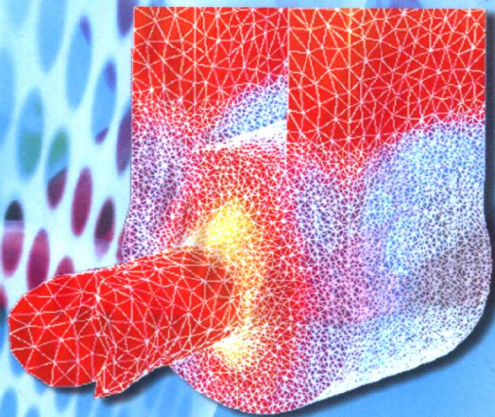


21 世纪新材料科学与技术丛书

# 连续挤压技术 及其应用

钟毅 著

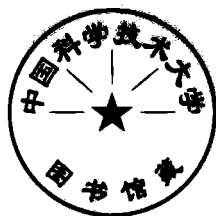


冶金工业出版社

21 世纪新材料科学与技术丛书

# 连续挤压技术及其应用

钟 毅 著



北 京  
冶金工业出版社  
2004

**“连续挤压技术”研究项目得到：**

国家自然科学基金(59705013)

云南省自然科学基金重点项目(98E003Z)

云南省自然科学基金(97E010Q)

云南省技术创新人才培养基金资助。

### **图书在版编目(CIP)数据**

连续挤压技术及其应用 / 钟毅著. —北京:冶金工业出版社, 2004. 5

(21世纪新材料科学与技术丛书)

ISBN 7-5024-3521-2

I. 连… II. 钟… III. 挤压—技术 IV. TG37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 038108 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 张登科 郭庚辰(13693126653) 美术编辑 李 心

责任校对 侯 璐 李文彦 责任印制 牛晓波

北京市铁成印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2004 年 5 月第 1 版, 2004 年 5 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 8 印张; 4 插页; 218 千字; 240 页; 1-3000 册

26.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

## 编者的话

材料是人类物质生活和人类文明进步的基础,新材料是支撑现代文明社会的基石和高新技术发展的先导。

在刚刚过去的 20 世纪,科学技术迅猛发展,各学科交叉融合。随着科学的发展与工业技术的进步,传统的金属材料、无机非金属材料和高分子材料越来越不能满足现代科技应用的需要,科技工作者不断研制出新材料,特别是新型功能材料,如超导材料、智能材料、纳米材料、生物医用材料、储能材料、环境材料、薄膜材料、先进陶瓷材料等等。正是这些新材料所具有的特殊性能,使其他高新技术及产业得以高速发展,同时材料科学与技术本身相关产业也将快速发展。如纳米材料和技术为功能器件的小型化、多功能化和智能化展示了其未来诱人的发展前景;又如光电子材料的研究与开发为信息技术及产品不断满足人们的需求提供了保障。

21 世纪,材料科学与技术将与信息技术、生物技术等其他科学技术一同为人类的

进步做出贡献。然而,目前有些具有美好发展前景的新型材料的研究与开发,还处于基础阶段,还需要材料工作者做大量理论研究与技术开发工作,并不断总结提高。基于此,我社将有重点、有系统地组织国内从事新材料基础研究、材料制备工艺与先进测试分析技术研制以及产品应用开发的科技工作者,将其取得的最新科技成果及时归纳总结,撰写成著作,编入《21世纪新材料科学与技术丛书》陆续出版,以推进我国材料科学与技术及其产业化的进程,满足其他高新技术产业发展对新材料提出的更高要求;同时,让更多的科技工作者共享这些研究成果,记录我国在21世纪中材料科学与技术的发展历程。

欢迎承担国家“863”项目、国家自然科学基金资助项目、国家“973”项目以及省、部级重点研究课题的材料研究学者踊跃参与此项工作,欢迎广大科技工作者和读者提出建议和意见。

