

教 案

2025-2026 学年第二学期

课程名称 金属材料及热处理

专业班级 数字化设计与制造技术 241

总学时数 32 学时

任课教师 许跃锐

课程基本信息

课程名称	金属材料及热处理			
课程性质	专业选修	学分	2	
学 时	总学时：36 学时。其中：课堂讲授 16 学时；实训/实验 16 学时；线上教学 0 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	许跃锐	
授课专业、班级	数字化设计与制造技术 241	开课学期	2025-2026 第二学期	
成绩评定	平时成绩占 50%；期末成绩占 50 %	考核方式	考查	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	模具材料与热处理	施渊吉、吴元徽	大连理工大学出版社	2024.09
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	<p>金属材料及热处理是一门培养学生如何合理地选用材料以及正确地加工材料的专业基础课。课程内容包括金属材料的基础知识、钢的热处理、模具材料概述、冷作模具材料、热作模具材料、塑料模具材料、模具加工材料、模具失效、模具材料的标准、模具热处理的缺陷及其预防措施和模具材料精益生产管理。本书在保持理论知识和内容体系特色的基础上，还突出了应用性，符合高职数字化设计与制造技术专业的教学要求，有助于培养具有扎实理论功底和较强实践能力的应用型模具专业人才。</p>			
本课程教学目标	<ol style="list-style-type: none"> 1.使学生了解金属材料及热处理技术的现状和发展趋势； 2.使学生掌握各类模具材料的特性、强韧化方法、分类及适用范围； 3.使学生明确模具的质量、寿命、成本与模具材料选择及热处理强化技术之间的关系，正确选用模具材料及热处理方法； 4.使学生熟悉各类模具的表面处理方法及其选用； 5.通过实验课程，使学生对模具材料力学性能、热处理、打磨和抛光等内容有更加深刻的理解。 			

素质(思政)内 容与要求	<p>1.响应广东坚持实体经济为本、制造业当家的省情，介绍模具材料在国民经济发展中的重要作用，培养学生对模具制造业的兴趣。</p> <p>2.引导学生关注国家制造业行业（机电产品零件、五金和汽车等）的发展动态，培养家国情怀，增强民族、文化自信，为实现国家工业化，建设社会主义现代化国家，完成第二个百年奋斗目标贡献力量。</p> <p>3.通过课程学习，使学生树立正确的世界观、人生观和价值观。</p> <p>4.强调模具设计 and 应用领域的职业道德规范，培养学生的创新精神、探索精神、敬业精神、诚信意识和责任感；促使模具制造业发展，振兴模具工业。</p>
学生用主要 参考资料	<p>1.施渊吉、吴元徽 主编《模具材料与热处理》 大连理工大学出版社；</p> <p>2.吴元徽，赵利群 主编《模具材料与热处理》 大连理工大学出版社；</p> <p>3.高为国 主编《模具材料》 机械工业出版社</p>

授课章节 1	金属材料的基础知识	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	知识目标： 掌握金属材料性能； 能力目标： 熟悉金属材料强度和塑性、硬度、冲击韧度等力学性能及对应的测试方法； 素质目标： 能依据金属材料性能正确评估其使用场景		
教学重点	1.区分金属材料的使用性能和工艺性能； 2.金属材料各项力学性能的测试方法； 3.金属的塑性变形和再结晶。		
教学难点	1.学会学生材料的硬度、强度、韧性等性能的测试方法。 2.掌握晶体缺陷对材料性能的影响。 3.区别热加工和冷加工，及热加工对金属组织和性能的影响		
素质（思政） 内容与要求	1、认识我国模具材料对我国工业的重要性； 2、培养对汽车、电器、精密电子行业的兴趣。 3、了解金属材料性能的评价标准。		
补充内容			
教学场地 及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	什么是模具，常见的模具材料有哪些？ 模具，工业生产上用以注塑、吹塑、挤出、压铸或锻压成型、冶炼、冲压等方法得到所需产品的各种模子和工具。简而言之，模具是用来制作成型物品的工具。		5 分钟 讨论
新 课	一、金属材料的性能 1.1 讲解金属材料的使用性能和工艺性能。 1.2 使用性能分为物理、化学和力学性能。 二、力学性能和测试方法 2.1 金属材料的主要力学性能，包括抗拉强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度。 2.2 学习硬度、抗拉强度和韧性的测试方法。		15 分钟 PPT、视频、图片 30 分钟 PPT、视频、图片

