

材料与成形性能

## 挤压态 WE43 镁合金夹杂致裂的研究

吕 刚, 何建丽, 赵卫东, 何 进

(上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620)

**摘要:** 为了研究挤压态 WE43 镁合金夹杂物致裂的原因及机理, 利用 CT 扫描仪扫描了 WE43 镁合金试样, 观察挤压态 WE43 镁合金中夹杂物的形貌及尺寸分布, 利用 Gleeble-3800 热模拟试验机在不同变形温度 (150 和 250 °C)、不同应变速率 (0.001、0.01、0.1 和 1 s<sup>-1</sup>) 条件下对镁合金试样进行了压缩试验至其断裂。通过光学显微镜和扫描电子显微镜对断裂试样裂纹附近区域形貌进行观察及分析。结果表明: 挤压态 WE43 镁合金中的夹杂物主要为球形 (或近球形), 夹杂物尺寸在 5~10 μm 范围内的占比约为 42.94%。WE43 镁合金的临界断裂应变约为 0.3, 且在试验温度下 WE43 镁合金的真应力与应变速率之间不敏感。在裂纹边缘及裂纹扩展方向上发现的夹杂物是镁合金致裂的重要原因。EDS 结果表明: 变形温度为 150 °C 时, 致裂的水滴状夹杂物成分为 Mg<sub>12</sub>Nd; 而变形温度为 250 °C 时, 致裂的块状夹杂物成分为 Mg<sub>24</sub>Y<sub>5</sub>。

**关键词:** WE43 镁合金; 夹杂物; 裂纹; 临界断裂应变; 变形温度

**DOI:** 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.02.031

**中图分类号:** TG146.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-3940 (2022) 02-0192-07

## Study on inclusion cracking for extruded WE43 magnesium alloy

Lyu Gang, He Jianli, Zhao Weidong, He Jin

(School of Materials Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** To study the reason and mechanism of inclusion cracking for extruded WE43 magnesium alloy, the WE43 magnesium alloy sample was scanned by scanner nano-CT to observe the morphology and size distribution of inclusions in the extruded WE43 magnesium alloy, and the WE43 magnesium alloy sample is subjected to compression tests until fracture by thermal mechanical stimulator Gleeble-3800 at different deformation temperatures (150 and 250 °C) and different strain rates (0.001, 0.01, 0.1 and 1 s<sup>-1</sup>). Then, the morphologies near the crack region of fracture samples were observed and analysed by optical microscope and scanning electron microscope. The results show that the inclusions in the extruded WE43 magnesium alloy are mainly spherical (or nearly spherical), and the size of the inclusions is about 42.94% in the range of 5–10 μm. The critical fracture strain of WE43 magnesium alloy is about 0.3, and there is no sensitivity between true stress and strain rate of WE43 magnesium alloy at the test temperature. The inclusions found at the crack edge and the crack propagation direction are important causes of magnesium alloy cracking. The EDS results show that when the deformation temperature is 150 °C, the composition of fracturing water droplet-shaped inclusion is Mg<sub>12</sub>Nd, while when the deformation temperature is 250 °C, the composition of fracturing massive inclusion is Mg<sub>24</sub>Y<sub>5</sub>.

**Key words:** WE43 magnesium alloy; inclusion; crack; critical fracture strain; deformation temperature

镁合金作为“21 世纪绿色工程材料”<sup>[1-3]</sup>, 是当下实际应用中质量最轻的工程结构材料。镁合金因其质量轻、密度小的突出特点, 被普遍应用于交通运输、航空航天和 3C 等行业。研究表明, 汽车

质量每降低 1 kg, 每升汽油就可使汽车多行驶 0.011 km<sup>[4]</sup>。但镁合金为密排六方晶体结构, 导致材料的独立滑移系少、低温塑性差, 这严重阻碍了镁合金的使用与发展<sup>[5]</sup>。为此, 研究者在镁合金中添加 Y、Nd、Gd 等稀土元素, 经过时效强化、固溶强化、细晶强化及弥散强化等作用, 提高了镁合金的耐热性和塑性<sup>[6]</sup>。WE 系列镁合金是以 Y 为主要稀土元素的镁合金产品, 而 WE43 镁合金是 WE 系列镁合金中非常重要的一类。镁合金内部的夹杂物是导致材料发生韧性断裂的重要因素之一。夹杂物的存在使材料内部的连续性和均匀性发生改变, 易导致局部应力集