2001年6月

# 前 言

连续挤压是有色金属加工领域的一项较年轻的技术。自 1971 年英国 D. Green 先生提出连续挤压理论以来,连续挤压技术在工业界获得了广泛的应用,并且在此基础上又出现了连续挤压包覆和连续铸挤技术。这些技术在铝及铝合金管棒型线的挤压和锌、镁、铝包钢复合材料成形方面展示了独特的优越性,尤其是在高精度异型材的挤压方面,推动了其加工技术的进步,满足了工业及日常生活对异型材日新月异的要求。连续挤压在铜及铜合金加工、粉末材料成形及超导材料的成形方面也取得了可喜的进步。

我国开展连续挤压的研究工作始于 1985 年,1989 年出版的《连续挤压译文集》对我国连续挤压技术的研究与应用起到了推动作用。近 20 年来引进了近 20 条连续挤压和连续挤压包覆生产线。在国家“七五”攻关成果的基础上,也自主建立了几条生产线。中南大学、大连铁道学院、东北大学、昆明理工大学等高等院校都有一支对连

续挤压技术进行不懈地研究和推广应用的队伍,并取得了相对系统的研究成果。但目前尚缺乏系统反映连续挤压技术及其应用的专著。为此作者在多年从事连续挤压技术研究和开发的基础上,结合国内外研究工作者的研究成果,将连续挤压技术及其应用的各方面较系统地总结在一起,写成本书,以便于从事相关技术的工程技术人员比较完整地了解连续挤压技术及其应用。

本书共由6章组成。第1章介绍了连续挤压、连续挤压复合、连续铸挤相关的挤压技术和管棒型线复合技术;第2章~第4章分别介绍了连续挤压、连续挤压复合和连续铸挤的原理、工艺特点、工艺理论基础、工艺、设备及与生产密切相关缺陷的形成与分析;第5章为连续挤压复合的数值模拟结果与分析;第6章为连续挤压复合、连续铸挤在国民经济各领域的应用介绍。

除作者本人及其研究集体的成果外,本书还参考了国内外专家的资料和研究成果,并在引用处用参考文献予以标注,在此对他们表示衷心的感谢。作者衷心感谢国家自然科学基金委员会、云南省科技厅多年来对本人及所在研究室从事连续挤压工作的支持。本书的形成与研究室同仁的努力是分不开的,感谢研究室王华昆副教授、张家涛讲师、硕士生刘彬彬对本书的贡献。

作者热切地希望,本书能为相关科技人员提供一些参考,由于学识有限,不妥之处,敬请指正。

钟毅

2004年3月

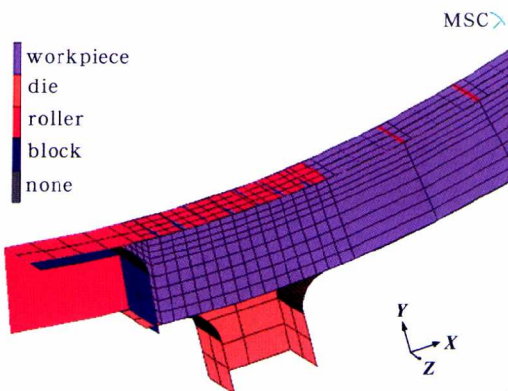


图 5-7 SUPERFORM 有限元模型及其初始网格划分图

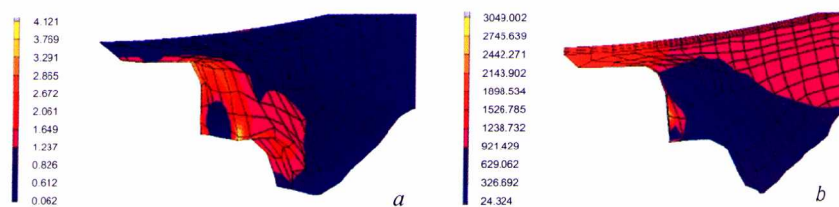


图 5-8 第 63 步的变形网格、等效应力及速度分布图

(模口宽 8mm, 轮槽深 10mm, 泄漏间隙 0.5mm)

