

$$\bar{p}ABv_0 = \sigma_s \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{v_0}{AH} \cdot AB \cdot AH + 4mk \frac{AB}{2} \cdot \frac{v_0}{2\sqrt{2}} + 2 \times 2.414k \cdot AH \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

$$\bar{p} = \sigma_s \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} + \frac{mk}{\sqrt{2}} + 4.828k \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{AH}{AB}$$

由图 2(a), $\frac{AH}{AB} = \frac{1}{\sqrt{2}}$; $\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s = 2k$; 完全粗糙时 $m = 1$; 于是

$$\bar{p} = 2k + \frac{1}{\sqrt{2}}k + 2.414k = 5.121k \quad (11)$$

$$n_s = \bar{p}/2k = 2.561 \quad (11')$$

上述结果与 (6)、(6') 完全一致。

6. 结束语

本文方法的解析结果比滑移线解低 0.35%; 比三角形速度场上界解低 9.5%。

参 考 文 献

- [1] Slater R. A. C, Engineering Plasticity Theory and Application to Metal Forming Processes. London: The MacMillan Press LTD(1977). 218. 367.
- [2] Hosford W. F, Caddell Z. M, Metal Forming Mechanics and Metallurgy, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc. (1983), 178.
- [3] 赵志业, 金属塑性加工力学, 北京, 冶金工业出版社 (1987), 174, 211.

(本文于 1991 年 1 月 14 日收到)

金属多晶体塑性研究的新层次

——IUTAM 《金属多晶体弹塑性大变形本构关系》北京讨论会札记

1. 引言

1991 年 7 月 22 日至 25 日, 在北京友谊宾馆举行了国际理论与应用力学联合会 (IUTAM) 的《金属多晶体弹塑性大变形本构关系》讨论会, 英文名称为 "IUTAM Symposium on Constitutive Relations for Finite Deformation of Polycrystalline Metals", 简称 CRFDPM。这是首次在中国举办的 IUTAM 讨论会。讨论会上 32 位专家的报告勾勒出晶体塑性领域在宏观、微观到微观相贯穿的这一新研究层次上的国际学科前缘。讨论会前后的多种学术交流活, 对我国固体力学研究辐射入大量的第一手研究信息, 也揭开了我国晶体塑性研究赶超世界先进水平的新篇章。

IUTAM 是在国际著名力学家冯·卡门和 G. I. 泰勒倡导下成立的国际力学界权威的学术组织。它的主要学术活动包括四年一届范围广阔的大会和一系列主题精选的讨论会。IUTAM 讨论会的主题均是由其执行局确立的, 集中标志了力学学科可望在近期内取得突破性成就的领域。在北京所举行的这次会议, 是 IUTAM 1988 年在法国 Grenoble 讨论投票决定的。

IUTAM 讨论会是小型高级专家会议, 与会代表均由 IUTAM 执行局任命的科学委员会所邀请。本次北京讨论会的科学委员会由 8 个国家的 10 位著名学者组成, 他们是(按姓氏字母顺序):

Drucker, D. C. (美国), Ikegami, K. (日本), Ishlinsky, A. Yu (苏联), Lee, E. H. (美国), Lehmann, Th. (德国), LeMaitre, J. (法国), Neale, K. W. (加拿大), Perzyna, P. (波兰), Wang, Ren

(王仁, 中国)和 Zaoui, A. (法国)。

会议的两主席分别是前任 IUTAM 主席, 美国佛罗里达大学的 D. C. Drucker (德鲁克)教授和中国力学学会理事长、北京大学的王仁教授, 讨论会的组织委员会成员为王仁(主席)、黄克智(副主席)、段祝平、黄筑平、石光漪、王自强、徐秉业、杨卫、张志新(秘书)

IUTAM 执行局和联合国教科文组织专门拨款九千美元来筹备这次会议。会议还得到了北京大学、国家自然科学基金委员会、中国力学学会、中国科学院力学研究所和清华大学的资助。

