

金属材料工程力学行为及其微细观过程分析

吕乐

(新余钢铁股份有限公司营销中心,江西 新余 338000)

摘要:通常,金属零件或工具在使用的过程中要受到各种形式外力的作用,比如起重机的钢索,采油机上的连杆等等,也就是要求金属材料必须能够承受住机械负荷的影响,不会出现变形的现象,金属材料所表现出来的弹性、强度、韧性等就是用来衡量金属材料工程的力学指标。而微细观过程主要是为金属材料工程力学提供思想指导,最终形成有工程意义的宏观效应。

关键词:金属材料;工程力学行为;微细观过程

中图分类号:TB12

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2022)36-0157-03

0 引言

工程力学行为一般指金属结构和零部件在实际工作条件下的力学行为,是一种具有整体性功能以及复杂性的工程研究。主要研究内容为材料科学以及力学两个方面。而微细观过程一般是从晶粒范畴内所产生,在周围的晶粒范围内所产生的细观过程,有效克服力学和材料科学在研究过程中所带来的局限性。本文从钢材断裂和冷脆行为、金属疲劳裂缝产生及疲劳极限、铝合金超塑研究等3个方面来阐述微细观过程所带来的影响。

1 工程力学行为研究内容分析

工程力学行为研究内容基本上可以分为三个阶段。第一阶段主要研究的是力学与材料科学的各自分工。其中力学研究方向主要是解决金属结构设计的问题,主要是对工程力学行为进行总结,最后形成的理论主要用于力学分析和数学运算。除此之外还要对研究的材料进行性能均匀测试,要明确出其中模型的物理意义。材料科学主要研究内容为材料工艺的选择与优化,并且分析工程力学的机理与材料因素,分析出对力学行为所带来的影响。但实际上缺乏对金属材料零部件、尺寸以及工艺上的研究,因此很难对工程力学行为做出定量解释。

第二阶段研究的是力学和材料科学之间的相互结合,主要是对工程力学行为进行深化研究。通过对材料科学中的裂缝认识,从而加深力学中的断裂力学、损伤力学以及细观力学内容。同时在研究材料的过程中,需要从材料本身的角度,对力学的研究成果进行定性或定量诠释,并且进一步分析材料因素所带来的影响,在

以上内容的基础上形成力学冶金和金属力学性能等研究内容,虽然具有一定的研究意义,但是在学科分工方面仍然具有一定的局限性^[1]。

第三阶段是在原有研究成果的基础上,直接解决好学科分工所带来的局限性,并且对工程力学行为进行综合分析,进一步研究出本身存在的特点。另外为了迎合当前的发展趋势,需要对其进行模型化定量研究。

2 金属材料工程力学行为指导思想以及研究内容

金属工程力学行为主要以微细观过程理论为指导思想,具体指导思想内容如下。

(1)工业多晶体金属材料中的工程力学行为都是从薄弱晶粒内部或其界面区域所产生的,为了能够理解更加方便,因此将晶粒范畴内所产生的过程称之为微观过程。具体产生过程如图1所示。

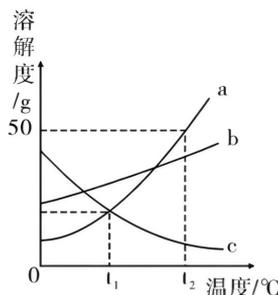


图1 微观过程产生变化

从图1可以看出,多晶体材料所产生出来的微观过程具有一定的随机性,而且在发展的过程中很容易受到周围晶粒的影响,因此只有在更大范围内产生相邻晶粒,才能使微细观过程有着触发条件,从而使周围晶粒逐渐协调发展,因此这种定义过程可以被称之为细观过程,金属零部件在经过一系列的微观过程后,才

能继续产生具有工程意义的宏观效果^[2]。

(2) 在多晶体材料表面, 外侧晶体材料相对比较自由, 但是内侧材料主要受周围晶粒的制约, 并且这种制约是来自不同方向的。表面区域的微细观过程和介观过程都会因为阻力的原因而受到影响。具体影响效果如图 2 所示。

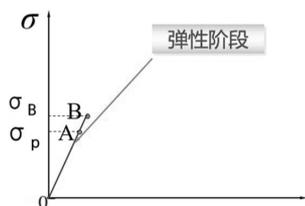


图 2 金属材料工程力学影响效果

从图 2 可以看出工程材料力学都会经历过从表面向内部发展的过程, 因此在分析微观过程中显得特别重要。

(3) 由于实际金属零部件的形状比较复杂, 在平时冶炼和冷热加工的过程中, 可能会造成化学成分。显微组织以及夹杂物等均匀分布, 以及微裂缝等细观不一致性, 并且表面区域更加复杂, 因此在分析工程力学时也要进行仔细考虑。具体分析效果如图 3 所示。