a-总等效应力; b-速度场

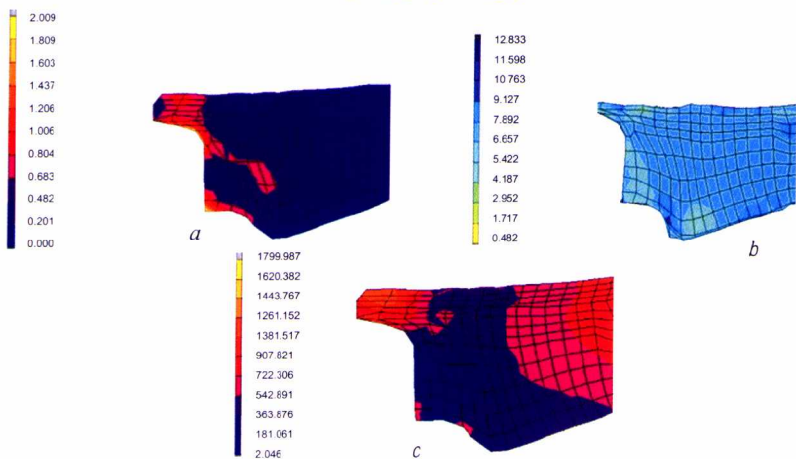


图 5-9 第 30 步的变形网格、等效应力、应力场及速度分布

(模口宽 10mm, 轮槽深 10mm, 泄漏间隙 1.0mm)

a-总等效应力; b-应力场; c-速度场



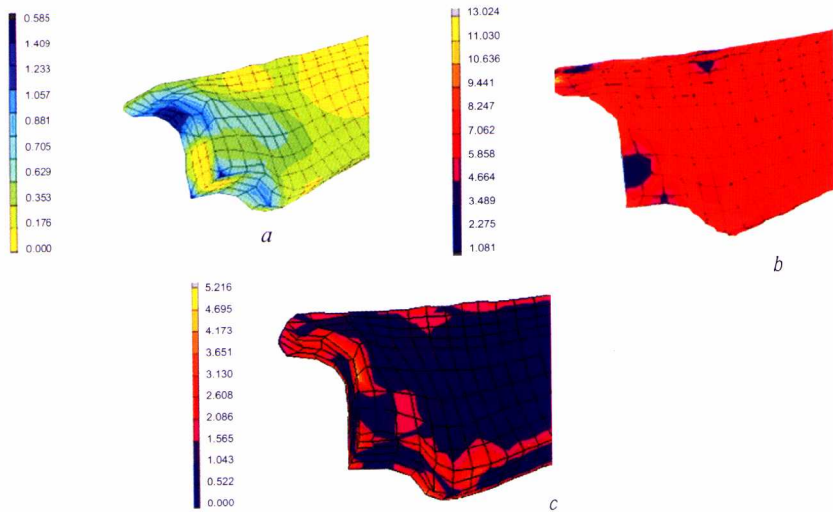


图 5-10 第 28 步的变形网格、总等效应变、等效应力分布  
(模口宽 12mm, 轮槽深 10mm, 泄漏间隙 1.5mm)  
a- 总等效应变; b- 等效应力; c- 剪切应力