新 课	<p>三、金属材料的结构与组织</p> <p>3.1 了解金属晶体的类型和特性。</p> <p>3.2 了解金属的晶体缺陷（点缺陷、线缺陷和面缺陷）</p> <p>四、金属材料的变形与再结晶</p> <p>4.1 晶粒大小对材料强度、塑性和韧性的影响。</p> <p>4.2 塑性变形对金属性能影响。</p> <p>4.3 热加工和冷加工的区别，热加工对金属组织和性能的影响。</p>	<p>10 分钟</p> <p>PPT、视频、图片</p> <p>20 分钟</p> <p>PPT、图片</p>
练习或训练	课后练习题	5 分钟
课后小结	课堂总结	5 分钟
布置作业	<p>1、金属材料常见的力学性能有哪些？测试方法？</p> <p>2、什么叫金属疲劳？</p> <p>3、热加工与冷加工区别？对金属组织和性能的影响？</p>	

授课章节 2	钢的热处理	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	知识目标: 了解钢在加热和冷却时的组织转变; 掌握钢的常规热处理; 熟悉钢的表面热处理; 能力目标: 能进行常规热处理操作; 素质目标: 了解热处理新技术及其发展趋势;		
教学重点	1.分析应用铁碳合金相图; 2.钢的整体热处理工艺、表面热处理工艺		
教学难点	铁-渗碳碳体相图分析运用; 各类钢整体热处理工艺的区别和目的		
素质(思政)内容与要求	1、了解热处理新技术及其发展趋势; 2、了解模具表面处理技术及其发展趋势。		
补充内容			
教学场地及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	数控车床各部件用什么材料制造? 防护罩、控制面板、冷却液箱和排屑机壳等部件用低碳钢; 床身、尾座架及主轴电动机壳用铸铁; 主轴和回转刀架用 45 钢等中碳钢调质。		5 分钟 图片、PPT
新 课	一、铁的同素异构现象 1.1 同素异构转变 1.2 铁的同素异构转变		20 分钟 PPT、图片
	二、铁碳合金相图分析 2.1 铁碳合金基本组织 2.2 铁碳合金的分类		20 分钟 PPT、图片
	三、钢的整体热处理工艺和表面处理工艺 3.1 退火、正火、淬火和回火的定义和目的 3.2 钢的表面淬火和化学热处理、热处理新技术		35 分钟 PPT、图片、视频

新 课		
练习或训练	学生完成测试题	5 分钟
课后小结	课堂总结	5 分钟
布置作业	1、什么叫热处理，热处理目的是什么，其目的？ 2、什么是淬火，其目的？ 3、什么是钢的淬硬性和淬透性，两者有何区别？	

授课章节 3	模具材料概述	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	<p>知识目标: 了解模具材料的分类; 熟悉模具材料的性能要求; 掌握模具材料的选用原则。</p> <p>能力目标: 能根据模具类型(冷作、热作、塑料模)初步选择合适的材料; 能通过牌号识别材料类别及用途</p> <p>素质目标: 培养材料选择中的工程经济性意识; 增强对材料性能与模具寿命关系的理解。</p>		
教学重点	<p>1.模具材料的分类依据(工作条件、材料成分);</p> <p>2.冷作、热作、塑料模具钢的典型牌号及性能特点</p>		
教学难点	材料牌号与性能的对对应关系; 非金属模具材料(如陶瓷、硬质合金)的特殊应用场景		
素质(思政)内容与要求	<p>1、认识我国模具材料分类的现状;</p> <p>2、认识模具材料分类的核心是“按需选材”, 需结合工况、成本、工艺综合考量</p>		
补充内容			
教学场地及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	模具材料如何分类?		5 分钟 讨论
新 课	<p>一、模具材料的分类</p> <p>根据其用途和服役条件不同, 将模具材料分为冷作模具材料、热作模具材料、塑料模具材料和其他模具材料。</p> <p>1.1 冷作模具材料</p> <p>冷作模具材料应用量大、使用面广, 其主要性能要求有强度、硬度、韧性和耐磨性。冷作模具钢以高碳合金钢为主, 均属热处理强化型钢, 使用硬度高于 58HRC。</p> <p>1.1.1 常用冷作模具材料</p>		<p>10 分钟</p> <p>PPT、视频、图片</p> <p>10 分钟</p> <p>PPT、视频、图片</p>

