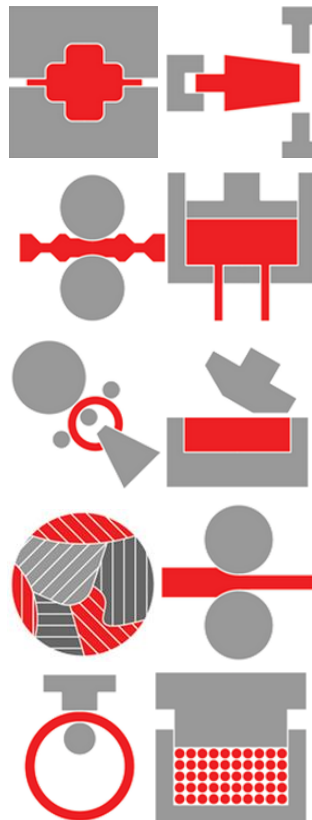
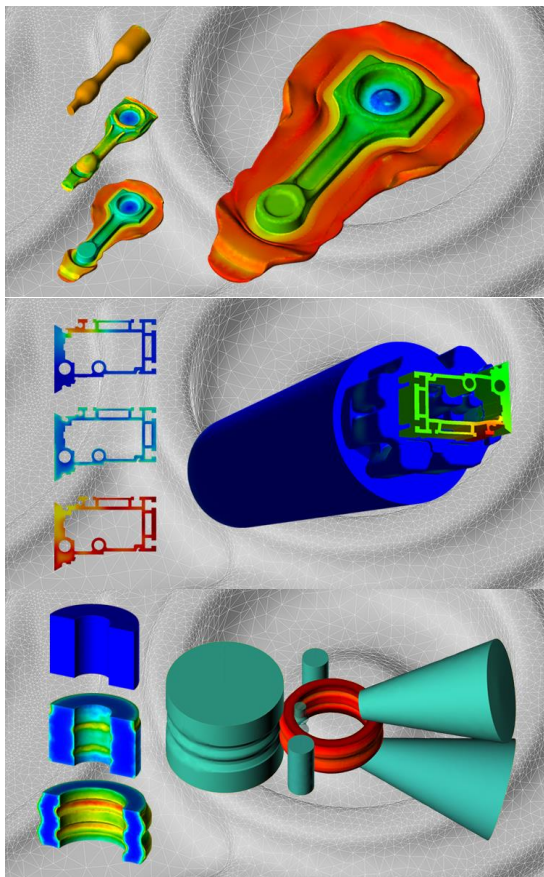


金属塑性成形工艺模拟软件 QForm

锻造、挤压、热处理



Open Die Forging-自由锻

Cold/Warm/Hot Forging-冷温热模锻

Porous material forming-粉末锻造

Electric Upsetting-电墩

Sheet metal Forming-板材冲压

Cross Rolling-横向轧制

Longitudinal Rolling-纵向轧制

Reverse Rolling-可逆轧制

Wheel/Ring Rolling-轧轮/环轧

Extrusion-型材挤压

Heat Treatment-热处理

Grain Size Evolution-晶粒演化

User Subroutines-用户子程序

QForm API-数据交互接口



北京创联智软科技有限公司

Beijing Intelligent United Innovation Technology Co. Ltd

◇ 完整的专业锻造工艺解决方案

金属塑性体积成形工艺模拟软件 QFORM 自 1991 年软件商业化版本发布，历经 30 多年软件研发和商业应用，致力于打造专业金属塑性体积成形工艺模拟软件。目前 QFORM 提供了金属塑性体积成形的完整锻造工艺模拟解决方案，帮助用户解决锻造工艺设计和优化，模具的设计制造等技术难题。QFORM 软件突破了初始阶段的锻件成形缺陷分析功能、目前包括更进一步的锻件成形质量分析和模具设备分析功能。

- 锻件成形缺陷分析—模具充型分析，折叠流线分析
- 锻件成形质量分析—晶粒度分析、金相组织分析
- 锻造模具设备分析—模具耦合变形分析、模具磨损分析、模具寿命分析

QFORM 锻造工艺模拟涵盖大部分金属塑性体积成形工艺，适合大部分锻造材料（锻钢、锻铝、铜合金、镁合金、钛镍高温合金），软件中包括 1000 多种材料数据库。适用的锻造设备包括锻锤、机械压力机、液压机、螺旋压力机和旋转成形设备（辊锻机、楔横轧机、斜轧机、环轧机、旋转锻造机）。

◆ QFORM 软件适用的成形工艺：

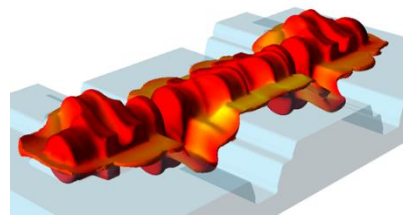
- 模锻：冷锻、温锻、热锻
- 自由锻：拔长、镦粗、冲孔、分段锻打、鞍锻扩孔工艺
- 回转成形：辊轧、楔横轧、纵向轧制、穿孔斜轧、可逆轧制
- 特种回转成形：轮辗、辗环、摆辗、旋压
- 型材挤压：铝合金、镁合金等型材挤压
- 特殊工艺：液压胀形、粉末锻造、回弹分析、多工件成形
- 模具设备：模具变形、应力、磨损、寿命
- 热处理：晶相转变、硬度、极限强度、扩散
- 晶粒演化：再结晶、晶粒大小

◆ QFORM 软件主要的作用：

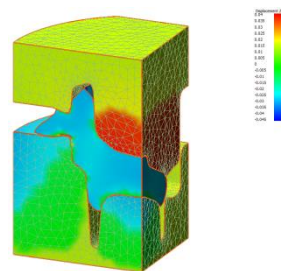
- 成形过程中的温度分析
- 成形缺陷预测，包括模具充型、折叠流动缺陷、成形流线优化
- 热处理金相组织分析、硬度分析
- 微观组织（晶粒度大小）预测
- 模具应力分析、模具磨损分析、模具寿命分析
- 模具耦合分析、直接输出变形补偿后模具几何
- 模架和设备的整体分析

◆ QFORM 软件主要的特点：

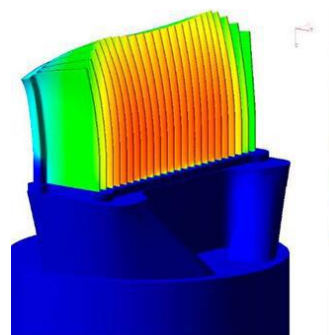
- 二维和三维模块完全集成，使用完全相同的用户操作界面和软件功能
- 实现完整工艺链过程模拟，提供复制功能的树形结构项目管理方式
- 考虑锻造工件的空气中冷却、工件模具摆放时冷却模拟计算
- 实现模具与工件自动定位接触、锻锤或螺旋压力机多次锤打模拟
- 实现工件弹塑性变形分析，用于工件的回弹计算模拟
- 锻件与模具的全耦合温度场应力场计算
- 实现间隙或过盈配合的模具装配预应力分析计算
- 实现载荷控制模具、弹簧控制模具的新型锻造设备使用
- 用户二次开发接口、内置多个标准子程序
- 多用户前后处理器、多 CPU 并行-高性能计算技术