收稿日期: 2020-12-28; 修订日期: 2021-03-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51805313)

作者简介: 吕 刚 (1992-), 男, 硕士

E-mail: 2240722093@qq.com

通信作者: 何建丽 (1979-), 女, 博士, 讲师

E-mail: hejianling792@163.com

中,进而促发微裂纹的萌生<sup>[7-8]</sup>。Lu Y Q 等<sup>[9]</sup>通过精炼提纯 AZ61 镁合金熔体,发现合金伸长率随着夹杂物含量从 1.37%降低至 0.58%,呈现增大趋势,从最初的 4.02%上升至 7.09%。Liang M J 等<sup>[10]</sup>通过定量建立夹杂物体积分数与材料使用性能的关系,发现夹杂物的存在使 Mg-10Gd-3Y 镁合金的耐蚀性、抗疲劳等性能明显降低。Ishihara S 等<sup>[11]</sup>通过对 AZ61 镁合金进行疲劳试验,研究了夹杂物对合金疲劳寿命的影响,发现夹杂物是引起裂纹的原因。郭鹏杰等<sup>[12]</sup>通过在不同温度和时间下对 AZ80 镁合金进行固溶时效处理,讨论了 AZ80 镁合金性能与第二相体积分数的关系,结果表明,AZ80 合金的第二相体积分数与伸长率的对数值之间存在线性关系。由此可见,夹杂物的存在改变了基体材料应力、应变的状态及分布,易导致裂纹源的萌生,因此,对夹杂物形变演化规律进行深入研究十分有必要。

本文以挤压态 WE43 镁合金为研究对象,研究了其在变形温度为 150 和 250 ℃ 时不同应变速率条件下的压缩性能,并分析了 WE43 镁合金夹杂物致裂的机制,为镁合金的低温断裂失效分析提供了依据,为进一步优化镁合金的加工工艺提供了理论基础。

### 1 试验材料与方法

本文研究材料为挤压态 WE43 镁合金,其化学元素含量如表 1 所示。为了进行热压缩试验,从挤压板材上加工出  $\phi 8\text{ mm}\times 12\text{ mm}$  的原始试样,且保证试样轴向与挤压板材挤压方向一致。为了减小摩擦,将试样两端打磨光滑。试验试样尺寸如图 1 所示。利用 Phoenix Nanotom M 纳米 CT 扫描仪扫描试样,观察挤压态 WE43 镁合金中夹杂物的形貌及尺寸分布。利用 Gleeble-3800 热模拟试验机在不同变形温度(150 和 250 ℃)和不同应变速率( $0.001$ 、 $0.01$ 、 $0.1$  和  $1\text{ s}^{-1}$ )条件下对试样进行热压缩试验。压缩断裂后的试样均经 Ar 气快速冷却以保护压缩后的试样形貌。对压缩后的试样进行镶嵌、粗磨、细磨、抛光和腐蚀之后,利用带有能谱仪(Energy Dispersive Spectrometer, EDS)功能的 S-3400N 的扫描电子显微镜(Scanning Electron Microscope, SEM)对断裂试样的总体微观组织形貌和裂纹附近区域微观组织形貌进行表征,同时利用扫描电子显微镜(SEM)在 1000 倍数下对试样进行拍照,并利用能谱仪对夹杂物的成分、形貌及尺寸等特征进行测试、分析。腐蚀液化学成分如表 2 所示。

表 1 WE43 镁合金的化学成分(%,质量分数)  
Table 1 Chemical compositions of WE43 magnesium alloy  
(%, mass fraction)