2. 讨论会概况

IUTAM 北京讨论会的主题是“金属多晶体弹塑性大变形本构关系”。该主题位于国际力学界和材料学界的交叉学科前缘, 反映了力学研究从宏观研究步入宏观、微观相结合的研究, 材料科学研究从定性转入定量阶段的新趋势。弹塑性大变形涉及到复杂的非线性问题。本构关系则反映结构材料在力学、热力学和材料物理所制约下体现的内在关系。该领域研究的突破性进展不仅可使力学和材料科学的结合跨上一个新的层次, 也为诸如新型结构材料的力学设计、超塑性加工等高新技术提供坚实的理论基础。

与会特邀专家共 42 人(其中外籍专家 24 人), 列席和旁听的年青科学家、研究生等 29 人, 他们来自 12 个国家与地区。特邀外国专家中包括众多国际上享誉已久的著名力学家(如德国的 Th. Lehmann, 美国的 T. Onat, T. H. Lin (林同骅); 法国的 J. LeMaitre, 英国的 D. R. Hayhurst, 法国的 J. R. Klepaczko,

日本的北川浩);还包括在晶体塑性近代理论做出成绩的中青年科学家(如美国的 R. J. Asaro, 加拿大的 K. W. Neale 日本的德田正孝, 荷兰的 E. Van der Giessen, 罗马尼亚的 S. Cleja-Tigoiu 和苏联的 V. I. Levitas. 在一次小型会议上, 聚集这么多国际知名学者, 在中国举行的力学会议上是少见的。我国著名力学家王仁、郑哲敏、黄克智均自始至终参加了会议讨论。讨论会上一共宣读论文 32 篇。中国学者有 9 人宣读了论文, 他们是(按宣读时间次序): 王自强, 林实, 王仁, 黄筑平, 杨卫, 匡震邦, 李海涛, 孙庆平, 李国琛。此外, 还有 9 篇论文以墙报的形式进行了展示和讨论。国际著名力学家美国的 T. Mura 教授和 D. Dafalias 教授在讨论会前访问了北京, 并作了学术报告。在会前(7月21日)中国力学学会固体力学专业委员会为庆祝林同骕先生 80 寿辰而特地进行了塑性力学和细观力学学术讨论会, 并将出版纪念文集。

讨论会上的 41 篇学术报告被编排为 6 个大会演讲单元和 1 个墙报单元。大会论文的第 1 个单元集中在弹塑性大变形本构框架; 第 2 单元侧重于热蠕变与统计理论; 第 3、4 单元反映了在细观和物理本构关系的新进展; 第 5 单元针对多晶体金属大变形加工过程中的力学命题; 第 6 单元反映了特种材料的本构描述和宏微观计算塑性力学。会议文集将由德国施普林格(Springer)出版社和北京大学出版社联合发行, 预计 1992 年夏出版。

3. 学术进展

本次学术讨论会上所呈现的主要学术进展态势是:

1) 宏微观相贯穿的研究方法和学术思想已在晶体塑性领域中形成体系;

2) 材料科学与力学研究的有机结合使多晶体塑性研究在材料革命中起重要作用;

3) 在大变形塑性本构理论的力学和热力学框架上出现了若干新的局部性突破趋势;

4) 在晶体塑性领域中涌现了一批新兴研究命题。下面将分别阐述这四项主要进展。

3.1 宏微观结合的塑性本构研究

宏微观相结合的研究方法在这次讨论上有很强烈的体现。这里包括宏观与细观相结合和宏微观与微观相结合的两个层次。前一层次在宏观和细观力学处理方法上有着共同的思路, 但在微细结构的力学建模上体现出不同多晶金属材料的特点。宏微观结合的力学方法在这次讨论会中被成功地用于滑错多晶体、多晶非均匀复合物、复相材料和形状记忆合金。此外, 由宏微观至微观的统计力学探讨也在理论和实验方法上孕育着新的进展。上述方法论上的发展导致力学家们在宏微观晶体塑性领域内形成了新思维体系, 使宏观的定量表征与细微观的物理机制挂上了钩。宏微观结合研