新 课	<p>1.2 热作模具材料 增加了温度和冷却条件这两个因素,且热作模具的工作条件还比冷作模具复杂。</p> <p>1.2.1 热作模具材料分类</p> <p>1.3 塑料模具材料(钢的成分范围很大)</p> <p>1.3.1 塑料模具材料分类 大体可分为预硬钢、时效硬化钢和冷挤压成型塑料模具钢三类</p> <p>二、模具材料性能要求</p> <p>2.1 使用性能(硬度、强度、耐磨性、韧性、抗热疲劳性、咬合抗力、耐蚀性);特殊性能:热稳定性、回火稳定性、抗氧化性能。</p> <p>2.2 工艺性能 在模具生产成本中,材料费用一般占10%~20%,而机械加工、热处理、装配和管理费用占80%以上,所以模具的工艺性能是影响模具的生产成本和制造难易程度的主要因素之一。 工艺性能包括可加工性,淬透性和淬硬性,淬火温度和热处理变形,氧化、脱碳敏感性和其他因素。</p>	<p>10 分钟 PPT、视频、图片</p> <p>10 分钟 PPT、视频、图片</p> <p>20 分钟 PPT、视频、图片</p>
	<p>三、模具材料的选用原则 三个通用原则:使用性能原则、工艺性能原则和经济性原则</p>	<p>15 分钟 PPT、视频、图片</p>
练习或训练	课后练习题	5 分钟
课后小结	课堂总结	5 分钟
布置作业	<p>1、模具材料一般可分为哪几类?</p> <p>2、模具材料的性能要求包括哪些?</p> <p>3、简述模具材料的选用原则?</p>	

授课章节 4	冷作模具材料	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	知识目标: 掌握冷作模具的工作条件和性能要求; 熟悉冷作模具材料的选用; 熟悉冷作模具的制造工艺; 能力目标: 能正确制定冷作模具的热处理工艺; 素质目标: 增强团队协作能力, 通过案例分析提升解决实际问题的能力。		
教学重点	1.典型的冷作模具, 及其使用性能和工艺性能要求; 2.常用的冷作模具材料; 3.冷作模具材料的选用及热处理。		
教学难点	冷作模具材料使用性能和工艺性能区别; 不同冷作模具材料热处理特点		
素质(思政)内容与要求	3、认识我国冷作模具材料的发展现状; 4、掌握冷作模具材料的选用原则和热处理特点		
补充内容			
教学场地及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	什么是冷作模具? 冷作模具是指在常温下对材料进行压力加工或其他加工所使用的模具。典型的冷作模具主要有冷冲裁模、冷拉深模、冷挤压模、冷镦模等。		5 分钟 讨论
新 课	一、冷作模具的性能要求 1.1 使用性能要求 包括耐磨性、韧性、强度、抗疲劳性、抗咬合性 1.2 工艺性能要求 包括可锻性、可切削性、可磨削性、热处理工艺性		20 分钟 PPT、视频、图片
	二、常用冷作模具材料 2.1 非合金工具钢 2.2 高碳低合金钢 CrWMn		20 分钟 PPT、视频、图片
	三、冷作模具材料的选用 3.1 冷冲裁模具材料的选用 3.2 冷拉深模具材料的选用 3.3 冷挤压模具材料的选用 3.4 冷镦模具材料的选用		10 分钟 PPT、视频、图片

新 课	四、冷作模具材料的热处理 4.1 冷冲裁模的热处理 4.2 冷拉深模的热处理 4.3 冷挤压模的热处理 4.4 冷镦模具的热处理	25 分钟 PPT、视频、图 片
练 习 或 训 练	课后练习题	5 分钟
课 后 小 结	课堂总结	5 分钟
布 置 作 业	1、简述冷作模具的工作条件和性能要求有哪些？ 2、说出几种常用冷作模具材料？并举例一种谈谈使用范围。 3、选一种冷作模具，并说说它的性能要求和热处理特点。	

新 课	<p>三、热作模具材料选用</p> <p>3.1 热锻模具材料选用 韧性要求较高、淬透性要求较高</p> <p>3.2 热挤压模具材料选用 耐磨性、高的回火稳定性和抗热疲劳性</p> <p>3.3 压铸模具材料选用 耐磨性、高的回火稳定性和抗热疲劳性</p> <p>四、热作模具的制造工艺 热作模具的制造工艺路线大致分为毛坯制备、成形加工、热处理、钳工整修、模具装配、试模与验收等阶段。</p> <p>五、热作模具热处理实例</p> <p>5.1 热锻模具热处理实例</p> <p>5.2 热挤压模具热处理实例</p> <p>5.3 压铸模具热处理实例</p>	<p>10 分钟 PPT、视频、图片</p> <p>10 分钟 PPT、图片</p> <p>25 分钟 PPT、视频、图片</p>
练习或训练	课后练习题	5 分钟
课后小结	课堂总结	5 分钟
布置作业	<p>1、简述热作模具的工作条件和性能要求有哪些？</p> <p>2、热作模具钢如何分类？</p> <p>3、热作模具钢如何选材？</p> <p>4、提高热挤压模具使用寿命的途径有哪些？</p> <p>5、热挤压模具钢的性能要求？</p>	

