



新闻动态

- 综合新闻
- 科研动态
- 学术活动
- 媒体聚焦
- 通知公告

孪晶界面疲劳开裂机制研究取得新进展

2022-09-13 | 文章来源: 材料服役行为研究部

【大】 【中】 【小】 【打印】 【关闭】

晶界在金属晶体材料中分布广泛,对金属材料各项力学性能具有重要影响,其中晶界可以强化材料,但界面处应力集中会导致疲劳损伤开裂。1984年日本东北大学Watanabe教授提出晶界设计(GBD: Grain-boundary Design)和晶界工程(GBE: Grain-boundary Engineering)的概念,希望通过在延性多晶体中引入性能好的界面来提高材料的综合性能,这为通过调控晶界类型和分布来设计高性能材料提供了新的思路。

为了揭示各种不同晶界对金属材料疲劳损伤机制的影响,中国科学院金属研究所张哲峰研究员团队前期借助于铜双晶体对各种大角晶界和小角晶界疲劳开裂机制进行了系统研究(Zhang ZF and Wang ZG, Prog. Mater. Sci. 53 (2008) 1025-1099)。鉴于孪晶界面与位错交互作用的特殊性,孪晶界面是否具有较高的疲劳抗力值得期待。然而,由于含有孪晶界面大块样品制备困难,对孪晶界面疲劳开裂机制的认识十分有限。过去十余年,张哲峰团队设计和制备了含有不同生长孪晶界面大块铜双晶体,同时,开展了大量含有退火孪晶界面铜及铜合金多晶体的疲劳研究。近期,孪晶界面疲劳损伤开裂机制的研究进展受邀发表在材料科学综述刊物Progress in Materials Science上,其中李琳琳为论文第一作者,张振军项目研究员和张哲峰研究员为论文通讯作者。本文对孪晶界面疲劳开裂机制的新认识如下:

双晶共格孪晶界面疲劳开裂机制:共格孪晶界面与加载轴的夹角决定了两侧晶粒内开动的主滑移系,对其界面疲劳损伤机制起决定性作用。当共格孪晶界面与加载轴成 20° - 70° 时,受附加应力及特殊位错滑移的影响,滑移带易于集中在共格孪晶界面附近,因而疲劳裂纹优先沿共格孪晶界面萌生和扩展(如图1(II-IV)所示);而当共格孪晶界面近似平行或垂直于加载轴时,滑移带或完全穿过共格孪晶界面,或因取向较硬受限与界面附近,塑性变形主要集中于晶内滑移带处,使滑移带优先萌生疲劳裂纹(如图1(I)、(V)所示)。

双晶非共格孪晶界面疲劳开裂机制:非共格孪晶界面疲劳开裂也表现出一定的取向性,当非共格孪晶界面垂直于加载轴时(图2(a,b)),孪晶界面两侧晶粒内位错滑移方向相同但滑移面相交,位错易于在非共格孪晶界面处塞积而优先疲劳开裂;当非共格孪晶界面平行或倾斜于加载轴一定角度时(图2(c,d)),界面两侧位错滑移可以穿过非共格孪晶界面,并且非共格孪晶界面自身可发生迁移,因而非共格孪晶界面处应变相容性较好,此时,滑移带优先发生疲劳开裂。

多晶体孪晶界面疲劳开裂机制:多晶体疲劳过程中孪晶界面附近应力状态复杂,与双晶中孪晶开裂稍有不同。团队利用原创的晶体滑移形貌定取向方法,对不同成分或层错能的铜合金多晶体中孪晶界面疲劳开裂行为进行了系统研究,结果发现:铜合金的层错能越低,孪晶界面两侧的取向差越大,位错越容易在孪晶界面处产生塞积,因而孪晶界面越容易疲劳开裂,反之,则是滑移带更容易疲劳开裂。通过提炼晶体取向Schmid因子差和合金层错能,结合位错塞积理论,建立了层错能和取向为参数的孪晶界面疲劳开裂定量判据(图3)。

结合对大、小角晶界疲劳开裂行为的前期研究结果,可以给出各种不同晶界疲劳开裂阻力从大到小顺序为:小角晶界>孪晶界面>大角晶界,其中孪晶界面疲劳开裂阻力取决于两侧晶体取向差和合金层错能大小。当孪晶界面对两侧位错运动阻碍较强时,会对材料产生明显的强化作用,孪晶界面容易发生疲劳开裂,因此接近于大角晶界特征;当孪晶界面对两侧位错运动阻碍较小时,孪晶界面不容易发生疲劳开裂,但对材料也几乎不产生强化作用,因此与小角晶界作用相似(图4)。