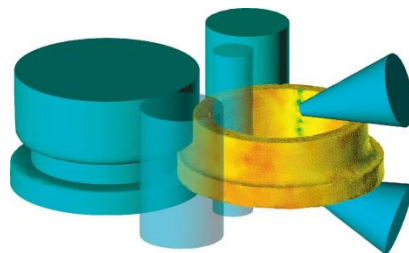
热模锻-曲轴



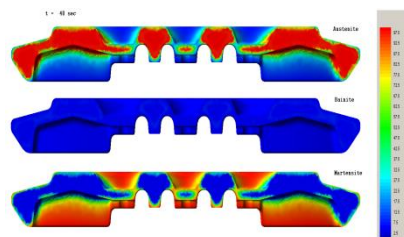
模具变形分析



型材挤压



辗环工艺



金相组织分析

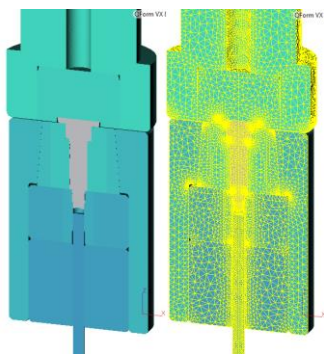
✧ 高效-易用-全中文的工程化用户界面

QFORM 软件用户操作界面(前后处理器)从求解器内核中分离出来,求解器可以更加高效地调用计算机内存资源,求解计算速度更快;求解器工作时,可以同时进行前处理工作,可以同时查看及播放模拟结果,提高软件的应用效率。QFORM 软件可以在台式或笔记本电脑上运行,采用工程化的参数输入设置,不需要太多的有限元知识。使用 QFORM 软件系统,可以在几分钟内准备好模型开始模拟。

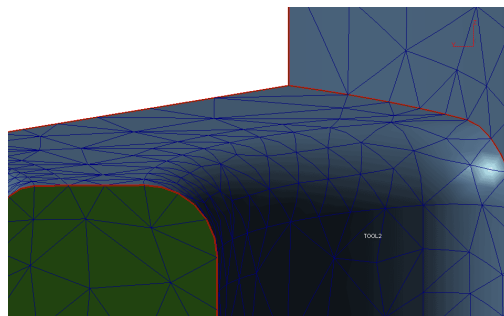
锻造工艺模拟建模,您只需 3 个步骤...

◆ 第一步: 导入几何模型

QFORM 可以在读入几何的同时自动对几何进行网格划分。QFORM2D 几何模型准备,可以直接读入 dxf 几何文件。QFORM3D 几何模型准备采用 QShape 模块进行几何缺陷修复和网格划分,允许导入任何 CAD 系统的几何实体或几何面。QShape 对输入的几何数据进行的全面几何诊断,检测可能的缺陷,并且可以在交互模式修复几何缺陷;可以为计算得到高质量的有限元网格模型。QFORM 提供对称面设置、旋转轴设置、镜像重构功能。



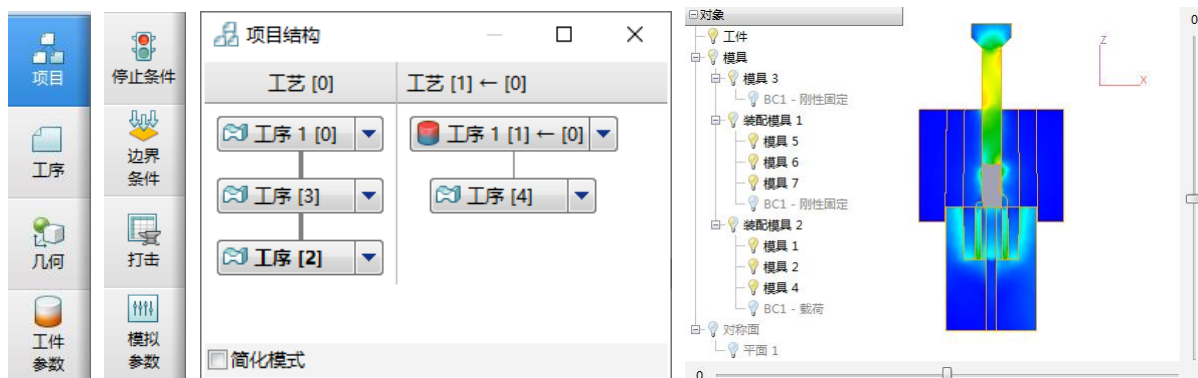
自适应网格划分



自动几何棱边识别—倒圆角

◆ 第二步: 使用“工艺导航模板”进行所有的工艺条件和边界条件设置

采用提供复制功能的树形结构项目管理方式,完整工艺链一次性设置,实现多工况案例模拟。软件扩展数据库应用,不仅可以从数据库中直接选择工件材料、锻造设备和模具润滑,也可以从数据库选择环境、模拟参数、模具之间摩擦等数据。工程师只需要设置必要的工艺参数,例如工件材料牌号、坯料始锻温度、模具设备、模具预热温度、模具停止条件等,即可快速完成前处理设置。



工艺导航模板, 树形结构项目管理/属性参数窗口

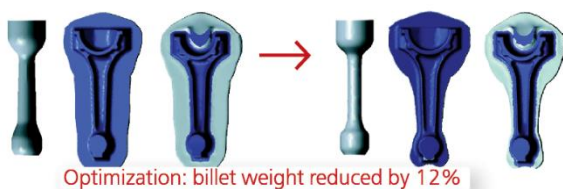
◆ 第三步: 模拟计算并观察结果

实现在计算过程中查看实时模拟结果,便于及时发现问题修改计算模型。采用多 CPU 并行计算和多任务计算的优势,提高求解计算效率。

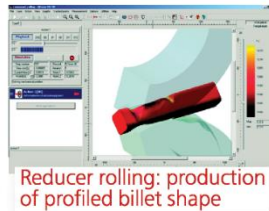
可以输出曲线、云图、动画等计算结果,方便分析锻造过程中的温度场、应力场、应变场、速度场、位移场等各种数据结果。可以进行金属流线和轨迹点追踪,可以在过程中指定时刻设置流线或轨迹点,观察其在材料成形过程中的流动,以及分析轨迹点在成形过程中的各种场的变化。