授课章节 6	塑料模具材料	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	<p>知识目标: 掌握塑料模具的工作条件和性能要求; 熟悉不同塑料模具的热处理工艺; 掌握塑料模具材料的分类及典型牌号</p> <p>能力目标: 能根据模具工作条件合理选用塑料模具材料;</p> <p>素质目标: 培养对材料性能与加工工艺的综合分析能力; 强化工程实践中的经济性意识。</p>		
教学重点	<p>1.塑料模具材料性能要求;</p> <p>2.塑料模具钢的选用和典型的塑料模具钢;</p> <p>3.塑料模具的热处理。</p>		
教学难点	材料性能与塑料成型工艺的匹配关系; 复杂工况下的综合选材		
素质(思政)内容与要求	<p>1、认识我国塑料模具材料的发展现状;</p> <p>2、掌握塑料模具材料的选用原则和热处理</p>		
补充内容			
教学场地及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	<p>什么是塑料模具? 日常生活中常见的塑料制品(如手机壳、矿泉水瓶)是如何成型的?</p> <p>塑料模具是一种生产塑料制品的工具。大多数手机壳是通过注塑成型制造的。模具被设计成手机壳的形状, 塑料熔融后注入模具, 冷却后成型并脱模。大多数塑料瓶(如 PET 瓶)是通过吹塑成型制造的。首先将塑料颗粒加热熔融, 形成型坯, 然后将型坯放入模具中吹气成型。</p>		5 分钟 讨论
新 课	<p>一、塑料模具材料的性能要求</p> <p>1.1 使用性能要求 包括硬度、耐磨性和耐蚀性, 强度、韧性和疲劳强度, 耐热性, 尺寸稳定性, 导热性。</p> <p>1.2 工艺性能要求 包括切削加工性和表面抛光性, 塑料加工性, 电加工性, 热处理工艺性, 表面处理工艺性, 表面刻蚀性能和镜面加工性能, 焊接性能</p>		20 分钟 PPT、视频、图片

新 课	二、塑料模具材料选用 2.1 选择的基本要求 2.2 考虑的因素 三、典型的塑料模具材料 3.1 渗碳型塑料模具钢 3.2 淬硬型塑料模具钢 3.3 预硬型塑料模具钢 3.4 时效硬化型塑料模具钢 3.5 耐蚀型塑料模具钢 四、塑料模具的制造工艺路线 五、塑料模具热处理实例 5.1 渗碳钢塑料模具钢的热处理 5.2 淬硬钢塑料模具钢的热处理 5.3 预硬钢塑料模具钢的热处理 5.4 时效硬化钢塑料模具钢的热处理 六、塑料模具的表面处理 渗碳、渗氮和碳氮共渗、渗硼及其复合渗、TD 法、气相沉积、热喷涂、表面淬火、离子注入	10 分钟 PPT、视频、图 片 10 分钟 PPT、视频、图 片 10 分钟 PPT、图片 15 分钟 PPT、视频、图 片 10 分钟
练 习 或 训 练	课后练习题	5 分钟
课 后 小 结	课堂总结	5 分钟
布 置 作 业	1、简述塑料模具的性能要求包含哪些？ 171 2、塑料模具的选用原则（基本要求和考虑因素）？ 175 3、塑料模具钢的分类？ 176 4、塑料模具表面处理的目的是什么？处理手段有哪 些（写出三种手段，并解释说明）？ 192	

授课章节 7	模具失效	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	<p>知识目标：熟悉模具失效的影响因素；掌握模具失效的常见类型和特征；理解模具失效的主要原因（材料、设计、工艺、使用条件等）。</p> <p>能力目标：能通过观察失效模具的宏观/微观形貌判断失效类型；能结合材料性能和工艺参数提出改进方案</p> <p>素质目标：培养工程问题分析的系统性思维；强化质量意识与成本控制观念（延长模具寿命）。</p>		
教学重点	<p>1.模具失效的基本影响因素；</p> <p>2.掌握模具失效的常见类型和特征（如畸变失效、断裂失效、表面损伤等）；</p> <p>3.冷作、热作和塑料模具的失效形式；</p>		
教学难点	不同失效形式的辨别和分析；根据模具失效形式反推模具设计和热处理工艺的缺陷等		
素质（思政） 内容与要求	<p>1、掌握我国模具材料的失效形式；</p> <p>2、掌握模具提高寿命的措施，优化模具设计工艺</p>		
补充内容			
教学场地 及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	模具失效会造成哪些后果？ 成本增加、交货延迟、安全隐患		5 分钟 讨论
新 课	<p>一、模具失效的基本影响因素</p> <p>1.1 模具设计因素 包括模具结构、模具材料显微组织取向不合理、性能要求不合格。</p> <p>1.2 模具材料因素 包括模具材料的冶金质量、碳化物分布不匀引起失效、表面脱碳引起失效。</p> <p>1.3 模具的机械加工不良因素 包括切削中的刀痕、电加工引起失效、磨削加工造成失效。</p> <p>1.4 模具热处理工艺不合理因素 包括加热速度选择不当、氧化和脱碳的影响、冷却条件的影响</p>		30 分钟 PPT、视频、图片

