

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	宁海县西店空调配件厂	
实践单位地点	浙江省宁波市宁海县西店镇望江路 18 号	
实践岗位名称	技术工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 07 月 01 日开始 至 2022 年 05 月 25 日结束
		专业实践训练累计 328 天（单位考核前），其中项目研究天数 180 天（单位考核前）
<p>(1) 基本情况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>实践单位简介 西店空调配件厂成立于 1989 年 5 月，位于浙江省宁海县，是中国制冷学会会员；中国制冷工业协会的理事会员。企业一直注重研发创新，拥有一支经验丰富的工程技术团队，形成六大系列、数百个品种、上千规格的暖通空调生产技术能力，产品远销美洲、欧洲等地区国家，是众多世界著名暖通空调企业指定产品供应商。</p> <p>实习实践内容 基于塑性成形理论，结合管件折弯的有限元分析，确定最优工艺参数并优化现有折弯成型工艺，改进折弯模具，基于现有的管件数控折弯设备，对上述的新工艺、新模具、新方法进行验证，并做更进一步的优化，达到保证产品质量的同时，提升企业生产效率。</p>		
<p>(2) 项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>项目名称：管件折弯仿真分析及工艺优化 项目来源：实践单位 项目经费：15 万 主要研究目标及技术难点： 管件折弯是以管件为毛坯进行塑性成形的一种加工工艺，所得弯曲管件具有独特的中空结构和良好的力学性能。在弯曲成形过程中，常会出现内侧起皱、截面畸变、外侧壁厚拉伸变薄及卸载后回调等缺陷，因其成形过程是一个多因素耦合的非线性塑性成形过程，影响复杂，结合实际加工，通过改进模具结构，优化工艺参数，降低成形质</p>		

量误差，减少调模试模时间，减少时间和材料成本上的浪费，试验新的折弯方法，提升生产效率。

(3) 项目开展情况（含项目研究内容、研究方案及技术路线，研究团队分工、本人承担任务及完成情况，存在问题与改进建议等，不少于 500 字。）

研究内容：从塑性变形理论入手，假设管件在外力作用下处于平衡状态，根据边界条件以及屈服条件等，理论解析管件的折弯过程，分析其成形机理；基于 ABAQUS 建立管件折弯的有限元仿真模型，分析管件折弯过程中的应力应变情况，结合理论分析各单因素（相对弯曲半径、折弯中心角、芯棒伸出量、芯棒与管内径间隙等）对管件折弯的影响规律，在此基础上，优化现有折弯工艺，改进弯管模具，提出新的变折弯成形方法，提升管件成形性能的同时，有效地保证了管件产品的生产效率；进一步在数控弯管设备上，进行进一步的验证和优化，进一步改良新的弯曲模具，优化新的工艺方法，应用到实际生产中去。

理论方面调研了大量现有管件折弯方面的文献，进行了一些归类和总结，发现目前还没有管件精确折弯理论，常规的研究大都是简化成形过程，推出一定的公式，然后在仿真和实验中不断去修正，不断逼近，本次实践选择的路线也基于此方法。仿真方面，借助理论基础，搭建针对 TP2 材质的管件的折弯成形模型，通过拉伸实验得出管材真实的应力应变曲线，导入到仿真模型中，确保仿真更贴合实际。采用动态显式算法分析管件成形过程，计算高效，分析回弹采用静态隐式算法，这样确保计算结果的收敛性和准确性。通过能量比验证仿真模型的准确性，进一步通过实验再次验证，做到了双重验证。基于构建的 ABAQUS 模型，分析单因素变量（相对弯曲半径、折弯中心角等）对管件折弯的影响规律，通过仿真获取最优工艺参数，分析管件折弯过程中的受力情况，分析确定最优的工艺数据：芯棒与内径的间隙、芯棒深长量等（以往这些都是靠经验和多次试弯才能确定的参数）。针对其变形特征和实际存在的缺陷，提出模具的改进方案，通过仿真做进一步论证，对比改进前后的缺陷差异性，确定改进的模具结构。

加工新的改进工装，应用在现有的数控折弯设备上，验证之前的工艺参数。在各工艺参数优化的情况下，分析恒定折弯速率对管件折弯成形的影响，提出多弯变速率成形方法。针对不同的情况和折弯难易程度，分别选择不同的折弯速度，一方面确保了折弯管件的质量，另一方面也大大提升了整个折弯过程的效率。

团队分工及本人承担任务：根据项目内容设定，分为了理论仿真小组和实验小组，理

论仿真小组，主要负责有限元仿真模型的构建和模具图纸的改进和下发，结合理论小组的数据，分析和整理单因素变量对折弯的影响，整理编排新的工艺；实验小组主要是拉伸试验的实施和数据整理，数控折弯程序的编辑，对新的模具的调试，对试验过程中的产品数据进行采集记录和汇总。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

知识掌握：管件数控折弯设备的程序编辑和调试方法的学习，对金属塑性变形理论的系统学习，有限元仿真软件 ABAQUS 的系统学习。

通过对金属塑性成形理论的学习，对管件折弯成形机理有了一定的认识。管件折弯成形主要是应用大变形理论，根据其界面段受力情况，大致分为三个阶段：弹性弯曲阶段、弹塑性弯曲阶段、塑性变形阶段。常规的研究都是假设管件在外力作用下处于平衡状态，并保持一定的连续性，然后根据平衡微分方程、本构方程、几何方程求出相应的变形力和变形功，然后进一步对折弯产品的缺陷进行预测。