究的热点是: (1) 非均匀多晶体性质的研究, 如滑错多晶体和复合多晶体的研究从根本上依赖于宏微观相结合的方法; (2) 塑性旋率, 近二、三年的研究已证明多晶体细观“内在结构”的旋转将提供解决这一悬问题的钥匙; (3) 塑性各向异性演化, 多晶体的细观计算已使这一长期困扰塑性力学家的难题从原则上得到解决; (4) 材料的破坏模式与破坏过程, 这里计算细观力学工具已广泛地用于解剖种种破坏现象。总而言之, 宏微观结合已不再是一句空洞的话, 通过这次讨论会已将其主要内容和丰硕成果展现在眼前。

3.2 材料科学与固体力学与结合与渗透

金属多晶体塑性本构关系是材料科学与固体力学之间互相结合与渗透的一个范例。要处理这一问题, 材料科学与固体力学的研究手段需互为依赖, 缺一不可。这两门学科在学科方法上的互补性是显而易见的。材料科学提供了各种金属多晶体塑性变形的基本物理机制与规律, 而固体力学可将这些细观机制表达为定量的本构关系。从另一方面说, 材料科学中所提供的现代物理量测手段(如电子显微镜技术, 显微图象分析与处理技术, 取向分布量测技术, 光谱及 X 射线量测技术等)使力学家摆脱了传统实验力学方法的局限, 从而在精细力学现象的实验研究上跃上新的高度。然而, 对这一交叉学科最具革命性的推动在于计算力学的介入。它的进入使材料科学中原来所有的定性描述(如晶界滑错的描述, 复相体形貌学影响的描述, 晶体裂纹尖端分离机制的描述)上升为可与实验结果相比较的定量描述。并为材料学家与力学家的宿愿——即定量地预报材料力学行为——展示了一座天桥。本次讨论会的结果表明: 微结构计算力学已经达到实用阶段, 应当呼吁我国的计算力学家们投身于这一重要的研究方向。

3.3 塑性本构理论框架的新进展

弹塑性大变形的现代本构理论框架草创于六、七十年代, 但直到八十年代末, 仍有一些关键问题未能得到澄清。本次讨论会记载了对若干悬问题的新认识, 它们包括:

(1) 对塑性本构框架公理体系和表现格式的完善;

(2) 对塑性旋率及其本构描述的新认识;

(3) 对塑性大变形过程热力学框架的新探讨;

(4) 热塑性和动态塑性的若干新型本构理论模型;

(5) 更完善地考虑了各向异性、损伤、软化、剪切分叉、非比例加载和棘轮现象。

3.4 新研究领域的开发

本次讨论会提出了下述新的研究命题:

1) 滑错多晶体的本构行为;

2) 材料塑性行为的基础实验与三个层次的精细

观察:

- 3) 微观形貌影响的计算力学研究;
- 4) 多晶塑性响应的数值模拟和理论预测;
- 5) 疲劳的位错偶堆积模型;
- 6) 特种力学性能材料(如形状记忆合金)在多轴非比例加载下的本构响应;
- 7) 非均匀多晶体的本构界限估计;
- 8) 本构合成的多点统计和随机过程模拟方法。

这些问题可能发展为90年代中具有良好理论价值或应用潜力的新领域。

4. 学术交流

IUTAM北京讨论会的召开,对国内固体力学方面的学术交流起到极大的推动作用。首先,在中国实现了IUTAM讨论会之零的突破。其次,通过聆听,汲取和反思各国专家的最新研究工作,找到了我国在本构关系研究领域中的下述差距:

(1) 工作的系统性不够,未能有影响的学科领域中形成中国学派;

(2) 有份量的实验研究工作不多;