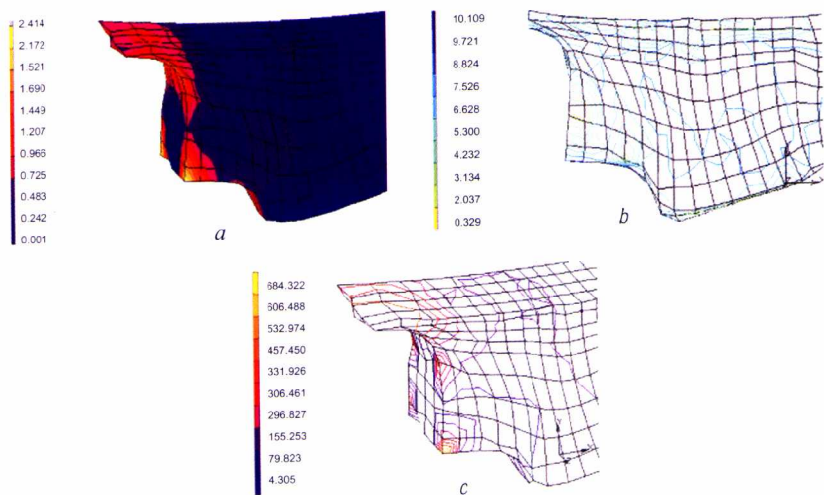
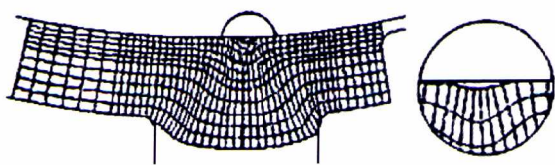
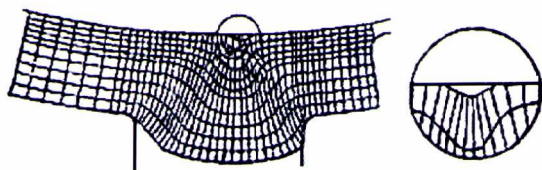


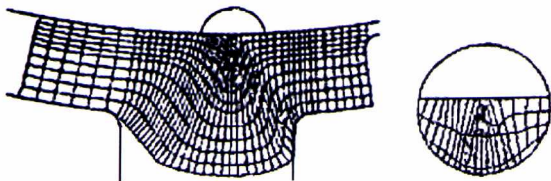
图 5-11 第 38 步的变形网格、总等效应变、等效应力及速度分布  
(模口宽 15mm, 轮槽深 10mm, 泄漏间隙 1.5mm)  
a- 总等效应变; b- 等效应力; c- 速度场