对有限元软件 ABAQUS 的系统学习。ABAQUS 包含有一个丰富的单元库，可模拟任意几何形状，是一套功能强大的工程仿真软件，它包含有两个模块：通用分析模块，ABAQUS/Standard，采用隐式解法；显式动力分析模 ABAQUS/Explicit，采用显式解法。显式求解是对时间差分，不存在迭代及收敛问题。时间与最小单元有关，并且要求质量矩阵为对角矩阵，故而得采用减缩积分法，也容易激发沙漏模式，影响计算结果。隐式解法采用牛顿迭代法，与时间无关，每一增量都是在静态平衡方程中迭代求解，每次都需解线性方程组，存在不收敛的可能。对于管件弯曲成形过程的仿真，根据实际分析的变量及缺陷的不同，选择不同的模块解法。在本次实践中，分析管件折弯成形过程多采用动态显式算法，计算简单高效，分析管件折弯后卸载回弹，采用静态隐式算法，这样更保证计算结果的收敛性和准确性。通过仿真直观分析管件折弯成形过程中的应力应变情况，为缺陷预测和工艺参数优化都提供很大帮助。

能力提升：与以往学校里上课不同，在实习过程中，大大提升了对文献的筛选和调研能力，也掌握了一些快速阅读文献和整理总结文献的方法，改变了以往课堂单纯等着被动灌输的一些习惯，现在遇到问题，更先想是否有相关文献有这方面的记录，然后查找做深入了解和总结。之前大部分时间更重理论方面一些，这次实习也提升理论在实践中的应用能力，更注重理论应用实践，理论和实践相结合，解决以往单纯靠经验的调试问题，大大降低了时间和材料成本。在整个实习过程，涉及到多个部门，团队的沟通与在具体事情上的协调能力也得到了提升。

素质养成：在这次项目实践过程中，本人掌握了必备的相关学科的专业知识和基础理论，注重文献查阅和整理，养成了好的科学思维习惯。学习能力，创新能力、实践能力都得到了进一步提升。与团队的协作沟通能力、解决具体工程问题能力等方面也在这次实践中得到了一定的锻炼和提高。

(二) 取得成效

通过理论分析研究，通过技术应用创新应用到实际中去，改进折弯模具，优化折弯工艺，提出新的折弯方法，解决企业实际工程问题，取得一定的社会和经济效益。管材素有工业血管、发动机动脉之誉，因其具有独特的中空结构和力学性能，兼具轻量化、强韧性、刚度高等优点，被广泛应用到工业、农业、航天等日常生活的各个领域，这其中管件弯曲结构又占有举足轻重的地位。相较于其他金属塑性加工，因其成形过程涉及几何非线性、材料非线性等多种因素相互纠葛，目前对其成形机理的研究还是比较落后，精确折弯技术还不成熟，在管件塑性成形过程中，因为模具及工艺选取不当都会造成起皱、变薄及回弹等质量缺陷，都会造成不可避免的工程损失，严重时酿成重大事故，因此就管件塑性成形技术进行深入研究显得尤为必要。实际生产中，企业对管件折弯成形方面的研究，大多还是停留在以经验为主导，一个合格的产品，有时候需要经过多次的修模和试弯，造成了一定的材料和时间成本上的浪费。通过仿真对比，工艺的优化，都可以减少企业在这方面的浪费。面对复杂的成形管件，改进的折弯模具，新的折弯方法可以平衡企业对产品质量和生产效率的矛盾，对工厂的实际加工生产有一定的经济效益。

与论文的相关度程度：

本人的论文题目是“管件变折弯速率成形方法及应用研究”，同属于管件塑性成形的研究范畴，专业实践过程中，通过对管件塑性成形理论的系统学习，让我对其形成的基础理论有了一定的了解，为了后续论文的深入研究有个更充分的准备。有限元仿真软件的系统学习，也有助于后续我在论文方面对折弯速度的研究。试验过程中的模具结构优化和工艺优化都为论文之后的试验打下了一定的试验基础，为之做了一定的工艺准备。文献调研方面也一定程度上培养了我的科学研究思维，通过这次实践，就管件成形方法的研究方法，分析解决企业实际工程问题的方法，对我今后的科研工作和学习都会有很大的助力。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	学校排名/总参与单位数
------	---	---------------	----------------	----------	-------------

本人承诺

在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守

学术道德、遵循学术规范。

签字：肖斌

2022年6月6日

三、考核评价

校外合作 导师(或现 场导师) 评价	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力，以及通过技术创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价：</p> <p>肖斌在实习过程中工作认真，表现出很强的责任心，实践过程中细心、踏实，能够虚心接受指导，也展现出很优秀的学习能力，通过个人努力搭建了管件折弯的仿真模型，并经过分析优化了现有工艺，改进了折弯模具。能够与协作的班组和同事进行很好的沟通，勤于思考，提出了很多有建设性的建议，解决了很多企业管件车间的实际问题。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字：周哲 2022年6月6日</p>
校内导师 评价	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价：</p> <p>肖斌同学在实践中，表现了很强的责任心，积极细心，查阅相关文献，结合管件成形仿真，能够将所学理论知识应用到实践中去，优化现有工艺，解决了企业存在的工程问题，为后续课题的深入研究打下了良好的基础。</p> <p>校内导师签字：王进 2022年6月6日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间:2021年 7月 1日 实际实践结束时间:2022年 5月 25日 专业实践训练累计天数: 328天 其中项目研究天数: 180天 实践单位过程考核结果: <input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格 审核签字并盖公章: 2022年 6月 6日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩（由现场答辩考核成绩 90%+单位过程考核成绩 10%组成）： 是否重修: <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 教学管理部（或相关分院）审核签字（公章）： _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。

3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。

4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。

5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。

6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。

7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。

8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

