

室派员。

63. 推动国际标准化培训基地(青岛)和国际标准化会议基地(杭州)的建设。

64. 进一步拓展与更多的国际组织开展标准化合作,积极参加世贸组织(WTO)、国际食品法典委员会(CAC)、国际兽医局(OIE)、国际植保组织(IPPC)等国际组织在标准领域的相关工作。

五、全面推进标准化管理提升,增添发展新动能

(一) 强化标准制修订管理

65. 推进标准制修订工作无纸化、专家投票电子化、标准编审一体化。

66. 严把标准技术审查关,把握标准的产业适用性、行业引领性,确保材料的完整性、程序的合规性、内容的协调性、法律法规的符合性以及重大问题处理的一致性,不断提高标准质量。

67. 严控标准制修订进度,充分运用信息化手段,强化周期控制,建立标准制修订周期通报制度,开展标准报批无纸化试点,开通全国标准信息公共服务平台,不断提高工作效率。

68. 优化创新标准立项评估模式,优先制定保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全以及经济社会发展所急需的标准。

69. 健全国家标准样品管理制度,研究建立国家标准化技术文件制度。

(二) 规范技术委员会运行

70. 加强《全国专业标准化技术委员会管理办法》宣贯培训,加快出台配套政策文件。

71. 合理布局、严格审查新组建技术委员会。规范技术委员会日常工作

业务。

72. 做好2018年度技术委员会考核,严格做到坚决整改一批、整改不合格的坚决暂停一批、存在重大问题的坚决撤销一批,处理结果及时向社会公开。

(三) 加大技术标准科技创新

73. 推进科技研发、标准研制与产业发展同步。

74. 加快国家技术标准创新基地建设,研究支持创新基地的鼓励政策和措施,培育一批创新基地。

75. 开展国家级标准验证检验检测点建设,逐步建立完善重要技术标准的试验验证和符合性测试机制。

76. 组织开展2018年度中国标准创新贡献奖评选。

(四) 夯实专业人才教育培养

77. 加强标准化教育培训顶层设计,开展国内外标准化教育现状及发展趋势基础研究,分类组织编制标准化教育培训系列教材。

78. 加强标准化学科建设,支持和鼓励更多高校开设标准化课程、方向或专业。

79. 深化国际标准化教育合作,筹备组建“一带一路”国际标准化教育高校联盟。

80. 推动标准化课程更多走进各级党校、行政学院、干部学院。

81. 拓展标准化职业教育,特别是以信息技术和网络平台为手段开发在线教育课程。探索标准化中小学科普教育。

六、突出抓好五项重点工作

82. 突出抓好标准化战略研究。委托中国工程院牵头,针对实施标准化战略重要理论和实践问题,开展前

瞻性、全局性、根本性战略课题研究,为编制《中国标准2035》提供支撑。

83. 突出抓好新标准化法贯彻。配合新标准化法实施,加强新标准化法普法宣传,抓紧对现有法规制度进行梳理,加大立改废工作力度,加快完善配套政策法规体系,加强标准制定、标准实施的监督管理。

84. 突出抓好“百千万”专项行动。配合质量提升年活动,动员首批城市组织企业开展“百城千业万企对标达标提升专项行动”,主动对标国际,开展比对分析、技术验证、比较试验、协同攻关和产品创新等工作,运用先进标准助力产品和服务质量持续提升。

85. 突出抓好“一带一路”行动计划。落实《标准联通共建“一带一路”行动计划(2018—2020年)》,重点抓好九个重点任务和九个专项行动。结合实际,制定细化措施,发挥标准在“一带一路”建设中机制保障作用。

86. 突出抓好基层党建标准化实践探索。积极推进基层党建标准化试点,及时总结推广好做法好经验,为全国党支部建设标准化探索经验、提供标准。开展以标准化手段提高基层党建工作质量的课题研究,开展党建标准化人才培养,建设党建信息化平台,为提高党的建设质量提供标准化支撑。以推进基层党建标准化为抓手,进一步加强标准化队伍政治建设、思想建设、组织建设、作风建设和纪律建设,把全面从严治党建抓抓实,抓出成效。7

