨性。

综合质量磨损试验和钻孔数统计试验可知,沉积 TiAlN 的钻头寿命比沉积 TiN 的钻头寿命有较大幅度的提高,故实际生产中,在要求高耐磨性的场合下, TiAlN 有望替代单一的 TiN 工具镀膜。

3.3 耐蚀性

据文献^[8]报道,通常用于渗层腐蚀试验的方法有两种,即盐雾箱腐蚀试验(包括中性盐雾试验、醋酸盐雾试验和铜加速醋酸盐雾试验)及全浸腐蚀试验。本文采用了全浸腐蚀试验方法,将制备好的试样及未镀膜试样(为便于对比)同时浸入浓度为 10% 的盐水溶液中(在室温下,约为 5℃)进行静态腐蚀试验,分别在 16 h、24 h、48 h、72 h、100 h 等时间段,用分析天平称重,计算得到试样单位面积的重量变化即失重(g/m^2)以及腐蚀速率($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)等试验数据。试样采用尼龙线捆扎后悬挂在盐水中。45 钢镀膜与未镀膜试样腐蚀试验结果见图 1,两种试样腐蚀后的表面形貌见图 2~图 3。

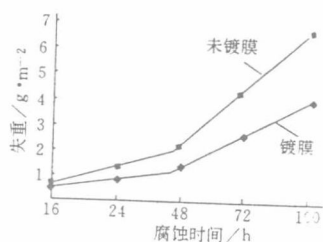


图1 45钢试样经腐蚀后的单位面积失重曲线

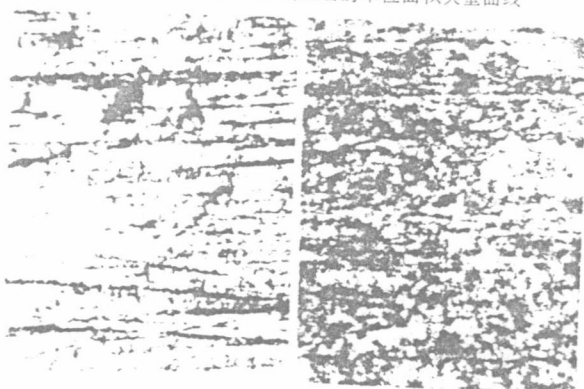


图2 45钢试样腐蚀表面形貌 300×

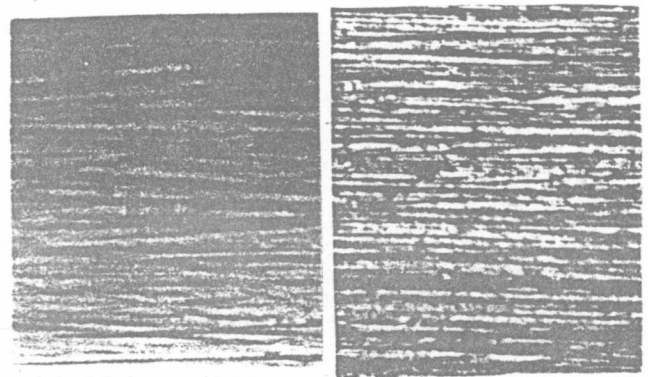


图3 45钢镀膜试样腐蚀后的表面形貌 300×

从图中可以看出,未经镀膜的 45 钢试样 16 h 后已严重腐蚀,100 h 腐蚀后表面布满蚀斑(黑色块状),已很难看到磨削纹路,单位面积失重达 $6.71084 \text{ g}/\text{m}^2$,而镀膜的 45 钢试样经 100 h 腐蚀后表面仍可清晰看到磨削纹,蚀斑很少,这表明经镀膜后,试样的抗蚀性大大提高。

3.4 X 射线衍射分析

采用转靶 X 射线衍射测得的 TiAlN 膜层谱线见图 4。

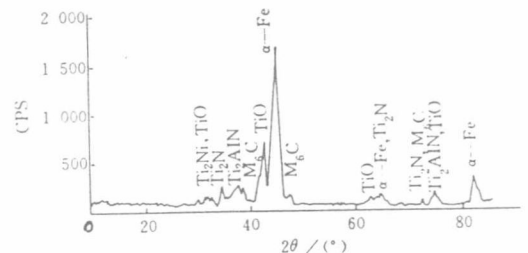


图4 TiAlN膜层X射线衍射图

试验结果表明,用空心阴极离子镀方法沉积的 TiAlN 膜层,膜层的相结构并不是单一的 $\text{Ti}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 相,由以下相组成: Ti_2AlN 、 Ti_3N_2 、 TiO 等。其中的 TiO 相主要是因为真空中不可避免地存在氧,加上 Ti 是活泼性极强的金属,在电弧高温作用下极易形成 TiO ,与其他相一起沉积到基体表面形成 TiAlN 膜层。从膜层的性能测试来看, TiO 的形成并未给膜层性能造成不利影响。

4 讨论

4.1 TiAlN 膜层的耐磨性

(1) TiAlN 膜层具有比 TiN 较小的热扩散系数 一般说来,涂层都有良好的导热性,即热扩散系数(以 b 值表示)较大,传热容易,但 TiAlN 涂层的 b 值($b \approx 6.4 \times 10^3 \text{ W s}^{1/2} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)比 TiN 涂层($b \approx 8 \times 10^3 \text{ W s}^{1/2} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)要小^[7],这样在机加工中,涂层刀具与被加工材料接触区的温度将会提高,流入基体的热流受阻,更多的热残留于切屑中,较热的切屑更易于变形、脱屑,增大了剪切区的斜角,减小了月牙洼中心至刃尖的距离,所以说, TiAlN 涂层提供了很好的热保护,耐磨性大大提高。

(2) TiAlN 膜层在不同的磨损阶段具有不同的抗磨损作用