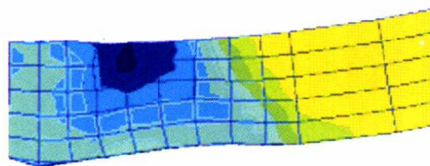
*a*



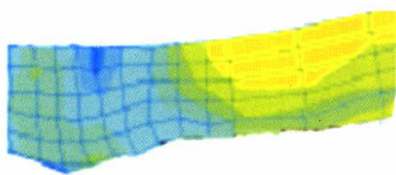
*b*



*c*

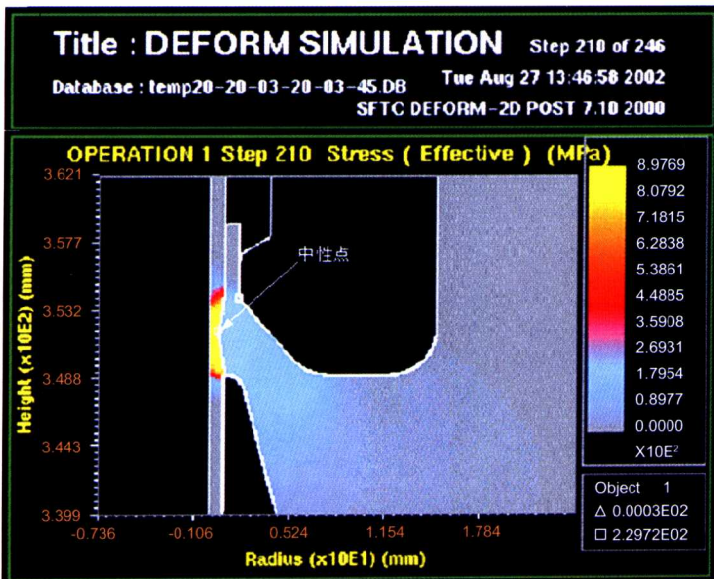


*d*

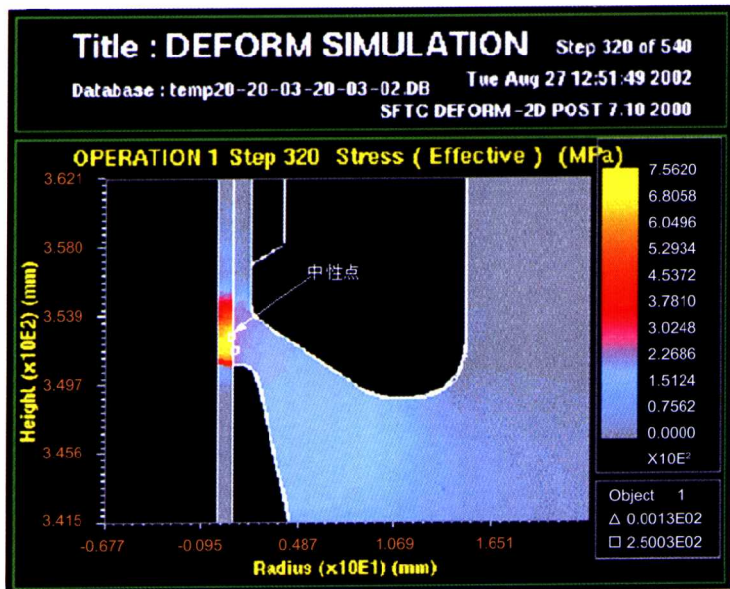


*e*

图 5-14 缺陷形成过程  
(*a*、*b*、*c*平面挤压，*d*、*e*三维挤压)



a

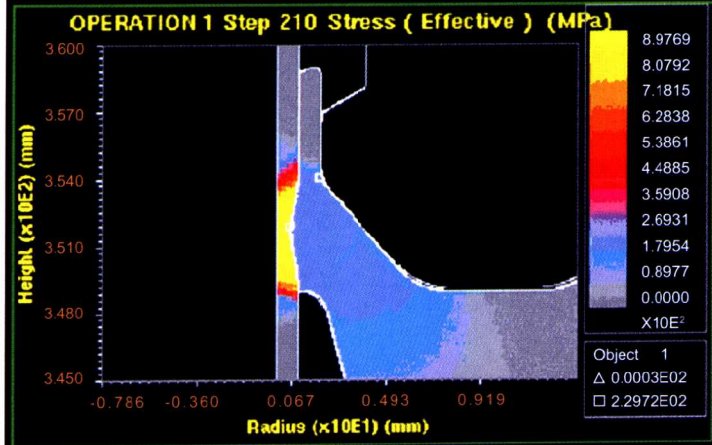


b

5-20 不同模具结构中中性点位置图

Title : DEFORM SIMULATION Step 210 of 246

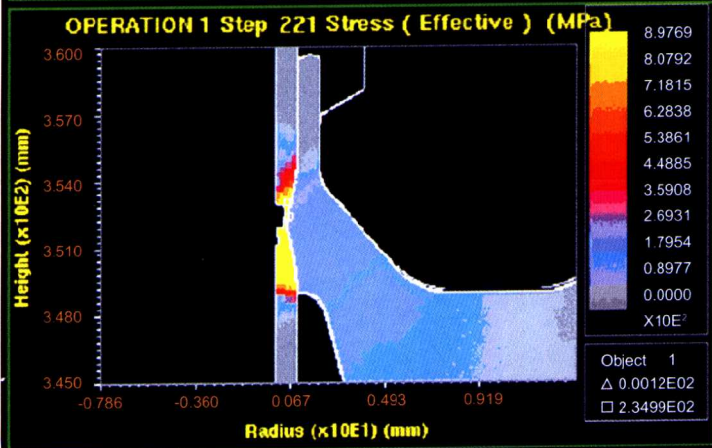
Database : temp20-20-03-20-03-45 DB Fri Jun 21 09:14:45 2002  
SFTC DEFORM-2D POST 7.10 2000



a

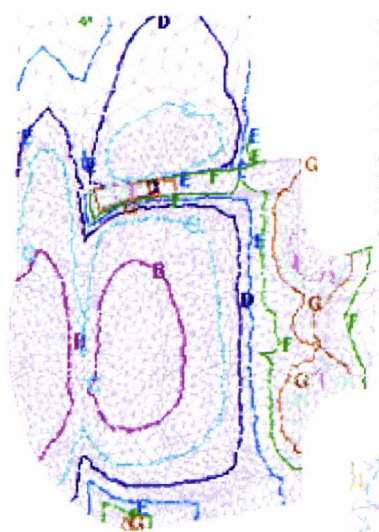
Title : DEFORM SIMULATION Step 210 of 246