Y	Zr	Gd	Nd	Ni	Fe	Cu	Mg
3.820	0.430	1.480	2.470	0.001	0.001	0.003	余量

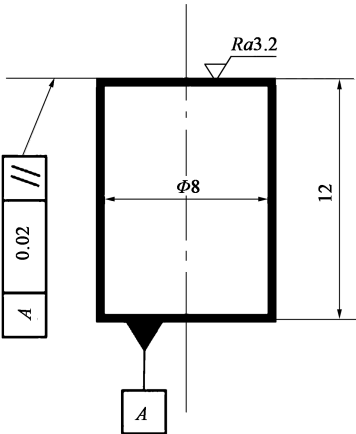


图 1 热压缩试样尺寸图  
Fig. 1 Sizes diagram of hot compression test sample

表 2 腐蚀液化学成分  
Table 2 Chemical compositions of corrosive liquid

成分	苦味酸/g	冰乙酸/mL	无水乙醇/mL	蒸馏水/mL
含量	4.2	10	70	10

### 2 结果与讨论

#### 2.1 WE43 镁合金中夹杂物的形貌及尺寸分布

图 2 为 WE43 镁合金试样中夹杂物的尺寸分布情况。由图 2a 可以看出,挤压态 WE43 镁合金原始试样中大部分夹杂物尺寸小于  $20\text{ }\mu\text{m}$ 。其中,尺寸在  $5\sim 10\text{ }\mu\text{m}$  范围内的夹杂物占比最高,为 42.94% 左右;尺寸小于  $5\text{ }\mu\text{m}$  的夹杂物占比次之,为 25.09%;而尺寸大于  $20\text{ }\mu\text{m}$  的夹杂物仅占 1.67%。且试样中整体夹杂率为 0.007%,夹杂物的平均面积为  $340.93\text{ }\mu\text{m}^2$ 。图 2b 为 WE43 镁合金原始试样中夹杂物的长宽比的分布图,由图 2b 可见,试样中夹杂物长宽比在  $1.0\sim 1.5$  范围内的比例约为 90%,说明挤压态 WE43 镁合金中的夹杂物主要为球形(或近球形)。图 2c 为挤压态 WE43 镁合金试样在变形温度为 250 ℃、应变速率为  $0.1\text{ s}^{-1}$  条件下压缩后夹杂物的尺寸分布情况。压缩过程中由于变形量较大,夹杂物在压缩方向上发生变形、破碎、断裂和聚集现象,导致夹杂物的数量密度随着压缩变