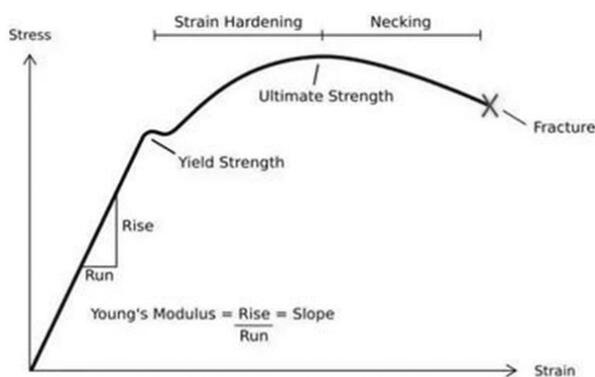


图 3 金属材料工程力学性能指标分析

从图 3 可以看出, 金属材料工程力学都要经过细观过程以及介观过程, 从而发展成具有工程意义的宏观表现。为此需要对力学和材料进行全面的综合分析。而要想金属工程力学性能指标能够达标, 需要从三个方面进行解决: ①对典型零部件中的工程力学进行分析, 然后再结合各种材料工艺以及其他条件进行解决, 对微观、细观以及宏观所发生的过程进行综合辩证分析, 建立起更加具有物理的意义的模型。②对建立起更加符合工程力学实际情况的临界条件、结构形式以及量化规律, 并且提出能够指导零部件设计工艺制定的定量方法。③在原有的基础上提出关于力学性能参数的测定方法^[3]。

从以上内容可以看出, 以微细观过程为指导思想的工程力学性能指标是具有定量意义的应用基础科学, 在具体研究的过程中, 需要充分利用各种学科方面的知识, 包括材料科学、力学、晶体学以及概率论等方面学科的知识, 保证彼此之间能够相互结合, 形成一种更加完善的科学体系。另外要求微细观过程指导思想能够符合自然辩证法的实际要求, 从而建立起更加符合工程材料力学实际的物理模型以及数学表达, 保证能够在理论上有所突破, 并且有着充足的发展空间, 更加重视在工业应用中的可靠性以及可行性。虽然微细观过程指导思想在金属材料工程力学方面有着广泛的应用, 但是对于整体的工程力学性能研究而言, 微细观过程指导思想的运用不够明确, 需要继续加强微细观指导思想的可行性, 从而建立起比较完善的金属材料工程力学体系。

3 金属材料微细观过程的具体研究分析

本文主要从钢材冷脆、金属疲劳以及金属塑性三个方面进行研究, 进一步分析出金属材料工程力学行为构建的重要意义。

3.1 钢材冷脆中的微细观理论研究

通常情况下低碳钢材在正常室内温度时具有较好的塑性, 但是容易出现构件裂缝以及尖锐出现缺口的问题, 特别是在低温工作环境下受动力驱动的影响, 很有可能出现冷脆断裂现象。从物理学的角度来看, 钢材冷脆断裂端口垂直于拉伸应力当中, 根据所表现出来的特点加以分析, 并且进一步指出最大拉应力的判断, 提出了其他不同的理论内容。有的学者根据钢材本身的特点设计出了一种模拟实验方法, 该模拟实验方法具体规定了其他一些性能指标, 主要是用来评价出钢材的冷脆倾向程度。在关于材料科学的研究过程中, 明确提出钢材冷脆现象一般都是按照固定晶面劈开的断裂现象, 在研究的过程中, 将材料科学和力学进行大量相互结合研究, 并且对冷脆性能指标的影响进行广泛研究。在进行力学研究的过程中, 主要是对金属材料中的缺口试件进行分析, 并要求断裂荷载与静断面荷载能够随着温度的变化降低, 荷载数值方面一般维持在 0.6 左右, 计算出缺口附近的最大主应力值, 以此分析断裂临界的应力, 将其看作成材料性能的参数。另外, 在研究的过程中需要将微观机理和宏观规律之间相联系, 为材料本身提供数值参考, 在分析裂缝产生与断裂源扩展的过程中, 需要基于对微观过程的仔细分析, 然后建立起解理应力理论, 该理论内容主要包括两个方面, 首先, 裂缝产生是随机出现的, 基本上以晶粒

内部所产生的位错运动为前提,控制好裂缝产生的规律;其次,裂缝在扩展的过程中会导致周围晶粒的解理面断开,造成随机的现象,从而形成初裂缝,创造一个良好的扩展条件^[4]。