中国机械制造工艺技术发展研讨会在京召开

2018年1月29日上午,中国机械制造工艺技术发展研讨会在北京召开,会议由中国机械制造工艺协会主办,原机械工业部副部长陆燕荪、中国机械工程学会理事长宋天虎等七家行业协会相关负责人,我会王西峰理事长、单忠德常务副理事长、张伯明高级顾问、王至尧高级顾问、聂玉珍高级顾问等出席会议。会议由王西峰理事长主持。

会上,我会单忠德常务副理事长介绍了我会概况及开展的工作,分析了机械制造工艺现状、发展趋势,并列举了多个典型工艺创新案例,最后提出机械制造工艺技术未来发展建议。机械总院高端装备制造业云服务平台刘义总经理从云平台目前情况、案例、合作等方面介绍了云平台。王西峰理事长提出希望制造业加互联网相结合,能为行业协会提供更好的服务。

随后与会领导及专家就中国机械制造工艺技术及行业协会发展方向、



重点工作等展开研讨。铸造协会、热处理协会、内燃机协会、机械通用零部件协会、模具协会、建材机械工业协会等负责人分别介绍了各协会所涉及的制造工艺领域现状与存在问题、近期工作重点及下一步工作计划。

陆燕荪副部长指出技术发展必须贯彻以企业为中心,协会要起到总结、交流、推广先进典型,促进技术进步的桥梁作用,最终达到提高产品质量的目的。希望各行业协会积极为中国机械制造工艺发展出主意、想办法,凝

练成建议文本提交给国家有关部委,为国家政策制定当好参谋。

王西峰理事长总结讲话,他总结指出本次会议通过我会召集各兄弟行业协会共同研讨中国机械制造工艺发展问题,密切了兄弟协会间的关系,充分共享了各行业间的信息,与会专家为机械制造行业发展建言献策,是一次成功而有效的会议。未来,我会将继续牵头组织各行业协会之间建立定期交流机制,团结协作,共同努力,为我国制造行业发展做出新贡献。T

(上接09页)

物的斯德哥尔摩公约》《关于汞的水俣公约》履约相关工作。

(二十七) 推进绿色国际经济合作

采用境外投资、工程承包、技术合作、装备出口等方式推动绿色制造和绿色服务率先走出去,主导或参与制定绿色制造国际标准,提升标准国

际化水平。加快与联合国开发计划署共同实施“高效电机推广项目”,深化电机领域国际合作。

八、加强重大问题研究

(二十八) 加强重大问题研究

十九大部署全面建成社会主义

现代化强国两阶段战略安排,明确到2035年生态环境根本好转,美丽中国目标基本实现。积极组织开展面向2035的前瞻性、战略性研究,科学规划工业节能与绿色发展领域发展目标、重点任务和路线图。T

特种旋压成形技术的研究进展及前沿挑战

夏琴香¹, 肖刚锋¹, 程秀全²

1. 华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广东 广州 510640
2. 广州民航职业技术学院 飞机维修工程学院, 广东 广州510403

摘要: 近年来, 随着旋压理论的不完善和旋压技术的不断创新, 旋压成形技术已取得了较快的发展, 突破了传统意义上只能生产轴对称、等壁厚产品的限制, 并可用于制备具有纳米/超细晶结构的筒形件及用于难变形金属的完整制造。基于当前装备制造业对具有复杂结构和特殊性能要求零部件的迫切需求, 对近年来新出现的三维非轴对称类零件、内齿轮件、具有纳米/超细晶结构件及难变形金属筒形件热强旋等特种旋压成形新技术进行了阐述; 并结合“中国制造2025”中“智能化制造工程”, 从旋压成形质量在线检测和旋压大数据系统构建等方面, 对旋压成形技术智能化发展的前沿挑战进行了探讨。

关键词: 特种旋压成形技术; 旋压成形质量在线检测; 旋压大数据系统; 智能化

A Review of Novel Metal Spinning Technology and Frontier Challenge

Qinxiang Xia¹, Gangfeng Xiao¹, Xiuquan Cheng²

1. School of Mechanical and Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China
2. Aircraft Maintenance Engineering College, Guangzhou Civil Aviation College, Guangzhou 510403, China

Abstract: Nowadays, metal spinning technology has seen a rapid development with the development of spinning mechanism and the innovation of spinning technology. It has challenged the limitation of tradition spinning technology being used for manufacturing axisymmetrical and uniform wall-thickness parts, and also can be used to manufacture the cylindrical parts with nano/ultrafine grained structures and realize the complete manufacturing of difficult-to-deform metal parts. In this paper, the non-axisymmetrical spinning, inner gear spinning, cylindrical parts with nano/ultrafine grained structures spinning and difficult-to-deform metal hot power spinning technologies are reviewed based on the urgent requirement of the components with complex shapes and special performance in equipment manufacturing industry. Furthermore, combing the “Intelligent manufacturing engineering” of “Made in China 2025”, the frontier challenge of intelligent development of spinning technology is discussed from online-detection of the spinning forming quality and establishment of spinning big-date system.