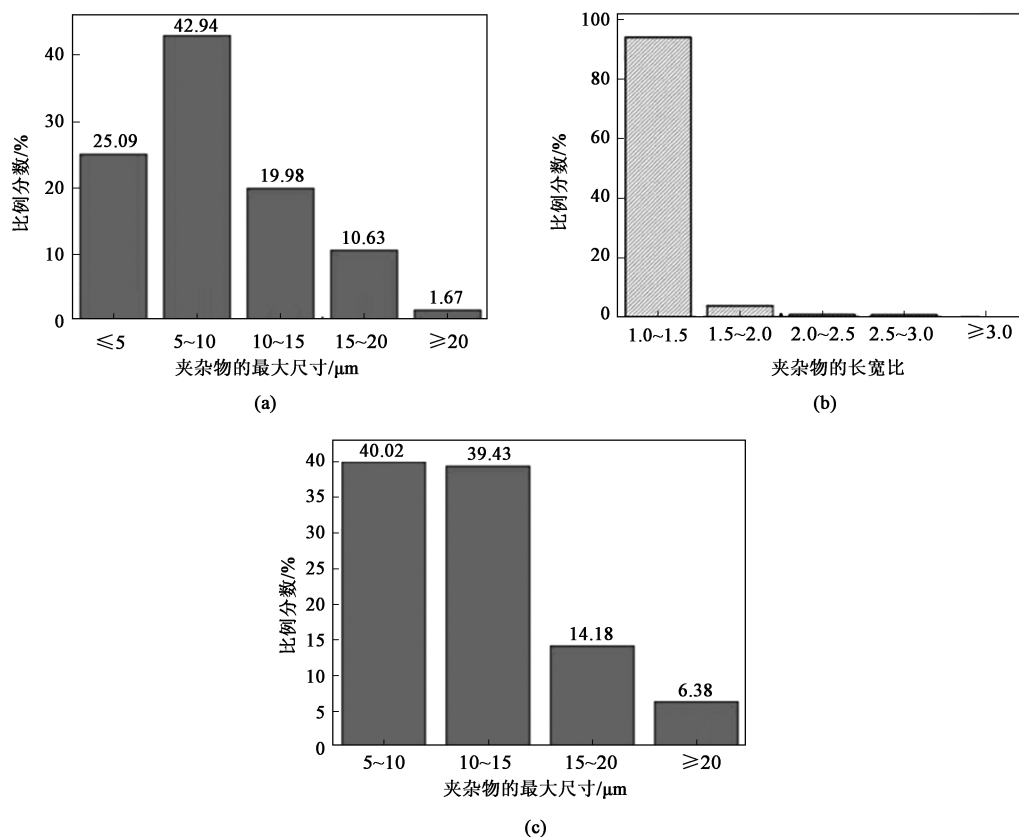


图2 WE43 镁合金试样中夹杂物的尺寸分布特征图

(a) 原始试样中夹杂物最大尺寸分布 (b) 原始试样中夹杂物长宽比分布 (c) 压缩试样中夹杂物最大尺寸分布

Fig. 2 Diagrams of size distribution characteristics for inclusions in WE43 magnesium alloy samples

(a) Maximum size distribution of inclusions in original samples (b) Length-width ratio distribution of inclusions in original samples  
(c) Maximum size distribution of inclusions in compressed samples

形量的增加而升高, 且夹杂物尺寸均明显增加。尺寸在 5~10  $\mu\text{m}$  范围内的夹杂物占比较原始试样中夹杂物占比下降了 2.92%; 尺寸在 10~15  $\mu\text{m}$  范围内的夹杂物占比较原始试样中夹杂物占比明显提高, 达到 39.43%。此时试样的整体夹杂率较原始试样有一定的提高, 为 0.012%, 夹杂物的平均面积为 462.59  $\mu\text{m}^2$ 。

挤压态 WE43 镁合金试样压缩前后的夹杂物的 CT 扫描形貌如图 3 所示。由图 3 可见, 挤压态 WE43 镁合金试样中夹杂物在进行热压缩变形之前主要为椭球形 (近球形), 而在进行热压缩变形之后, 试样中夹杂物发生了延伸变形, 在材料变形方向上由椭球形逐渐被压成细条状, 且可以观察到在压缩过程中部分夹杂物变形量较大, 在表面处出现突起。

## 2.2 WE43 镁合金的力学性能

图 4 为挤压态 WE43 镁合金在不同变形温度 (150 和 250  $^{\circ}\text{C}$ )、不同应变速率 (0.001、0.01、

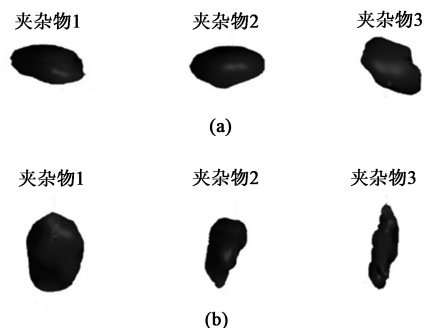


图3 压缩前后试样中夹杂物 CT 扫描形貌图

(a) 压缩前 (a) 压缩后

Fig. 3 CT scan appearance diagrams of inclusions in samples before and after compression

(a) Before compression (a) After compression

0.1 和 1  $\text{s}^{-1}$ ) 条件下的真应力-真应变曲线。由图 4 可见: 在热压缩初期, 材料处于加工硬化状态, 硬化作用大于动态回复作用, 此时, 真应力随着真应变的少量增加而快速上升; 随着真应变的继续增加, 由于材料内部发生动态再结晶, 当材料

