

# 包钢板材冲压模拟工作站建设初探

刘 妍, 王亚男, 刘恩泽

(内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 包钢板材产品冲压模拟工作站是典型的应用技术研究平台, 在“数值模拟及有限元仿真”技术的统筹支持下, 依托多台高性能个人计算机完成大规模并行计算, 实现了“冲压模拟分析”“材料数据库建设”“表面相关研究”“综合模拟”四个主要领域的联合互动。平台开展了大量模拟分析工作, 不仅为板材产品工艺及性能的优化调整提供了依据, 也为包钢汽车板等高端产品赢得市场口碑做出了贡献。与此同时, 材料数据库的建设也推动了制造商前期介入 (EVI) 工作的实质性进步。

**关键词:** 冲压模拟; 工作站; EVI

中图分类号: TG386

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2024)01-0001-04

## Initial Explorations on Constructing Stamping Simulation Workstation for Sheet of Baotou Steel

Liu Yan, Wang Ya-nan, Liu En-ze

(Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** The stamping simulation workstation for sheet products of Baotou Steel is the typical research platform of applied technologies. With the coordinated supports of “numerical simulation and finite element simulation” technologies, it relies on multiple high performance personal computers to complete massively parallel computation so that the joint interactions of such four main fields as “stamping simulation analysis” “construction of material database” “correlational research of surface” and “comprehensive simulation” are realized. A large amount of simulation analysis is carried out on the platform, which not only provides the basis for optimizing and adjusting the processes and performances of sheet products, but also contributes to winning market reputations for high-end products such as automotive sheet of Baotou Steel. At the same time, the construction of material database promotes the substantial progress of early vendor involvement (EVI).

**Key words:** stamping simulation; workstation; EVI

从钢铁行业的宏观发展角度来看, 应用技术可以比作是产品研发的“眼睛”, 指引产品应用于多种服役环境, 适用不同应用场景。国内外钢铁行业的产品应用及服务能力与产品研制的先进程度相

辅相成, 也与产品市场占有率成正比。所以, 凡是涉及下游应用的各类钢材产品, 无论是钢板、钢管、钢轨还是线棒材产品, 加强产品应用技术研究、提高产品应用技术水平是每家钢企需要面临的共性问题。

收稿日期: 2023-11-01

作者简介: 刘妍 (1972-), 女, 吉林省农安县人, 正高级工程师, 现从事汽车与家电用钢产品设计开发、质量管控等工作。

从板材产品的应用分析角度来看,典型的应用场景包括冲压、折弯、胀形等,产品的应用效果评价需要综合考虑性能的适用性、钢板表面相关的摩擦系统表征、涂装鲜映性、镀层抗损伤、轻量化设计的材料高速应变、NVH (Noise, Vibration, Harshness) 影响下的应力三轴度等多重因素。众多应用技术中,成型工艺是最为广泛而常见的,以钢板成型性能为例,原始力学描述通常可由“屈服面”表达,然而在塑性变形的每一时刻都会存在一个后继的屈服强化曲面,其变化涉及到多维物理问题的耦合,研究分析工作十分复杂,仅凭借经验判断难以达到精准、量化地解决问题。汽车与家电用板材产品之所以被称为钢铁产品中的高端产品,不仅仅是因为其对生产技术、控制水平要求高,更为重要的是因应用场景的多元化、精细化而导致的其对应用技术及解决问题的能力要求更高。

从板材产品所处的水平来看,包钢的汽车与家电用钢生产线及产品尚属后来者,从事产品应用技术研究的人才十分匮乏,产品应用技术与解决问题的能力相对薄弱,在遇到板材成型的各类问题时,经常会出现产品“合标不合用”却又“说不清楚原因”、也“不知道怎么改进”的问题。而且,随着板材市场的逐步拓展,各种形式的其他应用问题也接踵而至,如果不能及时而有效地加以解决,会对包钢的品牌形象造成不良影响。因此,多维度、多手段、系统性地解决板材产品冲压等工况下的应用问题迫在眉睫。正是在这样的背景下,板材冲压模拟工作站(以下简称“工作站”)应运而生。

## 1 面临的瓶颈问题

### 1.1 基础薄弱的问题

EVI 技术服务在应对汽车新车型、新零件的材料选型中起到至关重要的作用,模拟分析是其依托的重要手段,分析结果及数据库植入可以为钢企赢得先机。可是,即便对模拟的重要性有了清楚的认知,在实际推广应用过程中也存在诸多问题,比如:由于行业内对边界条件的识别和参数的把控一直没有形成体系,没有可依据的量化评估方法,导致冲压模拟分析单次结果的准确度主要依靠工程师的经验来完成。由此,对于处于蹒跚学步期的包钢板材成形模拟工作,欲严格控制每次分析结果的准确度并溯源修正难度极大。