上述研究工作得到了国家自然科学基金重大、杰青、重点和面上项目的长期资助(50571104、50625103、50890173、51171194、51471170、51501197)以及中国科学院青年促进会(2021192)项目及教育部科研业务费的资助。

[全文链接](#)

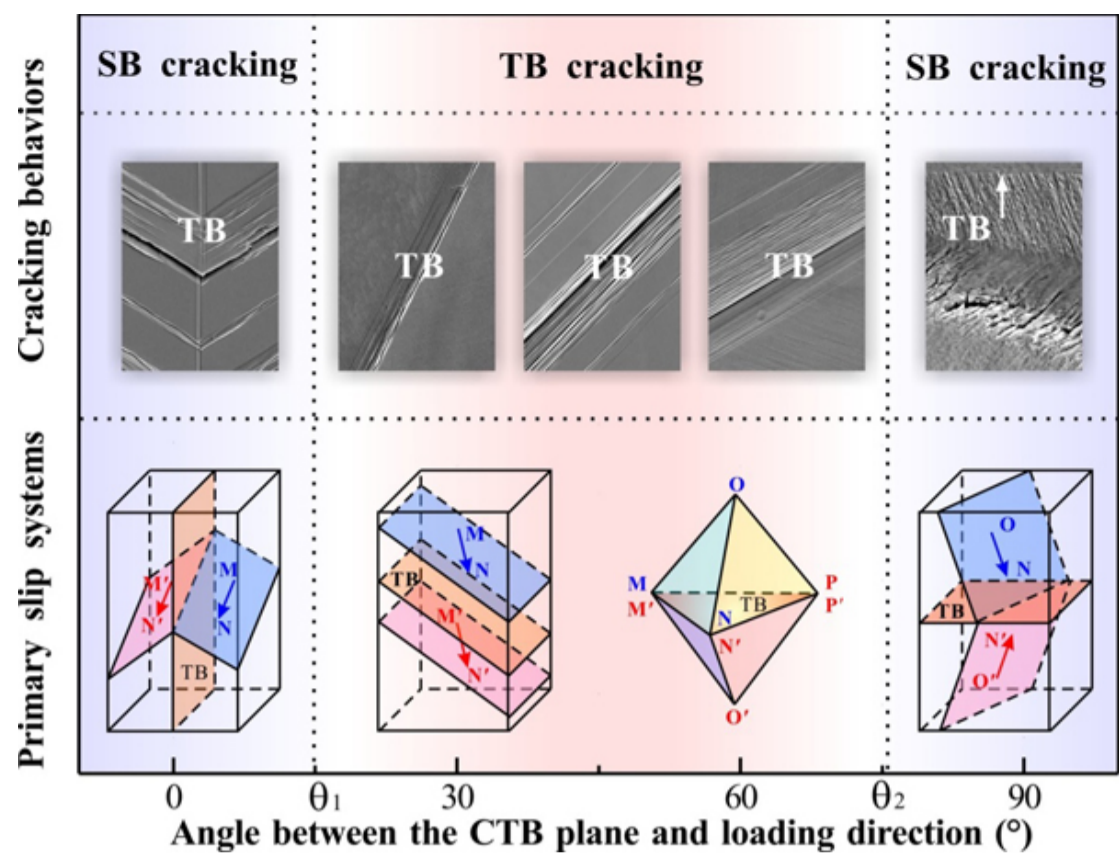