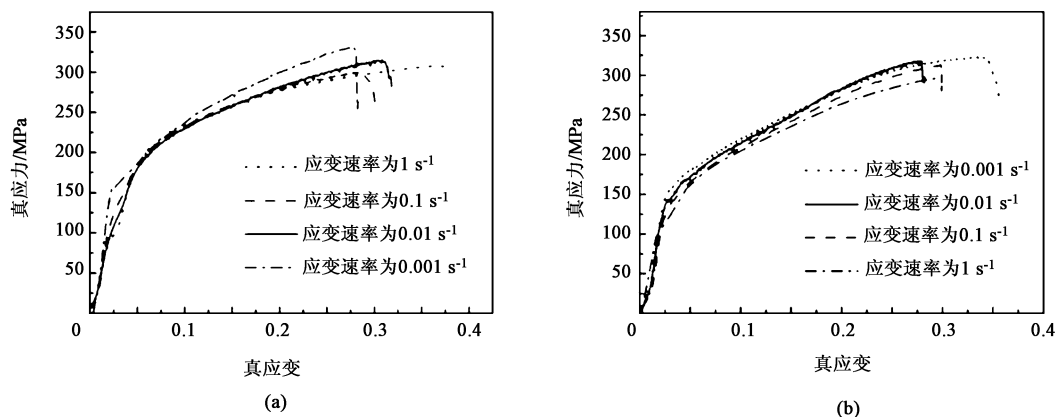


图4 不同变形温度下 WE43 镁合金的真应力-真应变曲线

(a) 150 °C (b) 250 °C

Fig. 4 Curves of true stress-true strain for WE43 magnesium alloy at different deformation temperatures

内部的动态软化发生作用时, 真应力随着真应变的增加而缓慢上升, 直至材料发生断裂, 且 WE43 镁合金试样发生断裂时的真应变为 0.3 左右。由曲线趋势可见, 挤压态 WE43 镁合金低温下的动态软化作用不明显, 且在不同应变速率下材料的真应力变化很小 (最大相差 25 MPa 左右), 这表明在低温状态下挤压态 WE43 镁合金的真应力对应变速率不敏感。为了对低温下挤压态 WE43 镁合金断裂原因及机理的进一步研究, 利用带有能谱仪 (Energy Dispersive Spectrometer, EDS) 功能的 S-3400N 的扫描电子显微镜 (Scanning Electron Microscope, SEM) 对断裂试样裂纹附近区域形貌进行观察及分析。

### 2.3 低倍镜下 WE43 镁合金裂纹区域形貌

图 5 为挤压态 WE43 镁合金压缩试样的宏观形貌。由图 5 可见, 在不同变形条件下, 断裂试样的裂纹走向均为 45° 斜向, 这属于典型的剪切韧性断裂。比较断裂后的试样高度可以发现, 不同变形条件下, 断裂试样的高度相差不大, 未出现压缩到较大应变后再断裂的情况。光学显微镜下挤压态 WE43 镁合金裂纹区域微观组织图如图 6 所示。由图 6 可见, 部分晶粒在垂直于压缩方向上晶粒长度被稍微拉长, 由于 WE43 镁合金试样发生断裂时的真应变很小, 仅为 0.3 左右, 在 150 和 250 °C 的变形温度下微观组织仍为等轴晶。在图 6 所示断裂试样的裂纹边缘可以观察到夹杂物的存在, 而材料