新 课	二、模具失效分析 2.1 畸变失效（弹性、塑性和翘曲畸变失效） 2.2 断裂失效（韧性、脆性、疲劳及蠕变失效断裂） 2.3 表面损伤失效 三、热作模具的失效形式 3.1 热磨损 3.2 热疲劳 3.3 断裂失效 3.4 腐蚀 四、冷作模具的失效形式 4.1 冷冲裁模的失效形式 4.2 冷拉深模的失效形式 4.3 冷挤压模的失效形式	10 分钟 PPT、视频、图片 10 分钟 PPT、视频、图片 10 分钟 PPT、图片
	五、塑料模具的失效形式 5.1 腐蚀 5.2 磨损 5.3 变形 5.4 开裂	15 分钟 PPT、视频、图片
练 习 或 训 练	课后练习题	5 分钟
课 后 小 结	课堂总结	5 分钟
布 置 作 业	1、模具的失效形式有哪些？ 2、热作模具的失效形式有哪些？ 3、冷作模具的失效形式有哪些？ 4、塑料模具的失效形式有哪些？	

授课章节 8	模具热处理的缺陷及其预防措施	授课形式	讲授
学时	2		
教学目标	<p>知识目标: 熟悉模具热处理变形和开裂; 掌握减小模具热处理变形与控制模具热处理开裂的措施。</p> <p>能力目标: 能通过微观金相组织或宏观形貌判断热处理缺陷类型; 能根据缺陷调整热处理工艺参数 (如温度、冷却速率)</p> <p>素质目标: 培养严谨的工艺规范意识和质量管控思维; 强化对热处理工艺与材料性能关联性的理解。</p>		
教学重点	<p>1.模具热处理变形和开裂原因、常见形式;</p> <p>2.掌握减小模具热处理变形与控制模具热处理开裂的措施;</p>		
教学难点	复杂缺陷的多因素分析 (如变形与开裂的耦合作用); 欠热、过热和过烧区别和联系		
素质 (思政) 内容与要求	<p>1、掌握模具热处理的缺陷和预防措施;</p> <p>2、强化热处理工艺与材料性能的关联, 深化对工业热处理的认知</p>		
补充内容			
教学场地及教具使用	教学楼 B304		
教 学 过 程		方法手段 时间分配	
导 入	热处理为何被称为模具制造的“生死关”?		5 分钟 讨论
新 课	一、模具热处理内应力 1.1 热应力 1.2 组织应力		10 分钟 PPT、视频、图片
	二、模具的热变形处理 2.1 模具热处理变形的形式 2.2 模具热处理变形的趋同		10 分钟 PPT、视频、图片
	三、模具热处理裂纹 3.1 模具热处理裂纹的种类 包括深裂纹、细微表面裂纹和内部裂纹 3.2 模具的热处理裂纹与内应力		10 分钟 PPT、视频、图片

新 课	<p>四、减小模具热处理变形与控制模具热处理开裂的措施</p> <p>4.1 合理设计、正确选材并合理制定热处理技术条件</p> <p>4.2 合理安排工艺流程</p> <p>4.3 合理进行锻造和预先热处理</p> <p>4.4 采用合理的热处理工艺</p> <p>五、模具热处理的其他缺陷及其预防补救措施</p> <p>5.1 氧化与脱碳</p> <p>5.2 欠热、过热和过烧</p> <p>5.3 淬火硬度不足与软点</p> <p>5.4 回火缺陷</p>	<p>20 分钟 PPT、视频、图片</p> <p>25 分钟 PPT、视频、图片</p>
练习或训练	课后练习题	5 分钟
课后小结	课堂总结	5 分钟
布置作业	<p>1、模具的热处理缺陷有哪些？</p> <p>2、模具热处理变形和开裂的原因是什么？</p> <p>3、减小模具热处理变形与控制模具热处理开裂的措施有哪些？</p>	

实验课程：

实验 1：碳钢切割取样实验

[实验目的]

- 1.掌握碳钢试样的取样方法；
- 2.培养学生规范操作实验设备的能力；

[实验设备及材料]

1. 砂轮机/锯子（用于 45#钢取样）；
2. 45#钢；
3. 锉刀；

[实验组织]