◇ 模拟仿真可以给你更多的预期分析结果

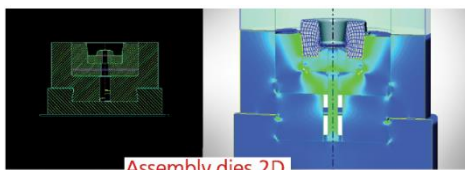
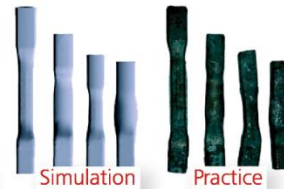
使用 QForm 模拟软件开辟了一条针对锻造工艺优化及模具设计、材料研发与应用、设备能源节约、提高产品质量、改进模具寿命等方面的有效途径和方法。模拟技术替代昂贵的试验，其技术可以使得锻造工艺的开发、模具修改和物理实验在计算机交互模式下完成。



连杆锻造工艺优化（减重 12%）



减速器零件辊锻制坯成形工艺模拟（实际验证）



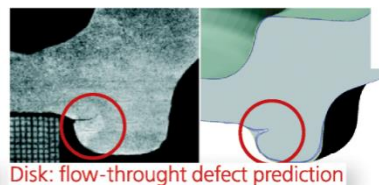
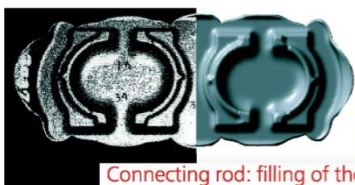
预应力装配模具的冷锻成形分析



评估模具裂纹发生的原因

◆ 材料流动优化

完成模拟计算后，用户很快可以查看的材料充模和材料流动情况，以判断有可能的成形缺陷。材料流动可以使用流线分布来表现，流线为初始“冻结”到工件的直线。一组流线对应于真正产品的晶粒流动，并可显示纹理的形成过程。金属流动导致缺陷（流线穿流、流线外露和流线紊乱缺陷）可以从特定形状的流线来检测到。折叠缺陷以红点方式显示，红点的位置和锻件内部缺陷的传播可以很好指示折叠缺陷特点。



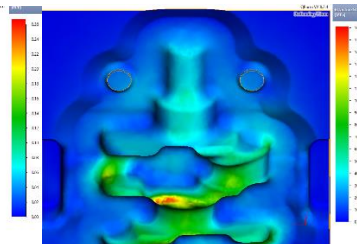
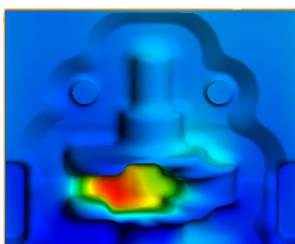
曲轴锻件：在试锻后观察到的（如上图所示）锻件折叠和使用模拟预测的锻件折叠，可以看到两者出现的位置情况十分吻合。高度精密的计算方法自动检测表面褶皱的位置和嵌入产品内部的情况。

圆盘锻造：我们可以在实际锻件上观察到流线穿流缺陷（如上图右所示），使用模拟结果也可以清楚看到特殊平面下的折形流线，此折形流线预测出闭合面的缺陷。

◆ 提高模具寿命

QFORM 可以计算在实际接触力分布下的模具应力和变形。使用模拟仿真方法可以预测可能发生的过早模具断裂失效或低周循环疲劳。

针对精密锻造工艺，QFORM 程序自动生成补偿的模具型腔表面形状，考虑到锻造工艺时实际接触载荷造成的表面变形弯沉因素。模具磨损因子的分布预测允许减少寻找更优预锻件形状，以降低模具的磨损。



✧ QForm 在不同行业的典型应用

QForm 软件锻造工艺模拟模块应用对象: 不仅适用于大型、中小型锻造公司, 对研究院所或教育机构也同样适用。QForm 具有全中文的用户界面, 工程师化的界面操作, 易于学习与掌握, 引进消化时间周期短等界面特点。QForm 应用领域涵盖汽车制造业、航空航天、国防兵器、核电能源、船舶重工、铁路机车、紧固件生产等不同行业和不同的锻造工艺。

◆ 汽车行业:

QForm 软件应用到汽车行业的锻件 (如曲轴、连杆、转向节、汽车前轴、半轴类锻件、齿轮、万向节叉、等速转向节钟形壳, 铝合金的控制臂、活塞等) 生产中, 可以大大缩短产品研发周期、降低成本、提高产品质量。

◆ 航空航天行业:

QForm 软件应用到航空航天行业的锻件工艺的制定中, 可以提供重要的产品开发所需的锻造工艺参数, 涉及的高强耐高温合金锻件有涡轮盘、叶片和其它关键锻件。QForm 模拟结果可以得到锻件的材料晶粒流向云图、整个工艺过程的温度和应变分布。并且可以使用跟踪点的方法监测锻件关键位置的温度、应变、晶粒等参数。

◆ 冷锻和紧固件生产:

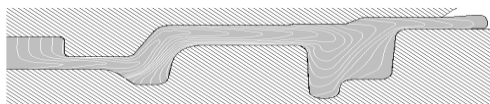
冷锻件生产时, 由于高强度材料在常温状态下发生材料变形, 导致模具出现很大的应力。特别复杂的装配冷锻模具设计时, 考虑材料脆性和硬度, 必须减少模具装配时的最小拉伸应力。使用 QForm 软件模拟, 允许建立更好的模具设计方案, 包括所需的收缩环的数量和收缩环之间的间隙配合数值。

◆ 铜锻件:

对于制造 T 形接头和配件的锻造模具设置, 使用 QForm 进行模拟分析, 可以得到很好验证和改进。关闭部分载荷时, 可以对每个模具的负载进行估算。在变形过程的每个阶段, 可以清楚地看到材料流动情况。

◆ 重工行业、自由锻造:

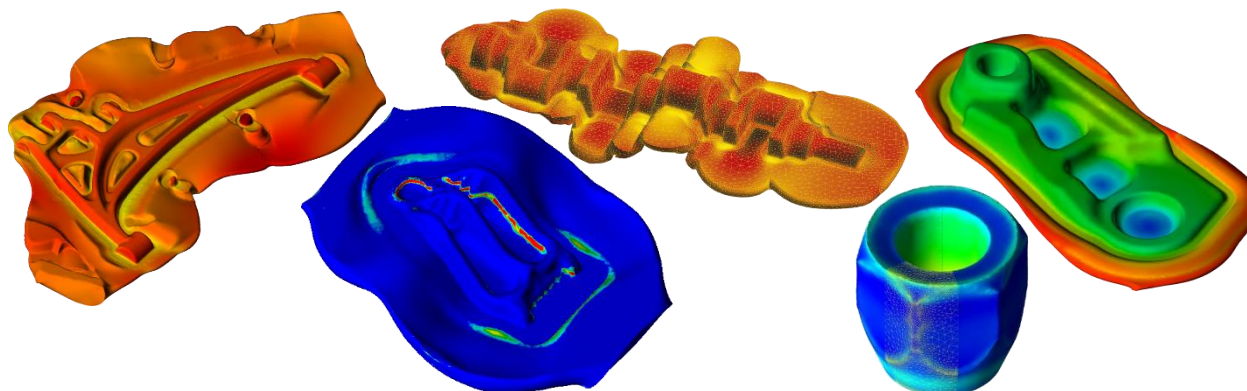
自由锻造生产的大锻件是火电、水电、冶金、石化、船舶、航空航天、重型机器、国防装备行业中的关键和基础零件。例如: 火电设备中的汽轮机转子、发电机转子、护环; 水电设备中的水轮机主轴; 核电站中的管板、容器、封头; 冶金工业中的轧钢机轧辊; 石化工业中反应器筒体、合成氨合成塔锻件; 船舶工业中的曲轴、舵杆; 航空航天工业中的重载承力件; 重型机器中的立柱、高压缸; 国防装备中的重大构件以及大型模板、大型环筒件、轴、轮等基础件。模拟仿真的目标是研究针对铸造坯料的偏析、改善在锻造过程的压缩应力状态以便孔洞闭合和减少锻造缺陷。



航空航天铝合金零件
金属流线流动分析



航空航天 Ti 合金零件
采用旋转对称方式建模计算



自由锻工艺


重工行业的大锻件锻造生产多数应用自由锻工艺；自由锻是锻造的基础工艺，包括镦粗、拔长、冲孔、弯曲、扭转、错移、材料切割等工艺。大锻件多用铸锭直接锻造。自由锻工艺模拟仿真的主要目标，在锻造过程中的改善铸锭压缩应力状态以便愈合初始孔隙率和锻造缺陷、防止裂纹与内裂修复愈合、控锻控冷、省力成形、缩短工艺流程。QForm 针对自由锻造工艺特点和需要解决的锻件质量控制问题，提供了自由锻工艺的专业解决方案。

- ✓ 可以直接导入铸造工艺模拟软件 Procast 和 MAGMASOFT 的温度场和缩孔缩松结果用于锻造模拟
- ✓ 铸锭的缺陷形貌、内部裂纹、孔洞闭合、修复愈合模拟
- ✓ 锻件的微观组织预测、模拟预测晶粒变形生长大小、静态/动态再结晶过程
- ✓ 专业“自由锻工艺建模向导”和工件夹持设置
- ✓ 自由锻-完整“锻造工艺链过程仿真”
- ✓ 自由锻工艺优化

专业“自由锻工艺建模导航”和工件夹持设置

QForm 针对自由锻件的工艺生产特点，提供了专业的“自由锻工艺建模导航”，可以快速完成自由锻工艺的参数设置。在 QForm “自由锻工艺建模导航”中，根据表单一次性完成镦粗、拔长工序的多次锤打操作设置，每次打击工艺参数涉及空气中冷却时间、工具上冷却时间、坯料的进给量、下压量、旋转角度。QForm 软件也包含了机械手夹持工件的设置方法，真实地反映实际生产过程的现场情况，提高自由锻模拟精度。

Blows



Number of blows - +

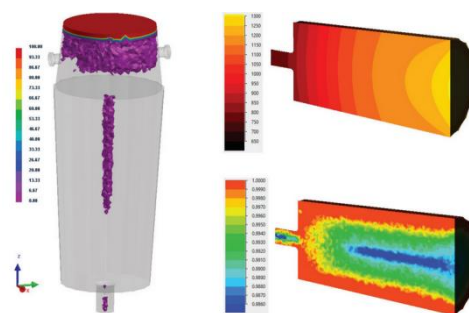
☐ Solve all blows

Blow	Cooling in air [s]	Cooling on tool [s]	Energy share [%]	Displ. [mm]	Rot. angle [°]	Final dist. (1) [mm]
*	1	1	100			
1	1	1	100	0	0	45
2	1	1	100	15	0	45
3	1	1	100	15	0	45
4	1	1	100	0	90	45
5	1	1	100	-15	0	45
6	1	1	100	-15	0	45
7	1	1	100	0	90	40
8	1	1	100	15	0	40
9	1	1	100	15	0	40
10	1	1	100	0	90	40
11	1	1	100	-15	0	40
12	1	1	100	-15	0	40

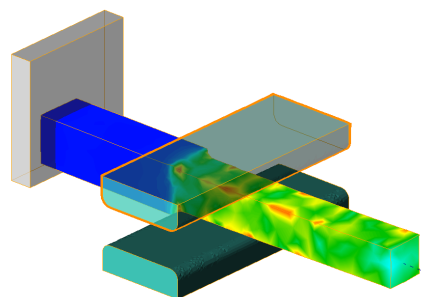
表单式设置单一工序的多次锤打设置



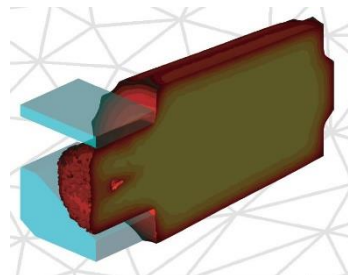
核反应堆用的自由锻件
— 液压缸封头、转子、套管、封头



直接导入 Procast 的模拟结果
— 温度场和相对密度场



机械手夹持建模方法

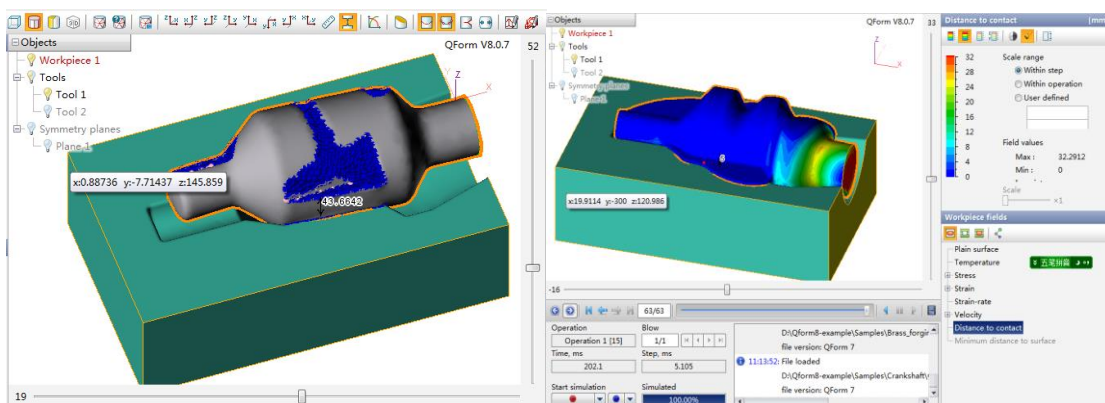


导入铸造工艺模拟结果

◇ 热模锻工艺

QForm 是热模锻工艺技术发展的一个不可缺少的工具, 允许用户使用不同类型的锻造设备 (如锻锤、机械压力机、液压机等)、应用不同模锻工艺类型 (开式模锻与无飞边闭式模锻), 进行热模锻工艺的金属流动模拟分析, 进行预测锻造工艺成形的缺陷 (如模具充型, 折叠分析, 流动缺陷等)。