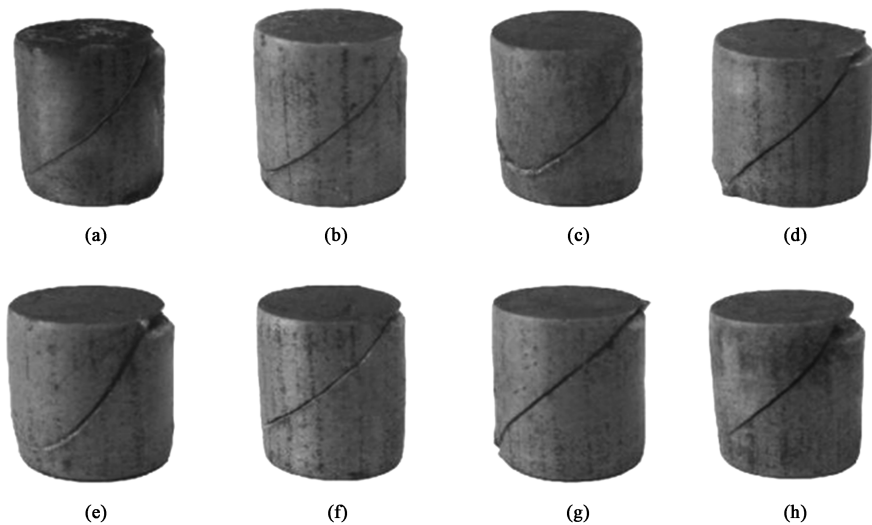


图5 WE43 镁合金在不同变形条件下的压缩断裂试样的宏观形貌图

(a) 150 °C, 0.001 s<sup>-1</sup> (b) 150 °C, 0.01 s<sup>-1</sup> (c) 150 °C, 0.1 s<sup>-1</sup> (d) 150 °C, 1 s<sup>-1</sup>  
 (e) 250 °C, 0.001 s<sup>-1</sup> (f) 250 °C, 0.01 s<sup>-1</sup> (g) 250 °C, 0.1 s<sup>-1</sup> (h) 250 °C, 1 s<sup>-1</sup>

Fig. 5 Macro morphology diagrams of compressed fracture samples for WE43 magnesium alloy at different diformatim conditions

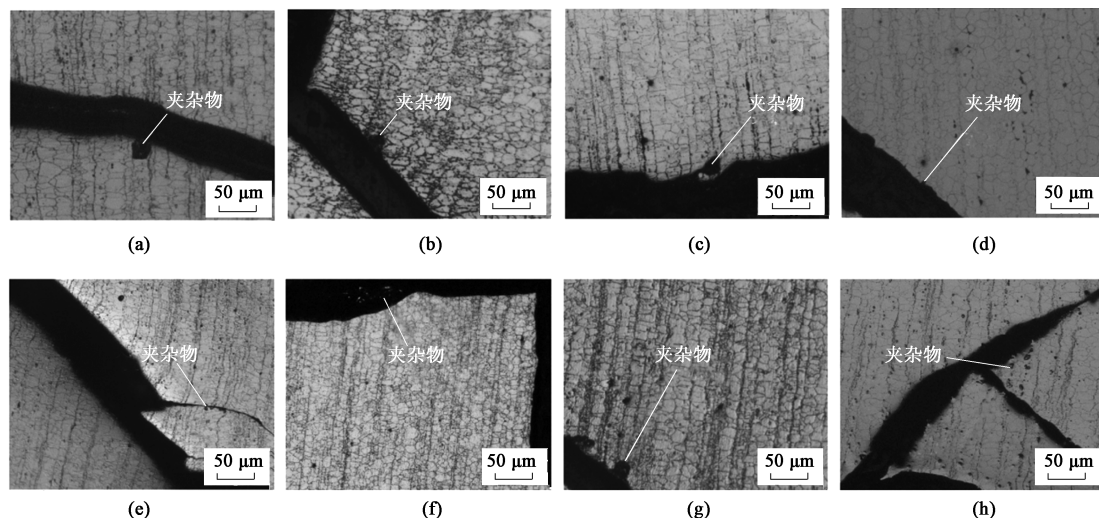


图 6 挤压态 WE43 镁合金裂纹区域微观组织图

(a) 150 °C,  $1 \text{ s}^{-1}$  (b) 150 °C,  $0.1 \text{ s}^{-1}$  (c) 150 °C,  $0.01 \text{ s}^{-1}$  (d) 150 °C,  $0.001 \text{ s}^{-1}$   
 (e) 250 °C,  $1 \text{ s}^{-1}$  (f) 250 °C,  $0.1 \text{ s}^{-1}$  (g) 250 °C,  $0.01 \text{ s}^{-1}$  (h) 250 °C,  $0.001 \text{ s}^{-1}$