Keywords: novel metal spinning technology; online-detection of the spinning forming quality; spinning big-date system; intelligentization

基金项目: 国家自然科学基金项目(50275054, 50475097, 51075153, 51375172), 国家自然科学基金青年科学基金项目(51705159), 广东省精密装备与制造技术重点实验室资助项目(PEMT1202), 广东省工业科技计划项目(2003C102013, 2006B11901001), 广东省自然科学基金面上重点项目(04105943), 广东省自然科学基金项目(020923, 10151040301000000), 广东省自然科学基金博士启动纵向协同项目(2017BQ019); 中国博士后科学基金项目(2017M622678), 上海市复杂薄板结构数字化制造重点实验室开放课题(x2jqB7170110)

1 前沿

旋压是借助于旋轮的进给运动，加压于随芯模沿同一轴线旋转的金属毛坯，使其产生连续的局部塑性变形而成为所需回转空心零件的一种近净精密塑性成形方法^[1]；因具有产品机械性能优异、所需设备吨位小、成本低、材料利用率高等优点，而广泛应该用于航空、航天、车辆及装备等领域^[2]。

随着现代制造业所需零部件向着结构复杂化、高性能化方向发展，传统的旋压工艺由于只能成形轴对称、圆形截面及等壁厚零件，已无法满足现代制造业的发展需求^[3]。近年来，随着旋压理论的不完善和旋压技术的不断创新，旋压成形技术已取得了较快的发展，如三维非轴对称类零件、内齿轮件、具有纳米/超细晶结构件及难变形金属筒形件热强旋等特种旋压成形新技术的出现，突破了传统意义上只能生产轴对称、等壁厚产品的限制，并可用于制备具有纳米/超细晶结构的筒形件及用于难变形金属的完整制造，满足现代制造业中对复杂结构零件和在特殊环境下服役零件的要求，极大地拓宽了旋压技术的应用范畴^[4]。

智能化已成为未来制造业的发展方向，《中国制造2025》行动纲要提出实施智能化制造工程，加快发展智能化制造关键技术；此外，智能制造也是工业4.0的核心^[5]。目前旋压成形质量的在线检测和精确控制是实现其智能化发展所面临的主要挑战。基于机器视觉的旋压成形质量在线检测为实现其智能化发展奠定了基础^[6]；构建基于大数据的旋压大数据系统，通过

数据挖掘快速获取旋压成形质量信息，已成为未来实现旋压成形技术信息化、智能化发展的重要手段^[7]。

2 特种旋压成形技术研究进展

2.1 三维非轴对称类零件旋压成形技术

三维非轴对称零件是现代制造业广泛应用的一类具有复杂结构的零部件，如汽车排气歧管，可分为偏心 and 倾斜两大类^[4]。由于其具有复杂的非规则曲面，采用传统的旋压成形方法无法成形；而传统的冲压后进行焊接的方法存在制备工序多、焊接质量无法保证、材料利用率低及生产成本高等局限^[8]。作者等提出采用使毛坯避开回转状态的三维非轴对称零件旋压成形新方法^[9-10]。

在成形零件的偏心部分时，不同道次旋压成形时的工件轴线保持平行；每道次成形前先将工件沿旋轮公转轴线的垂直方向在水平面内进行平移 δi ，然后在成形时将工件沿着旋轮

公转的轴线方向作进给运动；直至各道次成形后的轴线偏移总量达到所需要的数值 δ 时为止，如图1(a)所示^[9]。

在成形零件的倾斜部分时，每道次成形前先将工件轴线相对于旋轮公转轴线在水平面内偏转一定角度 ϕi ，然后使装卡在机床工作台上的毛坯沿着旋轮公转的轴线方向作进给运动；这样每道次旋压后，毛坯已变形部分相对于未变形部分便倾斜了一定的角度。经过多道次旋压成形，便可获得所要求的总的倾斜角度 ϕ ，如图1(b)所示^[10]。