1. 实验前，应上网学习金属试样取样有关内容，观看老师发布的试样锉平视频。
2. 了解各种砂磨机、老虎钳等的构造原理、操作规程及注意事项；
3. 全班分若干小组在设备上进行操作。

[实验步骤]

1. 用锯子/砂轮机对 45#钢进行取样，取样 20*10*15mm 左右；
2. 用锉刀对取样面进行锉平，保证样品断口处基本平整；

[实验要求]

试样被测表面应平整，无锋利边角。

实验 2：45#钢磨抛实验

[实验目的]

- 1.掌握金相试样的制备方法（磨制、抛光、）；
- 2.培养学生规范操作实验设备的能力；

[实验设备及材料]

1. 砂纸（240#、400#、800#、1200#，用于磨抛）；
2. 抛光机（用于试样表面抛光处理）
3. 抛光膏/抛光液；
4. 45#钢

[实验组织]

1. 实验前，应上网学习金属试样磨抛有关内容，观看老师发布的试样磨抛视频。
2. 了解各种抛光机等的构造原理、操作规程及注意事项；
3. 全班分若干小组在设备上进行操作。

[实验步骤]

- 1.选取试样最为平整的一面，用 240#、400#、800#、1200#四种砂纸，由粗到细，依次对试样取样面进行磨抛；
2. 对磨抛后的样品面进行抛光处理；

[实验要求]

试样被测表面应制成光滑平面，显微镜下观察表面无划痕/凹坑。

实验 3：热处理前金属材料硬度测试实验

[实验目的]

1. 了解布氏、洛氏硬度测定的基本原理和应用范围。
2. 了解布氏、洛氏硬度计的主要结构，掌握操作方法。
3. 根据不同金属零件的性能特点，掌握选择测定硬度的方法。

[实验设备及材料]

1. 布氏硬度试验机；
2. 洛氏硬度试验机
3. 读数显微镜
4. 淬火钢、退火钢、铸铁、有色金属试样

[实验组织]

1. 实验前，应复习教材“硬度”有关内容。
2. 了解各种硬度计的构造原理、操作规程及注意事项
3. 全班分若干小组在几个硬度计上轮流进行操作。

[试样及测试技术条件]

1. 试样被测表面应制成光滑平面，不应有氧化皮及污物。试样面应保证压痕直径（或压痕对角线）能精确测量。布氏、洛氏硬度试样表面粗糙度 Ra 值一般不应大于 0.8 μm 。
2. 在试样制备过程中，应尽量避免由于受热及冷加工对试样表面硬度的影响。
3. 布氏、洛氏硬度试样的最小厚度应大于压痕深度的 10 倍。
4. 试验一般应在 10~35 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内进行。
5. 试验时，必须保证试验力作用方向与实验面垂直。对不规则的试样，应根据其形状采用合适的支承台，以保证压头与轴线垂直。

[实验步骤与要求]

一. 布氏硬度试验

步骤

1. 根据试样材质及预计硬度范围，选择压头材料及直径，试验力及试验力保持时间。
2. 将选定的钢球或硬质合金球压头装入硬度计主轴衬套内并紧固，调好砝码和

时间定位器。

3. 将试样稳固的放在工作台上，顺时针方向转动工作台升降手轮，使压头与试样接触，直至升降手轮与螺母发生空转为止。
4. 准备就绪后，施加试验力。开电源开关，电源绿色指示灯亮后，按下加力按钮：当红灯亮时，表示试验力已加上，迅速拧紧时间定位器的压紧螺钉使其转动，开始计时，达到预定加力时间后，红灯熄灭，试验力自动卸除。
5. 关闭电源，逆时针方向转动手轮，使工作台下落，取下试样。
6. 用读数显微镜测出试样表面压痕直径 d （在两个垂直方向各测一次，取其平均值）。
7. 根据压痕平均直径 d ，用教材附表 2 查出所测材料的布氏硬度值。

要求

1. 试验后，压痕直径应在 $(0.24\sim 0.6) D$ 之间，否则无效。此时应更换砝码，调整试验力，再做试验。
2. 压痕中心距试样边沿距离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍，两相邻压痕中心距离不应小于压痕平均直径的 4 倍，布氏硬度小于 35 时，上述距离分别为压痕直径的 3 倍和 6 倍。