图1 铜双晶体共格孪晶界与加载轴呈不同倾角时对应的疲劳损伤机制。

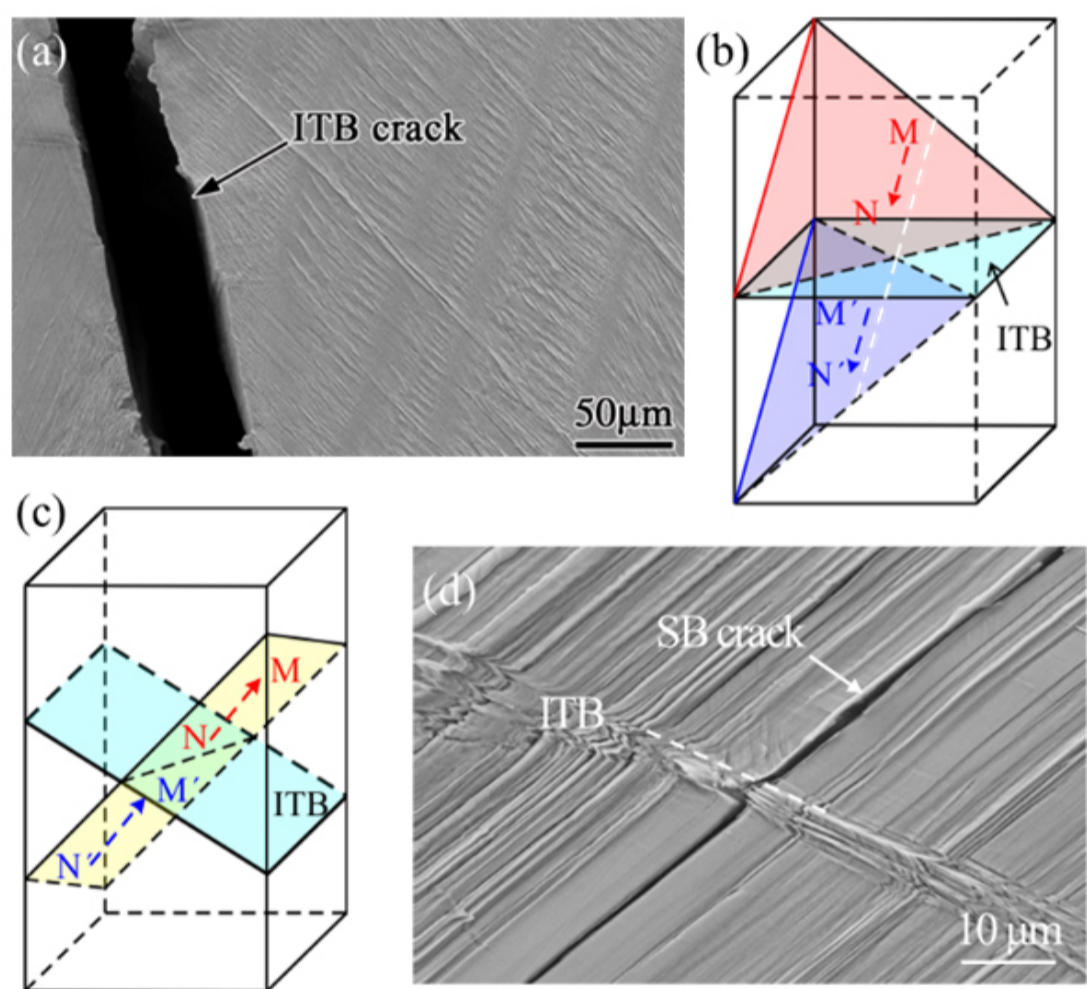


图2 铜双晶体中非共格孪晶界与加载轴呈不同倾角时疲劳损伤行为。界面垂直于加载轴时 (a) 界面疲劳裂纹与 (b) 主滑移系；界面倾斜一定角度时 (c) 主滑移系与 (d) 滑移带裂纹。