Fig. 6 Microstructure diagrams of crack zone for extruded WE43 magnesium alloy

内部的夹杂物是引起材料断裂的一个重要原因。镁液易于氧化, 这些夹杂物是在合金熔炼时产生的。由于夹杂物和镁基体的力学性能差异较大, 在外力的作用下, 这些夹杂物粒子易成为微裂纹萌生的源头, 在夹杂物处会产生较大的应力集中使得夹杂物开裂, 之后随着裂纹的扩展导致材料整体开裂<sup>[13]</sup>。

## 2.4 高倍镜下 WE43 镁合金裂纹区域形貌

图 7 为挤压态 WE43 镁合金裂纹区域的 SEM 图。在图 7 中可以看到大量夹杂物的存在, 且夹杂物颗粒主要以白色细小块状和深色粗大水滴状两种类型存在。夹杂物颗粒因与基体材料性能存在较大差异, 易导致微裂纹的萌生。Jahedi M 等<sup>[14]</sup>研究发现, 晶界上的析出夹杂物会导致 WE43-T6 镁合金沿

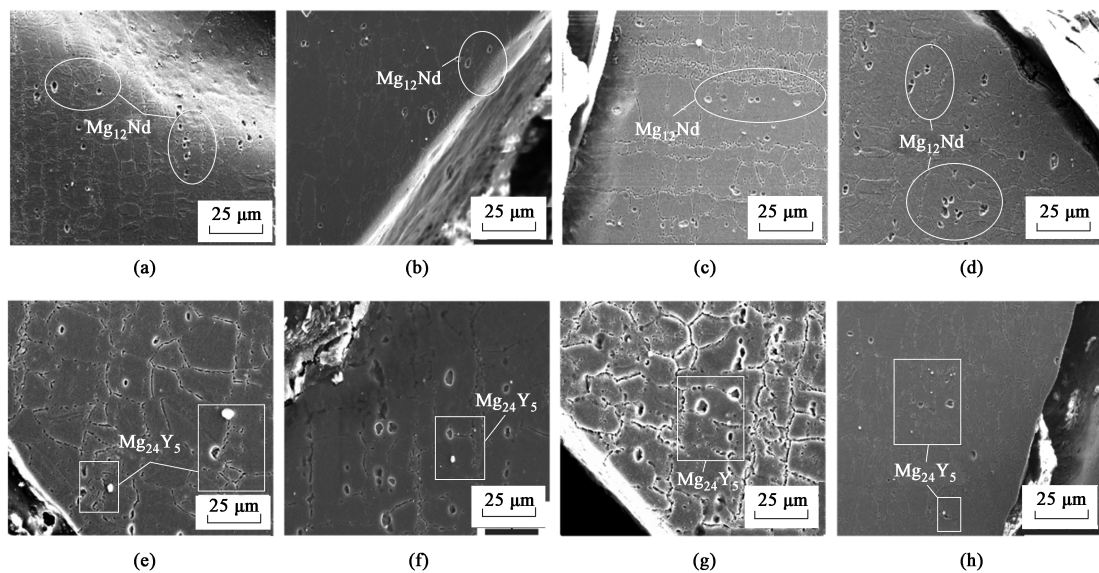


图 7 挤压态 WE43 镁合金裂纹区域 SEM 图

(a) 150 °C,  $1 \text{ s}^{-1}$  (b) 150 °C,  $0.1 \text{ s}^{-1}$  (c) 150 °C,  $0.01 \text{ s}^{-1}$  (d) 150 °C,  $0.001 \text{ s}^{-1}$   
 (e) 250 °C,  $1 \text{ s}^{-1}$  (f) 250 °C,  $0.1 \text{ s}^{-1}$  (g) 250 °C,  $0.01 \text{ s}^{-1}$  (h) 250 °C,  $0.001 \text{ s}^{-1}$