依据上述偏心及倾斜类零件旋压成形方法，成功制备出汽车排气歧管类三维非轴对称零件(图2)，突破了传统旋压成形技术只能加工轴对称回转体空心零件的局限，实现了具有空间复杂曲面结构的非轴对称零件的完整近净成形。

2.2 内齿轮件旋压成形技术

内齿轮是车辆和仪器仪表中变速

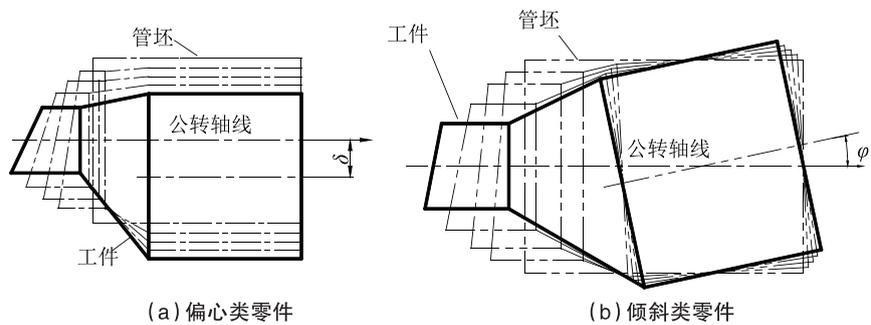


图1 非轴对称零件旋压成形过程



图2 非轴对称旋压件

装置不可或缺的零件，杯形薄壁内齿轮通常采用切削制齿与焊接相结合的方式来进行生产^[11]。内齿轮件旋压成形技术的出现，有效地弥补了传统工艺复杂、产品质量稳定性差等不足，是齿轮加工领域内的一项技术创新^[12]。

作者等提出采用圆形板坯经单道次旋压成形制取杯形毛坯后，直接在杯形毛坯内壁旋制出各种形状轮齿的齿轮无切削精密旋压成形方法^[13]。成形内齿轮零件时，将具有外齿廓的芯模安装在机床主轴上，杯形预制坯同心地夹在芯模和尾顶块之间，并随主轴一起旋转（图3）；变形金属在120°均匀分布的三个旋轮作用下，其内壁材料因受芯模外齿廓的约束产生径向塑性流动而形成齿形（图4）；成果开发出梯形及渐开线型杯形薄壁内齿轮（图5）；实现了高精度、高性能内齿轮件的完整近净成形。

2.3 纳米/超细晶结构件旋压成形技术

纳米材料是指晶粒尺寸为1~100nm的固体材料；而超细晶材料是指晶粒尺寸为100~1000nm的固体材料^[14]，纳米/超细晶材料因具有优异的力学性能而备受关注。目前纳米/超细晶材料主要采用剧烈塑性变形法制备，如通道转角挤压、累积叠轧、多向锻造、高压扭转等；但此类方法所制备的纳米/超细晶材料体积有限，且所需的应变量大^[15]。

强力旋压属于剧烈塑性变形方法之一，由于强力旋压过程中，晶粒变形具有方向性，为获得等轴的纳米/超细晶，作者等提出将强力旋压工艺与热处理相结合的方法来制备具有纳米/超细晶结构的筒形件^[16-17]。