二. 洛氏硬度试验

步骤

1. 根据试样材质及预计硬度范围，选择压头类型和初、主载荷（见教材第 9 页表 1-3）。
2. 根据试样形状和大小，选择适宜的工作台，将试样平稳的放在工作台上。
3. 顺时针方向缓慢转动工作台升降手轮，将试样与压头缓慢接触使指示器指针或指示线至规定标志即加上初始载荷。如超过规定则应卸除初载荷，在试样另一位置试验。
4. 调整指示器至零点后，加主载荷（应在 4~8s 内完成）。
5. 施加完主载荷后，总载荷的保持时间应以示值指示器指针基本停止移动为准。
6. 卸除主载荷后，从表盘指针所指读数即为所测洛氏硬度值。
7. 逆时针方向旋转手轮，降下工作台，取下试样。

注意

1. 试样两相邻压痕中心距离或任一压痕中心距试样边缘距离一般不小于 3mm。特殊情况下，这个距离可以减小，但不应小于压痕直径的 3 倍。
2. 在每个试样上的试验点数应不小于 4 点（第一点不计）。
3. 要十分注意工作台升降手轮的旋转方向，特别是在实验快结束需下降工作台卸除载荷取下试样或调换试样位置时，手轮不得转错方向，否则就容易损坏压头。

实验 4：铁碳合金的平衡组织观察

[实验目的]

1. 鉴别铁碳合金常温下的显微组织。
2. 分析成分（含碳量）对铁碳合金显微组织的影响，从而加深理解成分、组织与性能之间的相互关系。
3. 了解金相试样的制备过程及金相显微镜的使用方法。

[实验设备及材料]

金相显微镜；金相标准试样；制备金相样品（取样、磨制、抛光及腐蚀）所需的设备及材料。

[实验组织及步骤]

1. 实验前复习教材“铁碳合金的基本组织”有关内容。
2. 了解金相试样的制备过程及金相显微镜的主要结构、使用方法及注意事项（如严禁用手帕或一般纸擦镜头或试样等）。
3. 根据设备条件，分两人或数人一组，每组显微镜一台，标准试样一套，金相图谱一本。
4. 了解显微镜的操作过程。
5. 按观察要求，选择物镜与目镜，并装在显微镜上。
6. 将试样磨面对着物镜放在载物台上。
7. 接通电源。
8. 用双手慢旋粗调焦（距）手轮，试试样缓慢靠近物镜，同时在目镜上观察，视场由暗到亮，调至看到组织。然后再旋动微调焦（距）手轮，直至看到最清晰图像为止。调节动作要缓慢，勿使试样与物镜接触。
9. 观察一般组织时，由低倍数到高倍数，并移动载物台，对试样各部进行观察。
10. 分析比较试样内部组织。
11. 填写实验报告。

[金相试样的制备]

金相试样的制备主要包括取样、磨制、抛光及腐蚀等步骤

1. 取样

在需要分析观察的材料或零件具有代表性的部位，截取（用锯、切割机、锤

击等方法) 试样工作称为取样。取样时, 应注意保证不使试样被观察面的金相组织发生变化。试样尺寸一般以高为 10~15 mm、边长或直径为 15~25 mm 的方形或圆柱形较合适。试样太小或形状不规则的小颗粒, 可以镶嵌在熔点低的电木粉或环氧树脂内, 或用夹具夹持。

2. 磨制

2.1 粗磨准备好的试样, 软材料可用锉刀锉平, 钢铁材料先在粗砂轮上磨平, 候磨痕均匀一致后, 即移至细砂轮上续磨, 磨时须用水冷却试样, 使金属的组织不因受热而发生变化。粗磨完后, 试样应倒角, 以免在细磨、抛光过程中将砂纸或抛光布撕裂。

2.2 细磨经砂轮磨好、洗净、吹干后的试样, 随即依次在由粗到细的各号砂纸上磨制, 我厂采用在预磨机上进行磨制, 从粗砂纸到细砂纸、再换一次砂纸, 试样须转 90°角与旧磨痕成垂直方向。

3. 抛光

经预磨后的试样, 先在抛光机上进行粗抛光(抛光织物为细帆布抛光液为 Cr_2O_3 溶液), 然后进行精抛光(抛光织物为锦丝绒, 抛光液为 Cr_2O_3 溶液) 抛光到试样上的磨痕完全除去而表面像镜面时为止, 即粗糙度为 Ra0.04 以下。

4. 浸蚀

4.1 精抛后的试样, 便可浸入盛于玻璃皿之浸蚀剂中进行浸蚀。浸蚀时, 试样可不时地轻微移动, 但抛光面不得与皿底接触。

4.2 浸蚀剂一般采用 4% 硝酸酒精溶液。

4.3 浸蚀时间视金属的性质、检验目的及显微检验的放大倍数而定, 以能在显微镜下清晰显出金属组织为宜。

4.4 试样浸蚀完毕后, 须迅速用水洗净, 表面两用, 酒精洗净, 然后用吹风机吹干。

实验 5：金属材料热处理实验

[实验目的]