3.2 金属疲劳裂缝产生以及疲劳极限的理论分析

金属材料疲劳裂缝指的是当机械零件和工程构件在交变荷载的影响下,虽然应力水平会低于材料的承受极限,但是经过长时间的应力反复循环作用后,也会突然出现脆性断裂现象,因此叫金属疲劳裂缝,对于金属疲劳裂缝产生所进行的微细观理论,主要内容如下。

首先,在分析疲劳裂缝产生之前,要明确出细观先屈服区的位置以及疲劳源的位置,确定出疲劳源的形成过程。其次是要明确出金属材料内部以及表面的疲劳极限,并分析出本质的效果。在一般情况下金属材料表面晶粒内部是比较分散的,在发生错位运动时只是会受到内侧晶粒的制约,但是所受到的阻力有很大缺陷,由此可见金属疲劳裂缝通常产生于金属材料表面当中。如果对金属材料表明进行强化的话,会形成残余压应力场,并且在表面形成残余拉应力,在外部条件的作用影响下形成疲劳初裂缝。而金属材料内部晶粒相比于表面晶粒来讲,所发生的错位运动很容易受到周围晶粒的限制,所造成的阻力较大,所形成的细观屈服极限应力也比较大。根据具体的分析公式可以得出,内部晶粒与表面晶粒之间的比重要低于 $\sqrt{3}$,二者之间的比值大概在1.37~145之间。最后疲劳源不仅会出现在表面当中,甚至有可能出现金属材料的内部中,根据以上两种可能性,进一步提出了关于强化表面件的预测方案以及工艺优化准则,另外微细观过程理论还对疲劳迹象有关的问题进行分析,在分析应力对疲劳极限影响的基础上,提出了相对简单的拉伸试验,继而确定出疲劳迹象的简化措施,降低金属疲劳裂缝出现的概率^[5]。

3.3 金属超塑性的微细观理论分析

金属材料超塑变形一般需要通过三个阶段,分别为均匀变形、颈缩以及空洞形成发展,因此需要对这三个阶段产开不同程度分析。

金属材料在发生超塑变形时主要是受到晶界滑移的影响,根据晶界滑移中明显形变水速率效应的特点,进一步提出了超塑性的力学本质,主要防止在变形过程中出现扩散,有利于总应变量的增加。在实际应用的过程中,晶界滑移会受到周围晶粒的影响,微细观过程动态内容会发生改变,比如周围晶粒内位错运动的增加、高密度位错区的恢复以及形成新的晶粒晶界,从而

发生进一步的晶界滑动。当处于均匀变形的阶段中,超塑变形行为继续加强对微细观过程的应用,并且当环境温度处于正常标准时,金属材料会通过微细观理论形成一定的动态平衡晶粒度,如果金属材料的原始晶粒度出现位错运动,那么在高密度位错区恢复的影响下,会形成新的晶粒界面,然后再发生新的界滑移动。在均匀变形的过程中,超塑变形行为会根据以往的微细观过程理论进行分析,并且在一定温度条件下,形成动态平衡晶粒度,如果金属材料原始晶粒度要低于新晶粒度时,会进一步增强晶界滑动的抗力,从而达到强化的作用效果,继续延长均匀变形以及颈缩的形成,从而保持住均匀性的特点。如果金属材料本身湿度较高,那么应变速率就会逐渐降低。但是材料晶粒度会随着应变量的增长而继续扩大,并且达到相应的速率标准。因此对于原始晶粒度材料的应用,必须采用更加先进的超塑性工艺进行合理使用。在颈缩阶段中,晶界滑移形变速率效应的增长,直接有利于金属材料总应变量的增强,最终材料内部所形成的空洞会逐渐积累,影响了总体变量。

4 结语

综上所述,本文主要对金属材料工程力学行为及其微细观过程进行分析研究,根据钢材断裂、金属疲劳裂缝产生以及金属超塑性的内容进行研究,全面分析了微细观过程在金属材料工程力学上的影响,并建立起更加清晰化的量化模型,建立起完善的金属材料工程力学行为体系,完善微细观变化理论内容,最终发展成更加广泛的材料工程力学行为学。

参考文献

- [1] 武兴荣.金属材料焊接成型中主要缺陷及控制策略分析[J].现代制造技术与装备,2022,58(6):132-134.
- [2] 武涛.金属材料热处理工艺与技术发展趋势微探[J].冶金与材料,2022,42(3):128-129.
- [3] 李文娟.基于金属材料成型加工技术的分析[J].南方农机,2022,53(10):156-158.
- [4] 李云浩.材料成型与控制工程中的金属材料加工探讨[J].冶金与材料,2022,42(2):35-36.
- [5] 冯志强,马磊磊,管品武,等.膨胀充填材料工程力学特性的试验研究及应用[J].中国矿业,2021,30(9):139-144.

作者简介:吕乐(1992—),男,汉族,江西信丰人,本科,助理工程师,主要从事营销工作。