作者等以20钢为毛坯，采用多道次强旋后进行再结晶退火的工艺方

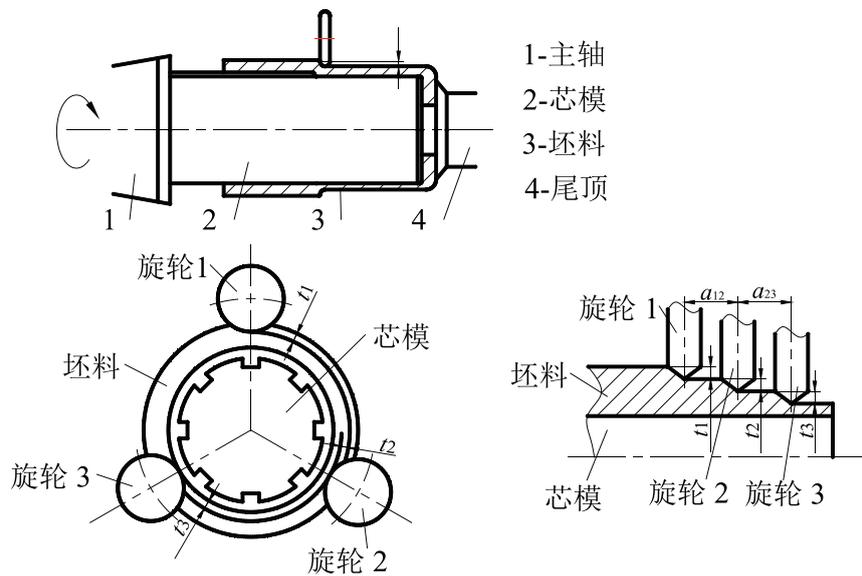


图3 内齿轮旋压成形原理

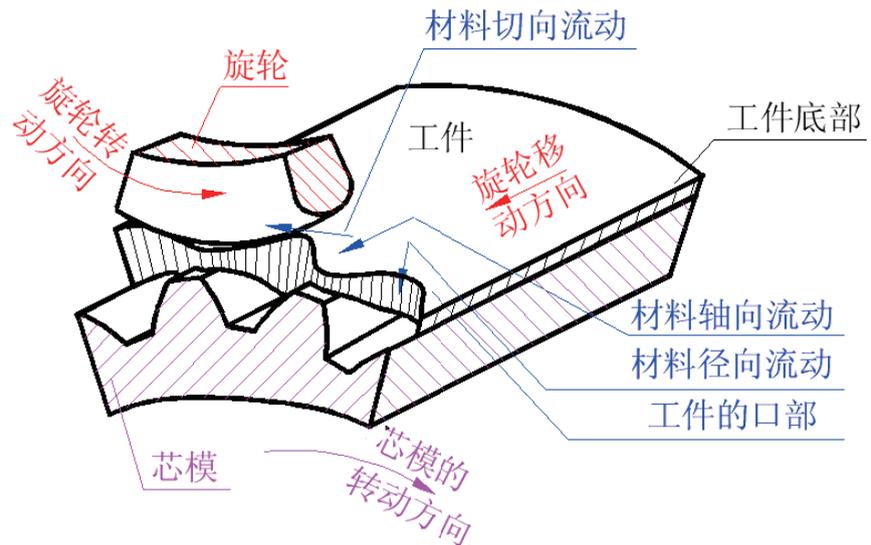


图4 内齿轮成形过程中材料的流动状况



(a) 梯形内齿轮

(b) 渐开线形内齿轮

图5 薄壁内齿轮旋压件

法,在工件减薄率为87%的条件下,将晶粒的平均尺寸由 $50\mu\text{m}$ 细化到 600nm ,成功制备出等轴状无畸变的具有超细晶结构的筒形件(图6)^[16]。在此基础上,考虑到碳钢的所有组织中马氏体具有高密度的位错和最细小的板条晶结构,为进一步降低晶粒细化到纳米/超细晶级别所需的应变量,提出将板条马氏体作为旋压初始组织,采用“淬火-强力旋压-再结晶退火”的方法,在减薄率仅为55%的条件下,将晶粒的平均尺寸 $50\mu\text{m}$ 细化到 160nm ,实现了在小应变条件下制备出具有超细晶结构的筒形件(图7)^[17],其抗拉强度由 465MPa 提高到 815MPa ,硬度由 155HV 提高到 312HV ,实现了普通材料的高性能化,可望替代高强度材料。

2.4 难变形金属筒形件热强旋成形技术

难变形金属指化学成分复杂、合金元素含量高,在室温加工过程中具有变形抗力大、塑性低和变形温度范围窄等特点的一类金属材料^[18]。难变形金属筒形件是航空航天发动机及舰船燃气轮机燃烧室中的核心部件,其精度及性能决定着发动机的整体性能;由于其室温塑性差、硬化指数高,导致其室温下成形困难^[19]。传统的制备方法为板料卷焊,但脆裂和应力集中的焊缝往往成为裂纹扩展的源头,从而大大缩短产品的寿命。

作者等提出采用强力旋压与热成形相结合的热强旋方法,来制备具有高精度和高性能的难变形金属筒形件,克服难变形金属材料室温下塑性较差、变形抗力大、加工硬化严重而导致成形困难的难题,顺利实现了难变形金属材料的塑性成形。通过构建热强旋过程变形-传热-组织演变耦合