- ✓ 模具充型分析—实时动态模具闭合距离显示
- ✓ 模具充型分析—工件与模具接触面 (接触节点) 显示
- ✓ 模具充型分析—工件与模具接触距离显示 (接触距离=0, 代表完全接触)



充型显示—工件与模具接触面 (接触节点)

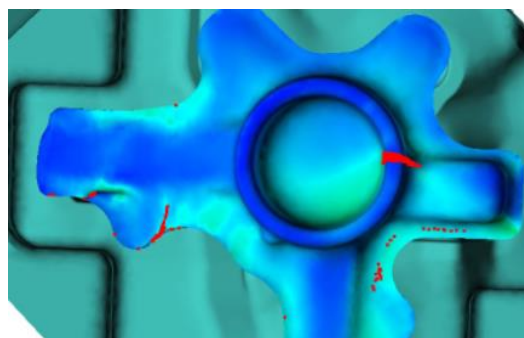
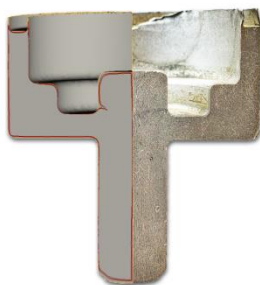
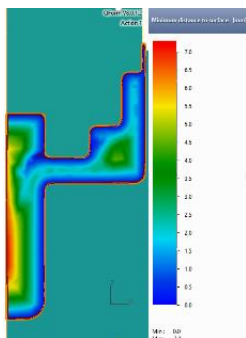
充型显示—工件与模具接触距离