Database : temp20-20-03-20-03-45 DB Fri Jun 21 09:14:45 2002  
SFTC DEFORM-2D POST 7.10 2000



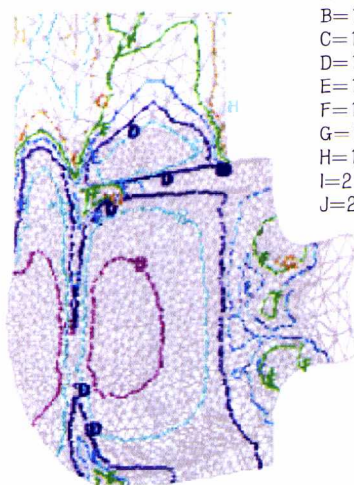
b

5-22 DEFORM 模拟芯线断裂过程



A=0.4316  
 E=0.5863  
 C=0.7408  
 D=0.8953  
 E=1.0498  
 F=1.2043  
 G=1.3588  
 H=1.5133  
 I=1.6678  
 J=1.8223

*a*



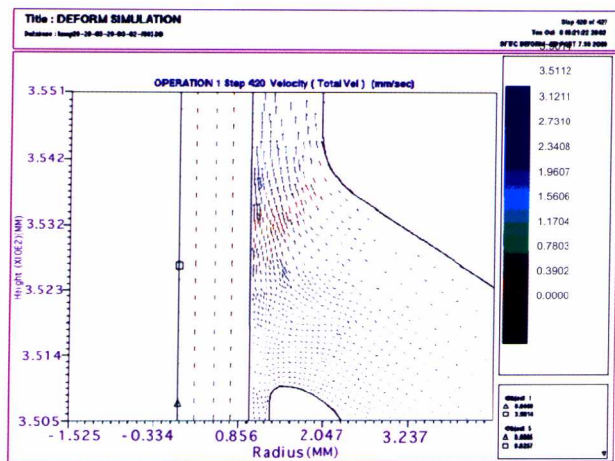
X10'  
 A=1.5349  
 B=1.5956  
 C=1.6563  
 D=1.7170  
 E=1.7777  
 F=1.8384  
 G=1.8990  
 H=1.9597  
 I=2.024  
 J=2.0811

*b*

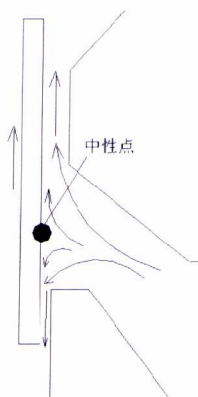
5-36 复合初期的模拟结果

*a* 等效应变等值线图;

*b* 等效应力等值线图



a



b

5-19 根据数值模拟结果确定速度中性点  
 a 挤压复合时的速度场；b 速度中性点示意图

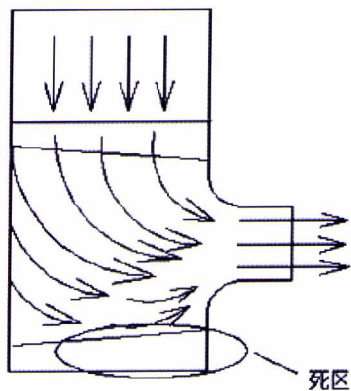
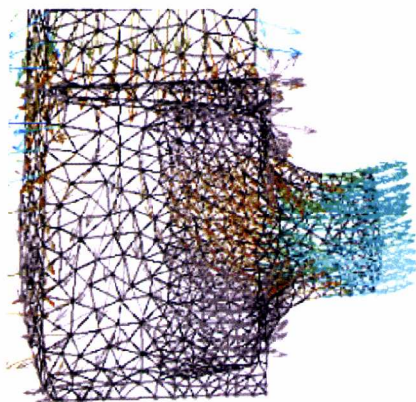