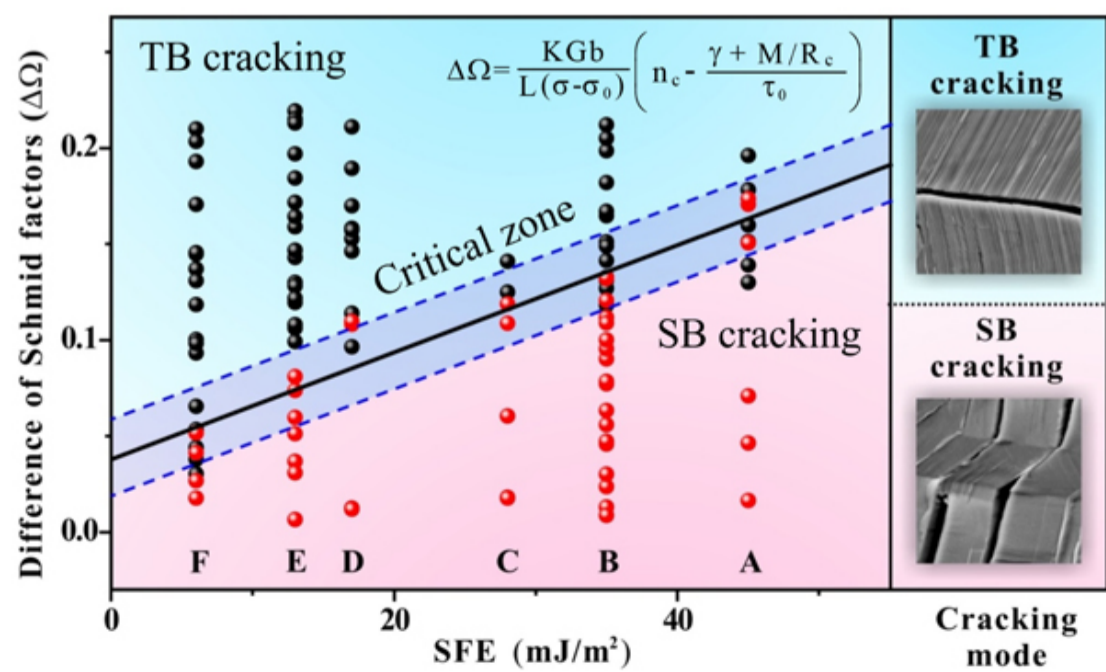


图3 层错能和晶体取向对铜合金多晶体滑移带与孪晶界疲劳开裂转变机制的协同影响。

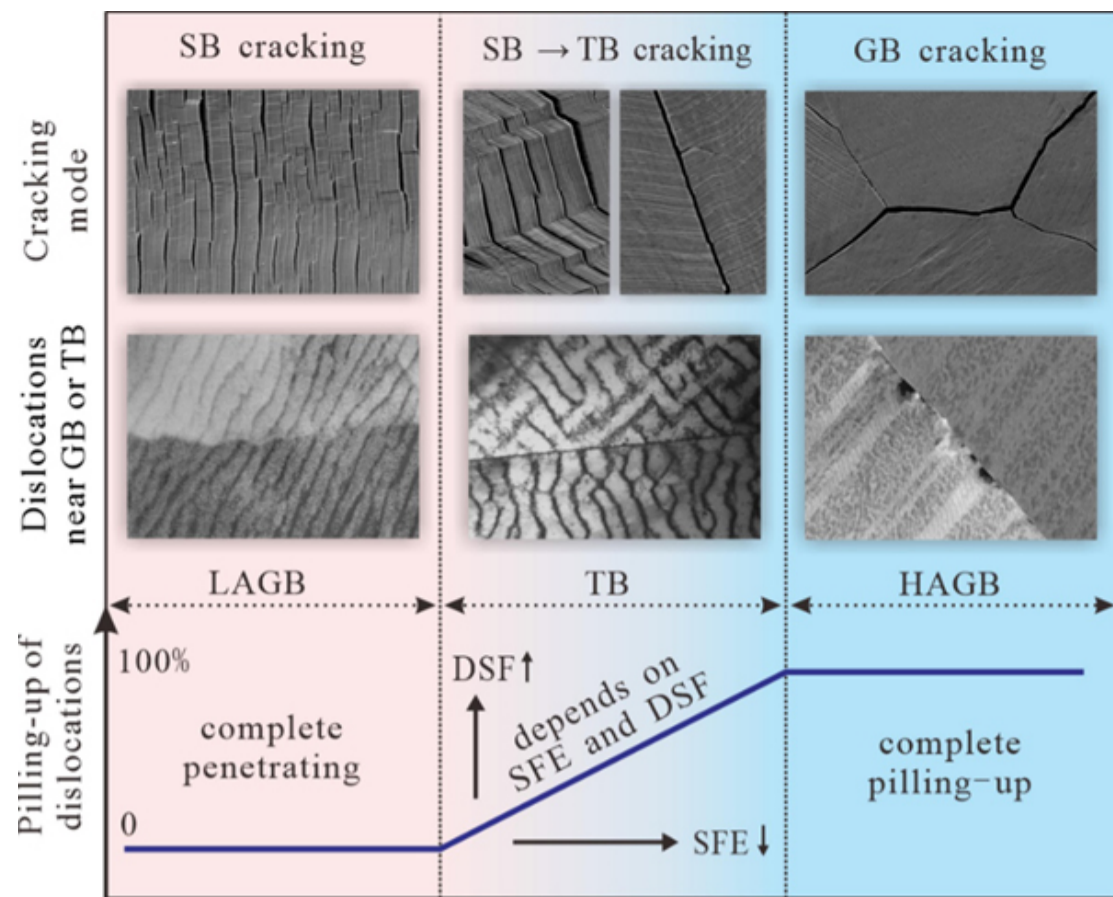


图4 大角晶界、孪晶界、小角晶界低周疲劳损伤开裂难易程度比较。

» 文档附件

» 相关信息

联系我们 | 友情链接



地址：沈阳市沈河区文化路72号 邮编：110016
 运维邮箱：office@imr.ac.cn
 中国科学院金属研究所 版权所有 辽ICP备05005387号-1



官方微博



官方微信