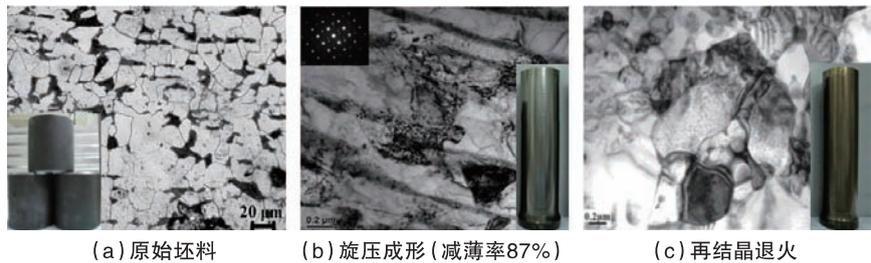


图6 超细晶结构件旋压成形

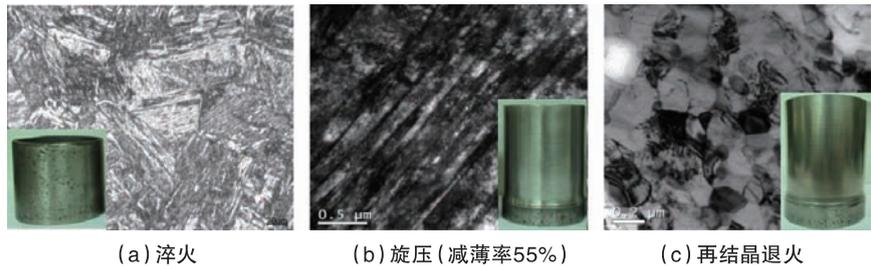


图7 小应变条件下纳米/超细晶结构件旋压成形

模型(图8)和热强旋过程微观组织演变模型(图9),实现对热强旋过程宏观耦合计算和微观组织演变的动态观测与控制;在此基础上,结合多目标优化,实现了热强旋过程形/性一体化控制,成功制备出具有高精度和高性能的镍基高温合金筒形件(图10)^[20-21]。

3 旋压成形技术的前沿挑战

3.1 旋压成形质量在线检测

旋压成形质量主要指“起皱、破裂”等成形缺陷及“直线度、圆度、扩径量”等尺寸精度等^[22]。由于旋压成形时物体处于高速旋转状态,传统的接

触测量方法无法进行在线测量,而目前旋压件成形质量的测量还局限于成形后进行静态人工测量,此方法效率低且存在人为误差,已无法适应现代制造业智能化的发展。随着现代制造业向着高效、高精度、低成本的方向发展,对产品成形质量进行在线检测,实时监控零件的成形情况并及时调整成形方案,以获得高精度的产品,并减低废品率、提高生产效率,已成为实现制造业智能化及产业升级的前提和基础。

旋压成形是典型的点加载连续局部塑性变形过程,在复杂结构零件

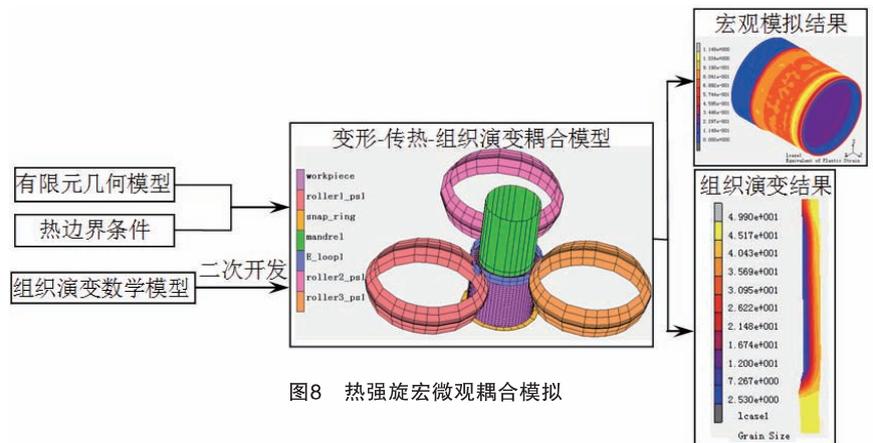


图8 热强旋宏观微观耦合模拟