- 1.掌握碳钢的常规热处理工艺（退火、正火、淬火、回火）及其应用；
- 2.研究加热温度、保温时间、冷却方式对材料组织与性能的影响；
- 3.观察热处理后的显微组织特征（如马氏体、索氏体等），分析组织与力学性能的关系；
- 4.培养学生规范操作实验设备及分析实验结果的能力

[实验设备及材料]

1. 箱式电阻炉（加热温度范围：0~1300℃）；
2. 砂轮机、抛光机、金相砂纸（60#~1200#）、抛光膏；
3. 冷却介质：水槽（20-30℃）、油槽（机油）；
4. 45#钢、T10 钢废锯条、浸蚀剂（4%硝酸酒精溶液）；

[实验组织]

1. 实验前，应上网学习碳钢热处理有关内容，认真学习教材中有关金属热处理的工艺和适用条件。
2. 了解各种砂磨机、抛光机等构造原理、操作规程及注意事项；
3. 全班分若干小组在设备上进行操作。

[实验步骤及要求]

1.退火/正火实验

步骤：

- 1.1 45#钢试样加热至 830℃，保温 15 分钟；
- 1.2 退火：炉冷至 650℃后空冷；
- 1.3 正火：直接空冷至室温。

要求：对比退火与正火试样的硬度差异（参考值：退火 197HBS，正火 226HBS）。

2.淬火实验

步骤：

- 2.1 45#钢试样加热至 860℃，保温 30 分钟，水冷淬火；
- 2.2 T10 钢锯条加热至 770-790℃，保温 5 分钟，水冷；

要求：观察淬火后试样的脆性（T10 锯条易折断），记录硬度（45 钢约 50HRC）；

3.回火实验

步骤:

3.1 低温回火 (200°C): 保温 40 分钟空冷;

3.2 中温回火 (450°C): 保温 40 分钟空冷;

要求: 对比回火前后硬度变化 (如 45 钢淬火后 50HRC→中温回火后 35HRC)

[实验要求]

1. 操作规范

1.1 佩戴防护手套和护目镜, 淬火操作时保持安全距离;

1.2 试样进出炉前关闭电源, 使用长柄夹具夹取工件;

2. 数据记录

2.1 填写热处理工艺参数表 (温度、时间、冷却介质);

2.2 绘制硬度-回火温度关系曲线, 分析硬度变化规律 1

3. 实验报告

3.1 包含显微组织照片、硬度数据对比、工艺参数对性能的影响分析;

3.2 回答思考题(如“为何淬火后需及时回火?”“表面淬火与整体淬火的区别?”)。

实验 6：金属材料热处理后收缩率测试实验

[实验目的]

- 1.掌握碳钢试样的收缩率的测试方法；
- 2.培养学生规范操作实验设备的能力；

[实验设备及材料]

1. 砂轮机/锯子（用于 45#钢取样）；
2. 砂纸（240#、400#，用于磨抛）；
3. 游标卡尺（用于测量样品长宽高尺寸）
4. 马弗炉
5. 45#钢

[实验组织]

1. 实验前，应上网学习金属烧结有关内容，学会游标卡尺的测试和读数方法；
2. 了解各种马弗炉的构造原理、操作规程及注意事项；
3. 全班分若干小组在设备上进行操作。

[实验步骤]

1. 用锯子/砂轮机对 45#钢进行取样，取样 20*10*15mm 左右；
2. 用锉刀对取样面进行锉平，再用砂纸对样品进行磨抛，保证样品断口处基本平整；
3. 测试取样长宽高尺寸并做好记录；
4. 设置马弗炉烧结曲线（最高温度 800℃），将试样放入马弗炉烧结；
5. 待马弗炉炉温降至室温后，打开马弗炉取出样品；
6. 测量烧结后的试样长宽高尺寸，计算烧结收缩率

[实验要求]

试样被测表面应平整，烧结时注意防止高温烫伤。

实验 7：金属材料热处理后硬度测试实验

[实验目的]

- 1.掌握碳钢试样的热处理后硬度的测试方法；
- 2.培养学生规范操作实验设备的能力；

[实验设备及材料]、[实验组织]、[实验步骤]、[实验要求]等与实验 2 相同。

实验 8：金属材料热处理后显微组织观察实验

[实验目的]

- 1.掌握碳钢试样的热处理后显微组织的观察方法；
- 2.培养学生规范操作实验设备的能力，了解金相试样的制备过程及金相显微镜的使用方法；
- 3.了解热处理前后碳钢试样显微组织的不同；

[实验设备及材料]、[实验组织]、[实验步骤]、[实验要求]等与实验 3 相同。