### 1.2 人员紧缺的问题

历经几年,板材产品研发人员在精准设计及控制产品性能区间方面积累了一定的经验,但是,以最广泛而核心的应用场景冲压成形为例,其相关因素的综合研究还存在人员缺乏及应用技术研究水平低的双重问题。为了在当前人员紧缺的情况下也能够快速提高应用技术水平,研发中心内部成立了由对冷冲压、热成形、轻量化、涂装及镀层等工况有初步了解的重点研发人员组成的、跨科室协同推进的冲压模拟工作站,从零开始具体推进各项应用技术及工艺优化研究,发挥了区域内资源整合、优势互补的作用,通过群策群力快速补齐应用技术“短板”。

## 2 建立过程及工作内容

### 2.1 建立过程

成立之初,包钢板材冲压模拟工作站选择以当前科学研究及工程领域应用广泛的前沿技术——“数值模拟及有限元仿真”作为多种复杂应用场景研究的切入点,打破传统理念中只能通过实体试验设备才能开展研究工作的思维定势,一举化解了“没有试验设备等研究手段”“没有专业人才”“没有问题解决经验”等一系列问题。

为了快速提高技术业务能力,首先开展包含通用有限元、专用仿真技术在内的数值模拟系列培训,在完成技术知识输送的同时,同步开展该领域有限元建模及仿真技术应用的发掘工作,推进并设计模型运行流程,根据当前紧迫需攻关的复杂问题开展模型应用及修正,指导生产工艺优化,指导用户工况参数匹配。

考虑到工作站人员均为兼职,为更好地应对人员紧缺带来的工作效率低的问题,在每月召开例会之际将共性问题的解决流程及时固化,编制各领域作业指导书等文件,技术成果的及时输出便于工作站兼职人员以外的人员随时使用。

### 2.2 工作内容

包钢汽车钢冲压模拟工作平台依托多台高性能计算机和大规模并行计算系统,开展 EVI 技术介入。在模拟技术的统筹指引下各领域纵深推进的同时,也逐渐形成了“冲压模拟分析”“材料数据库建设”“表面相关研究”“综合模拟”四个主要领域联合互动的效果。平台及工作内容示意图见图 1。