(3) 有宏微观结合的计算力学方面差距还很大;

(4) 与国内材料界的结合尚不够紧密。

二十多位高层次外国专家的仲夏北京之行,为我国塑性本构研究注入勃勃生机。除7月22—25日的讨论会外,在会议的前10天和后10天中,在中科院力学所、北京大学和清华大学还安排了二十余场学术报告会,使这些专家的最新研究成果可迅速辐射到活跃在科研第一线的中青年力学工作者中去。很多学校还与来访的专家们探讨了未来更具体的国际科研合作计划。通过这次讨论会,以及讨论会上王仁教授的全景介绍,也使各国专家了解到我国学者在塑性本构关系领域内的研究历史和最新态势。了解到我国学者在细观多晶本构的关系研究和大变形塑性本构框架方面的近期出色工作。借这次IUTAM北京讨论会的推动,我国在晶体塑性领域内的研究工作一定会跨上一个新层次。

(CRFDPM讨论会组织委员会供稿)

杨卫执笔)

“国际工程爆破技术学术会议”纪要

由中国力学学会主办的北京国际工程爆破技术学术会议于1991年7月4—7日在友谊宾馆举行。来自加拿大、印度、意大利、日本、瑞典、美国、苏联、伊朗、澳大利亚、马来西亚、蒙古、中国、香港、中国台北的14个国家和地区近200位爆破专家和工程技术人员参加了会议。会议收到国内外学术报告共90篇,这是第一次在我国举行的国际工程爆破技术学术会议。北京国际工程爆破技术会议的目的是使为参加会议的各国爆破专家和工程师相互交流,特别是为我国爆破工程师提供一个机会了解国外同行在爆破技术研究和工程应用中的经验和研究成果。

中国科学院学部委员、著名爆炸力学专家郑哲敏研究员为大会主席,主持大会议程并致开幕词。中国科协副主席高镇宁、中国力学学会理事长王仁教授和国家自然科学基金委员会国际合作局副局长刘才全致词对参加北京国际工程爆破技术会议的各国专家工程师表示热烈欢迎。之后,进行三个大会报告,我国爆破专家冯叔瑜研究员作了题为“工程爆破技术在中国的应用”介绍了我国在爆破技术研究和国家重大工程中的应用;炸药和爆破器材的最新发展;Renots Mancini工程师介绍了意大利爆破和机械破石机的破石效率分析。

炸药作为一种巨大的高效能源,在建设人类现代

社会文明改造人们的活动环境中的作用日益显得更加重要,工程爆破技术广泛用于矿山、铁路交通、水电及各种土木建筑工程的建设和施工中。和世界上其他国家一样,近几年来,我国工程爆破技术随着国民经济建设的需要得到了迅速发展。每年用于各种土石方开挖和生产的炸药量达80多万吨。爆破技术已从传统的矿山开挖爆破发展产生出一系列爆破新技术,新材料,如定向爆破筑坝技术、城市控制爆破拆除技术、爆炸排淤处理软基技术等。

在这次国际工程爆破技术会议上,参加会议的我国爆破专家和工程师介绍了爆破器材研制的新进展、爆破理论与技术研究的新成果,显示了我国工程爆破设计技术在不少方面具有国际先进水平。无起爆药雷管的问世并应用于生产是工业雷管发展的重大突破,高精度毫秒雷管和EL、RJ系列乳化炸药对提高爆破作业的安全和效率起到了重要作用;从时间和空间控制爆破作用的破坏过程,应用孔口散差双交叉梯段式中继传爆的非电导爆管起爆系统,成功地完成了三千多孔,总炸药量47.76吨,分324段起爆,延续作用时间8.1秒全长为800多米的葛州坝大江围堰的水下爆破拆除工程;地处北京繁华闹市区的华侨大厦、新侨饭店的控制爆破拆除成功说明在城区使用爆破技术的控制能力;对水下软基爆炸作用机理的研究,爆炸清淤软基处