图 5-37 坯料在挤压腔内的速度场及简图

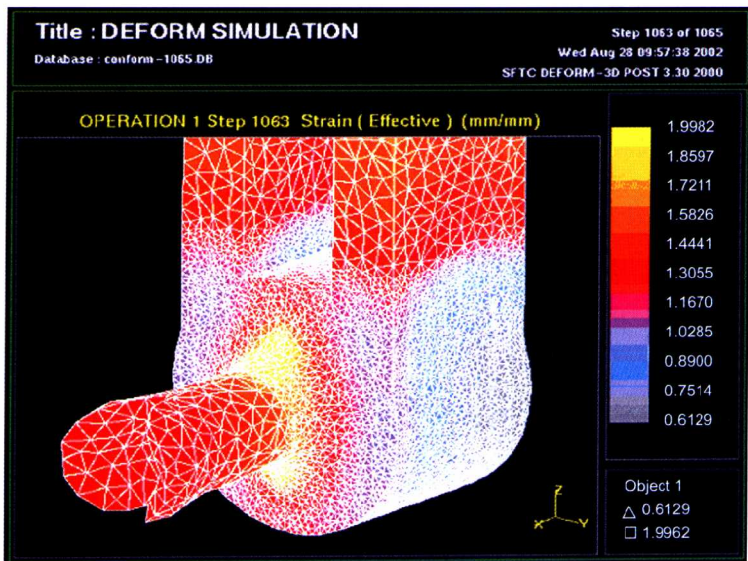


图 5-38 复合线等效应变云图

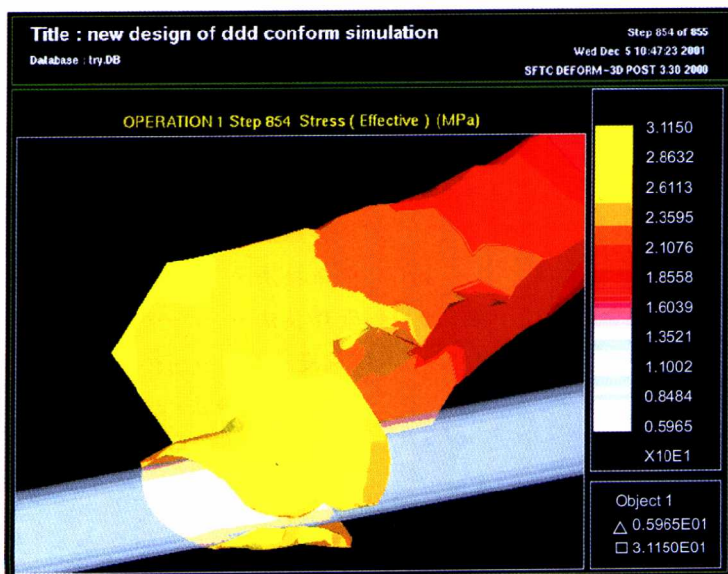


图 5-39 复合线初始阶段等效应力云图



钟毅：1964年生，江西省万安县人，博士，云南省科技创新人才。先后就读于中南工业大学、哈尔滨工业大学、北京科技大学。昆明理工大学材料与冶金工程学院副教授，主要从事有色金属压力加工的教学与研究工作。

主要研究项目包括：双轮连续挤压复合多金属线材技术及机理研究(97E010Q)，双轮连续挤压多金属机理研究(59705013)，多材料包覆成形的应用机理研究(98E003Z)，多材料连续挤压复合成套设备与技术开发(2001GG09)，多材料挤压复合成套设备与技术开发，高强度铝合金加工及在线检测技术开发(2003C11025)等。其中连续挤压复合技术与云南铜业集团公司合作建立了一条生产线，该项目的关键技术部分已获发明专利授权。

RAD18/03



## 内容简介

本书共分6章,重点介绍了连续挤压技术及其最新研究成果,包括 CONFORM 技术, CONCLAD 技术, CASTEX 技术,数值模拟,以及连续挤压技术的应用等。

本书可供金属压力加工专业的工程技术人员和大专院校相关专业的师生参考。