- ✓ 折叠分析功能—直观折叠红点标识
- ✓ 折叠分析功能—流线显示折叠分析
- ✓ 折叠分析功能—工件表面距离跟踪

材料流动跟踪—轨迹点与点阵

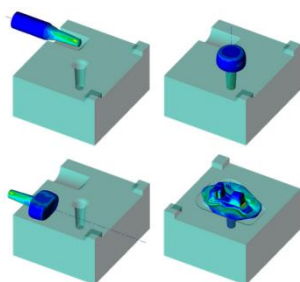
材料流动跟踪—标识线与线组

材料流动跟踪—表面下流线组

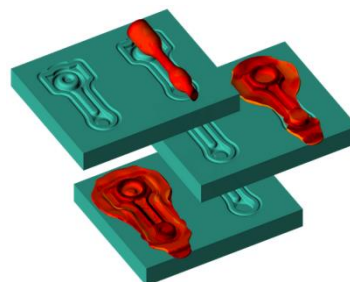


折叠分析-工件表面距离跟踪 金属表面下流线跟踪分析

折叠红点显示



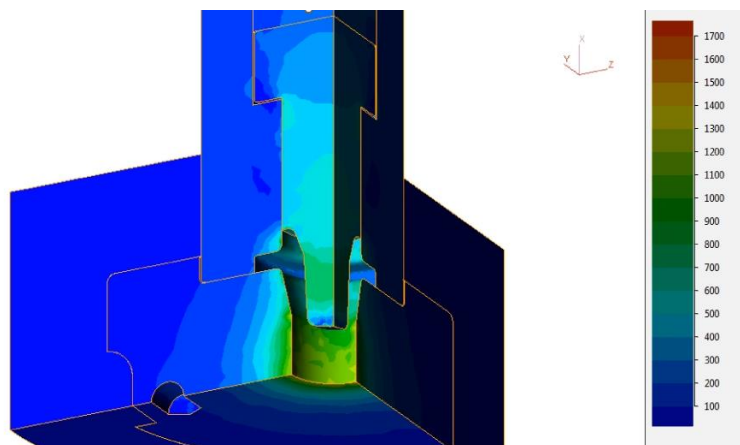
锤锻—转向节的热模锻工艺模拟



机械压力机—连杆热模锻工艺模拟

❖ 冷锻工艺

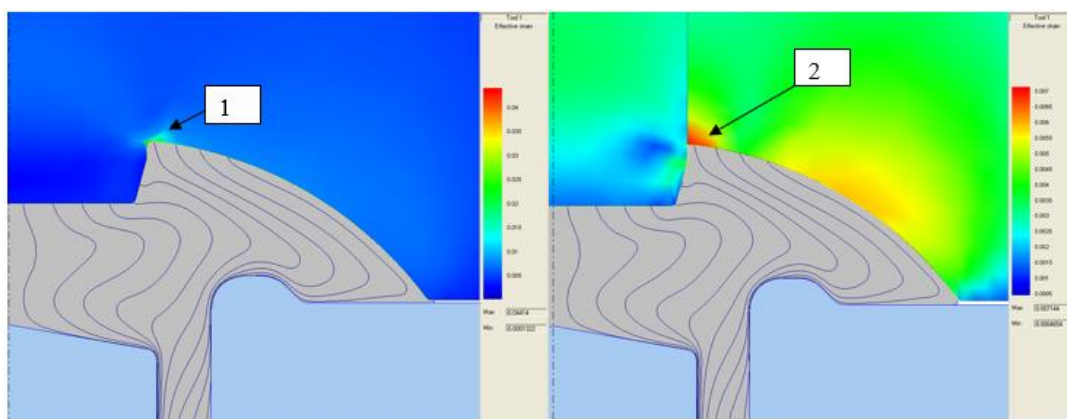
◆ 预应力三层组合凹模的设计优化



预应力装配模具—冷挤时组合装配模具的有效应力分布（三维实体模型）

◆ 模具的循环疲劳寿命估算

整体式模具与装配组合模具的模具使用寿命对比



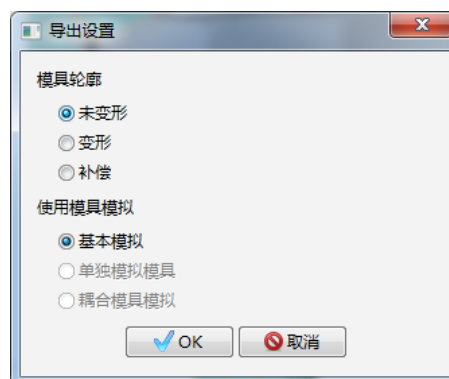
三维实体模具（左）的有效应力分布

三维装配模具（右）的有效应力分布

◆ 模具耦合计算和模具变形补偿计算

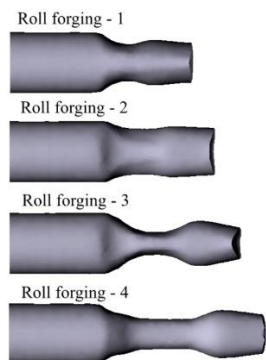
QFORM 软件具有模具热机械问题全耦合计算能力。模具材料参数包含了热物理参数（如比热、热传导率、密度）用于模具的热问题计算；包含了杨氏模量，泊松比材料参数用于模具弹塑性问题计算；包含了屈服强度，硬化系数用于模具的磨损与寿命计算；包含了热膨胀系数用于模具热膨胀问题计算。不考虑模具耦合变形时，工件的变形分析采用刚性模具计算完成；考虑模具耦合变形时，工件的变形分析采用弹塑性模具计算完成。

- ✓ 坯料与模具热耦合计算
- ✓ 坯料与弹性模具应力耦合计算
- ✓ 预应力装配模具模拟
- ✓ 模具变形补偿计算

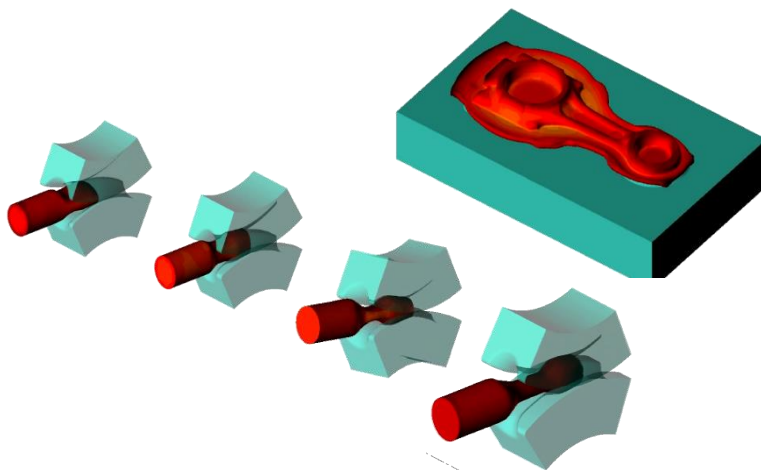


◇ 回转成形工艺

◆ 辊锻工艺 (Reducer rolling)



连杆的辊锻模具



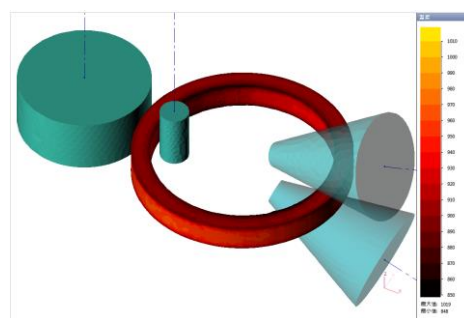
连杆各工序的模拟过程

◆ 环轧和轮辗 (Ring rolling and Wheel rolling)

环轧、轮辗和摆辗工艺属于增量锻造工艺。针对这种复杂工艺，QForm 使用了专门的对偶网格技术，用于在合理的计算时间内得到环轧模拟结果。QuantorForm 开发团队采用新技术方法一对偶网格技术和专业模块进行工艺参数设置, QForm 软件能够高效地模拟锻坯渐近的增量变形工艺。