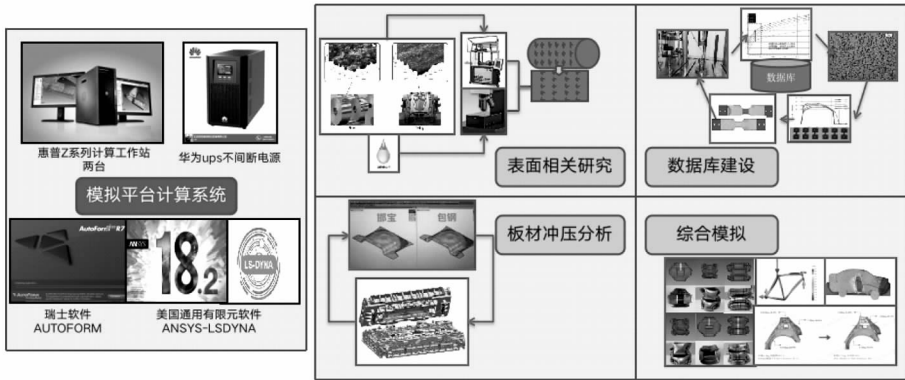


图 1 冲压模拟工作平台示意图

在工作站建设过程中,每个领域均由“工况掌握→实体试验研究→模拟模型建立及应用→流程固化”形成自我闭环,各领域的成果形成数字语言与

材料/工况档案一并归于数据库建设形成外部闭环。具体见图 2。

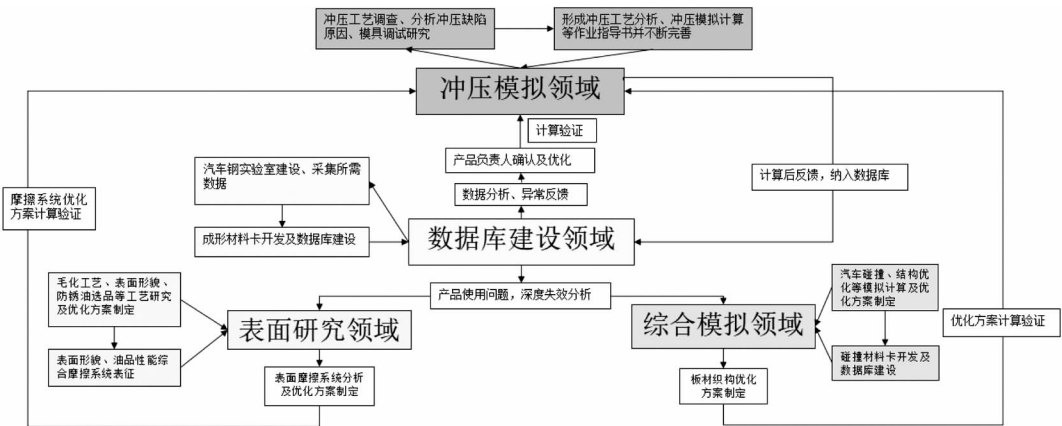


图 2 各领域内外部工作流程

### 2.2.1 冲压模拟领域

借助冲压模拟研究成果持续拓展技术应用,与车企冲压同步工程(SE)部门、模具设计制造部门、冲压车间分别开展设计、制造、加工在内的全流程技术对接,并逐步形成了“预判、甄别、优化”的技术支持手段,可实现冲压全流程模拟技术介入,并在指导用户调试模具、协助用户优化制程、质量异议甄别等方面起到了关键作用。此外,编制的《冲压跟踪及工艺调查作业指导书》中汇总了一线跟踪积累的大量实体冲压及模具问题的解决经验,实现将跟踪调查、模拟计算、分析及改进三步骤可拆分、可组合的开展工作,丰富人员配合形式和工作开展方式,以缓解当前人员紧缺的状态。

### 2.2.2 数据库建设领域

作为材料生产商来讲,准确表征自身产品特性、编制自有材料卡片是冲压工艺评估、模具设计制造等产品应用中不可或缺的一环。此前,主机厂设计零件、模拟分析使用的材料数据库主要是 CAE 软件公司基于国外主流板材生产商标定的,国内仅包含三家厂商数据,给包钢产品材质切换带来极大阻碍。在数据库建设过程中,开展了多种性能试验,并通过数据的筛选和计算编辑制作了包钢材料数据包,主动为客户“车型设计阶段、试模试料阶段、切换料风险评估”提供包钢板材的数据支持,这也是实现真正 EVI 的关键。

### 2.2.3 综合模拟领域

有限元法是一种为求解偏微分方程边值问题近似解的数值技术。因数值模拟大部分为有限元法,

通常广泛的称“有限元分析 $\approx$ 数值模拟分析”。计算机进行有限元模拟分析(CAE)已成为时尚的前沿技术,其技术的优势在于无需多次实体试验,不需要耗费极大的人力、物力、财力、时间,即可对产品性能、结构承载情况等直观地了解并且可以获取各项量化数值,广泛应用于航空航天、医疗和重大工程以及产品设计等各行各业。

不同材料的性能及其加工和制造工艺通常会有较大差异,因此材料替代后结构的设计通常也会有较大不同<sup>[1]</sup>。通过板材综合模拟领域研究,目前已经在商用车“优化选材轻量化”EVI介入、材料碰撞性能表征、多情景下失效问题分析计算、仿真数据交换等方面取得多项突破。工作站人员正在学习结构力学、优化反算、大变形、流固耦合等多维度模拟计算工作,既可为先期介入用户提供技术支撑,又可为生产现场各类模拟计算提供改进依据。

#### 2.2.4 表面相关研究领域

根据长期积累的冲压、涂装等产品应用经验,导致失效问题的诸多因素中与产品表面相关的因素影响越来越凸显。包钢对板材表面形貌的控制不佳,在供货过程中经常出现性能因素之外的其他问题,很难进行预判及改进,导致大量质量异议处理困难,生产现场改进方向不够明确。据此,工作站开展板料“表面微观形貌及分布规律研究”“防锈油指标及

使用性能评价研究”“电泳工艺及锌层适应性研究”“镀锌层及钝化层膜层质量评价及优化”等多项表面应用技术研究工作,已经取得阶段性成果,在现场毛化工艺、钝化液和防锈油分类、选品方面提供有效指导建议。

### 3 结束语

经过艰难的技术探索,逐步建立起包含“冲压模拟”“数据库建设”“有限元综合模拟”“表面相关研究”四个领域在内的板材产品模拟技术研究体系。工作站建设至今已开展大量应用技术研究及EVI技术介入工作,解决了大量困扰包钢汽车钢生产和市场推广的“卡脖子”问题。从市场开发到车身设计、模具设计再到生产投产、成本优化等进行全流程深入研究,并将研究成果应用于与主机厂合作的全流程技术支持中,同时继续拓展全新领域,增强对产品使用性能的掌握,不断完善对主机厂的技术支持能力。

#### 参 考 文 献

- [1] 吕毅宁,吕振华.基于等刚度条件的薄壁结构的一种材料替代轻量化设计分析方法[J].机械工程学报,2009,45(12):289-294,299.