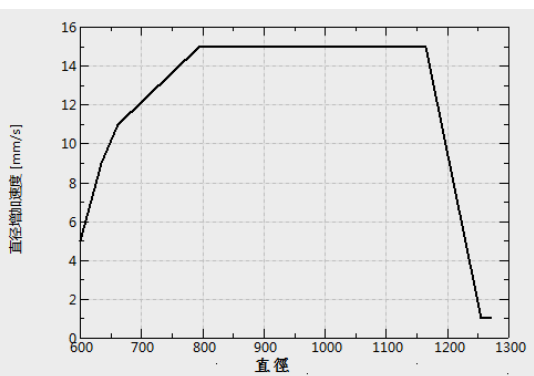
实际环轧成形工艺



QForm 环轧成形模拟



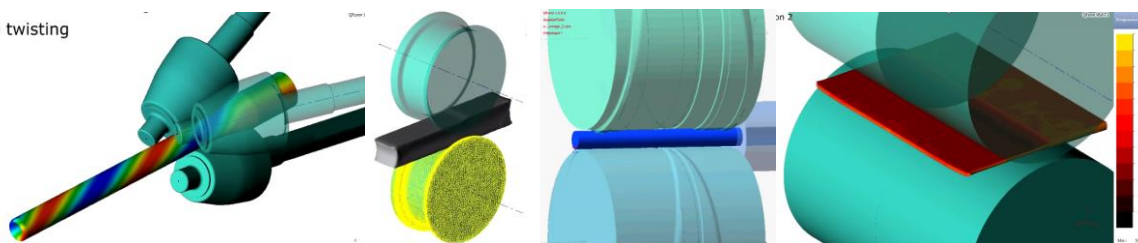
环轧工艺参数设置



直径一增加速度曲线

◆ 其它回转成形工艺成形模拟

Surface twisting

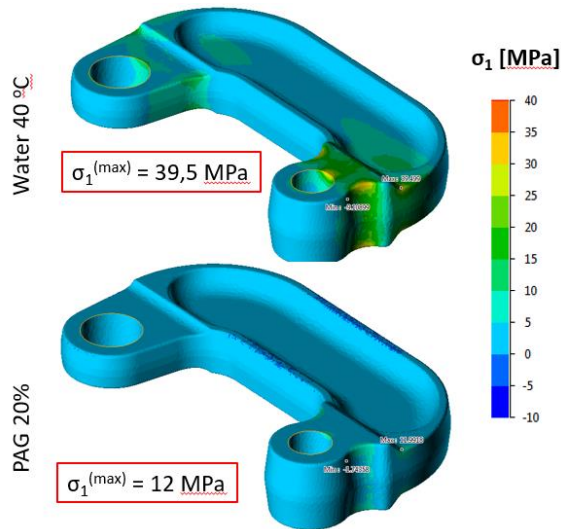


针对不同的回转成形工艺，QForm 允许使用 20 个以上模具在任意方向进行移动和旋动（可以设置两个旋转轴）

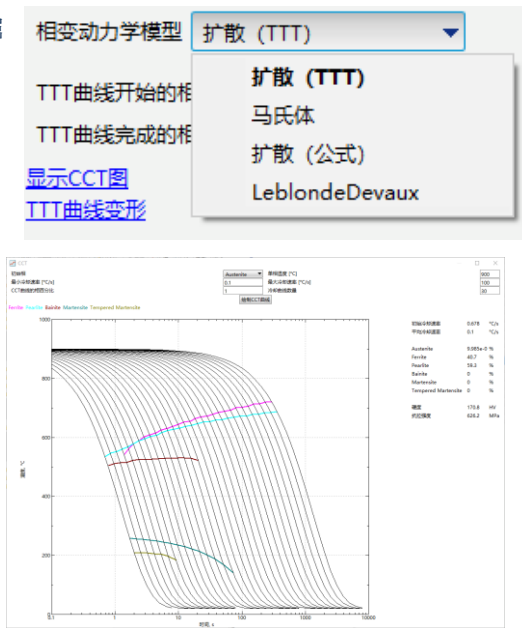
◇ 热处理与微观组织预测

◆ 热处理 (heat treatment)

通过 QForm 热处理工艺模拟，可以模拟淬火、回火、时效等。可以得到零件的温度场、应力场、晶相组织、硬度、变形、屈服应力。



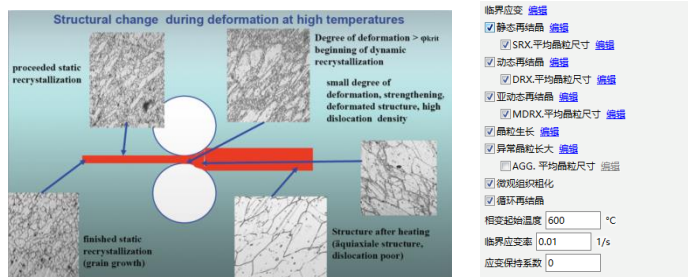
耳环锻件在不同介质淬火后的残余应力



采用 CCT 曲线和扩散公式等方法描述相变

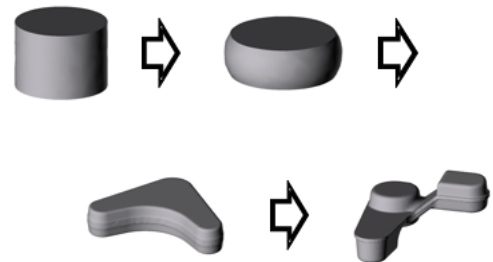
◆ 微观组织预测 (QForm-microstructure)

通过 QFORM 模拟计算，可以预测加热、材料变形、回火、冷却整个工艺过程的平均晶粒度大小和结晶度分数。

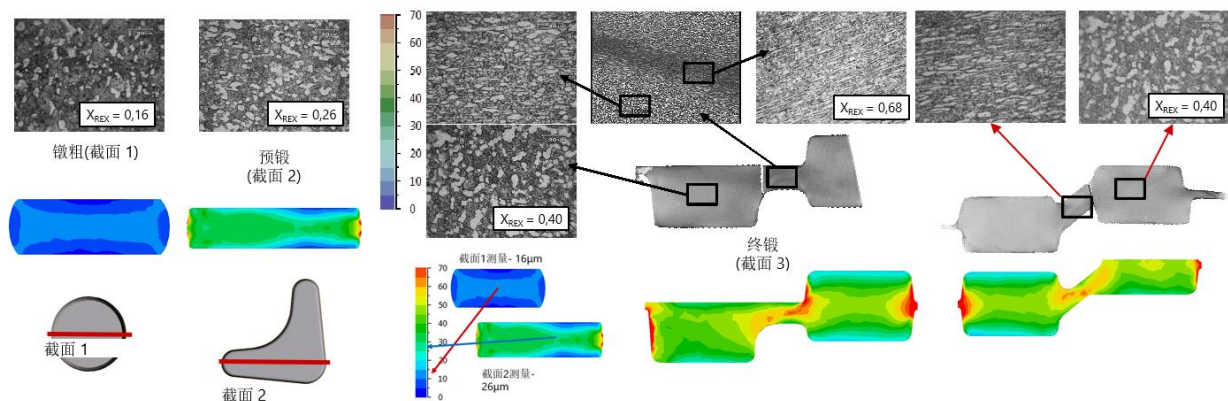


零件变形前、过程中和变形后的微观组织

采用 JMAK 模型



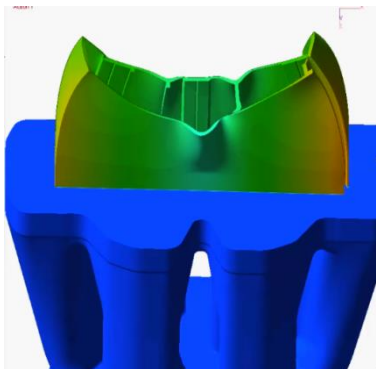
典型锻造工艺



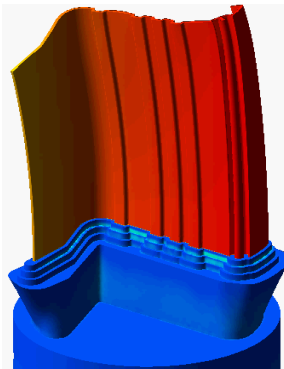
晶粒尺寸结果

◇ 型材挤压成形工艺

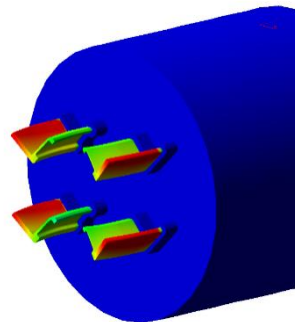
QForm-Extrusion 是 QForm 中专门用于模拟挤压成形的模块。它采用特殊的拉格朗日欧拉混合法，可以应用在平流模、分流模、多孔模具挤压成形工艺中，快速得到挤压的结果。挤压材料可以是铝合金、镁合金或者其他合金材料。



分流模型材料头

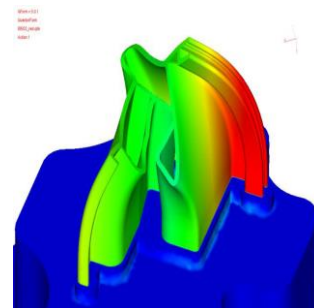


平流模型材料头



一模四孔

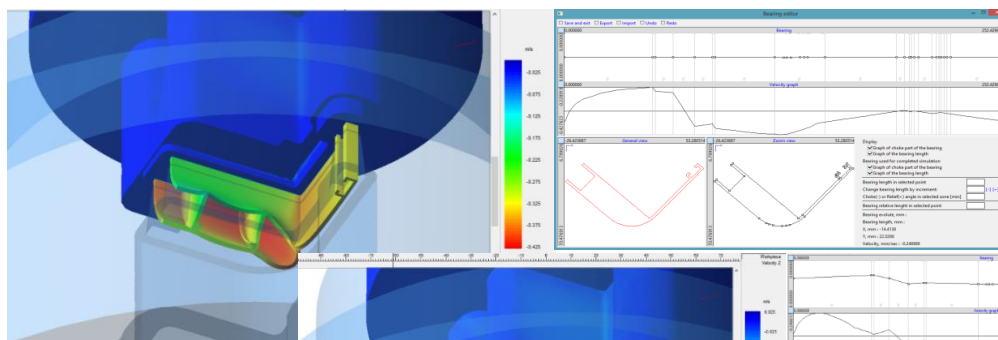
QForm-Extrusion 在模拟过程中，可以实时显示料头形状以及挤出速度，温度，荷载，应力，应变分布等参数。可以很好地模拟料头形状。还可以预测温度场、应力场设备载荷、条纹线、纵向焊合线位置、横向焊合线、焊合质量、工作带偏斜角度、模具应力、模具变形，模具寿命、缩尾缺陷、未充满。



料头形状和速度场分布

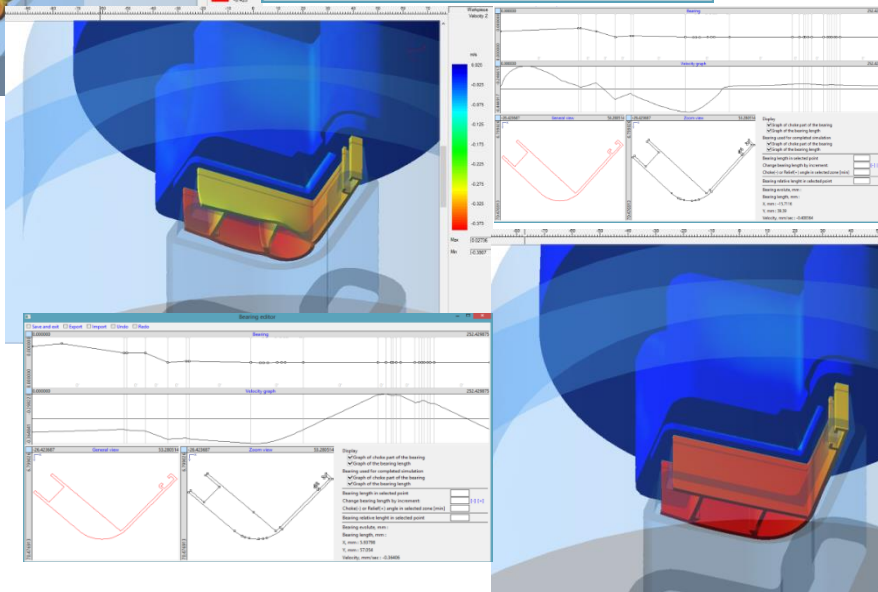
◆ 工作带交互设计修改

QForm 中工作带已经参数化，使用工作带编辑器可以导入模拟结果，使用模拟结果对工作带进行交互修改。



工作带编辑器
初始工作带长度一致

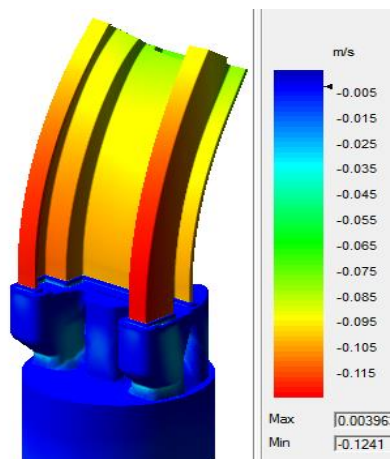
第一次修改后



第二次修改后

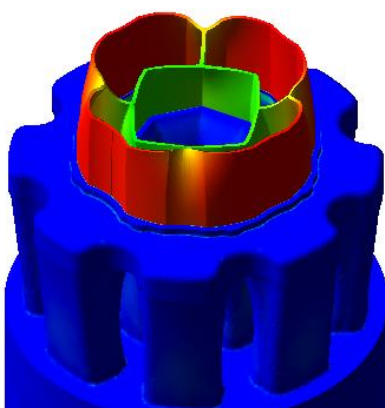
QForm-Extrusion 主要特点

- 数值模拟和优化设计一体化的集成软件包
- 模具模型导入方便快捷
- 工作带参数化交互修改
- 快速对真实工艺模拟
- 耦合模具变形分析
- 经过大量的工业验证



◆ 耦合模具分析

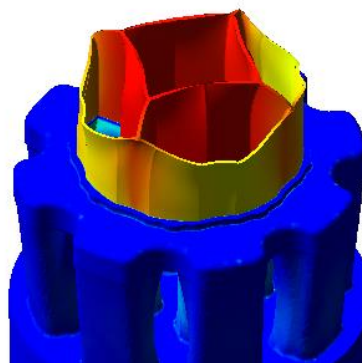
对于薄壁复杂型材对于薄壁复杂铝型材来讲，模拟必须要考虑模具的变形，对材料流动的影响非常大。如果不耦合模具变形模拟，可能得到下面完全错误的结果。



不耦合模具变形



真实料头



耦合模具变形

◇ QForm 软件典型用户

企业客户：东风锻造有限公司、中京锻压有限公司、无锡东海锻造有限公司、中信戴卡轮毂制造股份有限公司、武汉协和齿环有限公司、白城中一精锻股份有限公司、柳州方盛锻造有限公司、北京新光凯乐冷成型有限公司、宝鼎重工股份有限公司、中信机电制造公司、沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司、西安航空发动机(集团)有限公司、湖北三环车桥有限公司、上海昌强电站配件有限公司、庆安集团有限公司、广东兴发铝业有限公司、佛山坚美铝业有限公司、中铝材料应用研究院、江阴市江顺模具有限公司、山东华建铝业集团、广东豪美铝业有限公司、昆山建益精密模具有限公司、湖南中创空天新材料股份有限公司、山东创新精密科技有限公司、广东和胜工业铝材股份有限公司…

高校与研究所：北京交通大学、贵州大学、内蒙古工业大学、上海交通大学、天津职业技术师范大学…

北京创联智软科技有限公司 联系方式：

- ✓ 邮箱: info@iuitgroup.com 电话: 010-84470288
- ✓ 地址: 北京市朝阳区东三环北路辛2号迪阳大厦902B室
- ✓ 微信公众号: [bjuiit](https://www.bjiuit.com) 网址: www.iuitgroup.com