Fig. 7 SEM images of crack zone for extruded WE43 magnesium alloy

晶断裂。在图 7 的裂纹路径及裂纹附近区域可以明显观察到大量夹杂物的存在，在外力的作用下，夹杂物处产生较大的应力集中使得夹杂物开裂，在材料内部形成微孔洞、微裂纹，成为材料致裂的潜在根源。图 8 为夹杂物颗粒的能谱分析结果，其中 A、B、C 处夹杂物颗粒成分分别对应右侧能谱分析结

果。结果表明，挤压态 WE43 镁合金组织主要是由  $\alpha$ -Mg 固溶体、Mg-Y 及 Mg-Nd 二元相构成，其中白色细小块状为富 Y 相，而深色粗大水滴状为富 Nd 相。通过文献 [15]~文献 [17] 可知，块状的夹杂物主要成分为  $Mg_{24}Y_5$ ，水滴状夹杂物的主要成分为  $Mg_{12}Nd$ 。

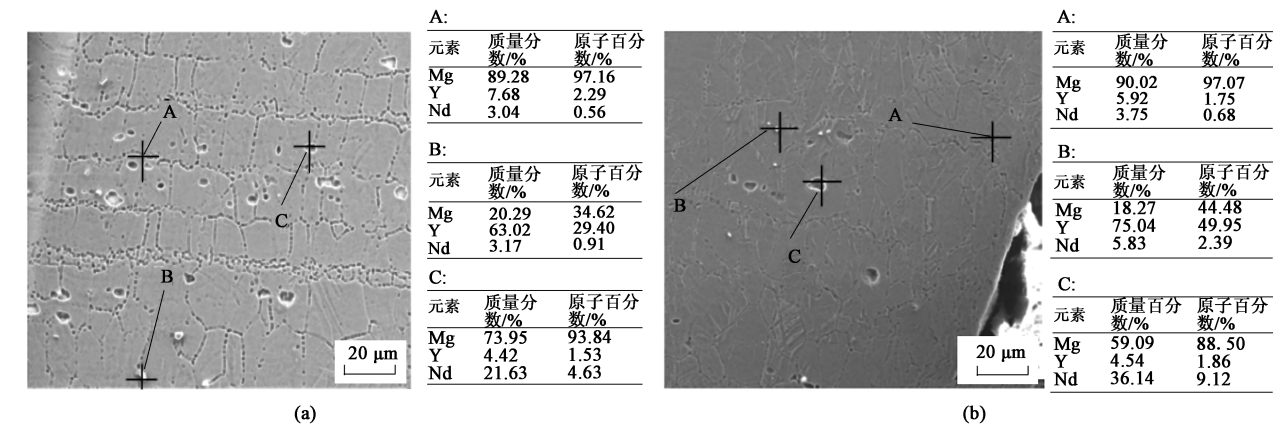


图 8 不同变形温度下能谱分析结果  
(a) 150 °C (b) 250 °C  
Fig. 8 EDS analysis results at different deformation temperatures

经测试可得：图 7a~图 7d 中，在裂纹路径及晶界上存在大量  $Mg_{12}Nd$  成分，表明位于裂纹边缘的夹杂物成分为  $Mg_{12}Nd$ ，其是导致挤压态 WE43 镁合金在 150 °C 条件下变形时断裂的主要原因；图 7e~图 7h 中，在裂纹路径上存在大量  $Mg_{24}Y_5$  成分，表明裂纹边缘的夹杂物成分为  $Mg_{24}Y_5$ ，其是导致挤压态 WE43 镁合金在 250 °C 条件下变形时断裂的主要原因。

### 3 结论

(1) 挤压态 WE43 镁合金中的夹杂物主要为球形（或近球形），其中，尺寸在 5~10  $\mu m$  范围内的夹杂物占比最高，为 42.94% 左右；尺寸大于 20  $\mu m$  的夹杂物仅占 1.67%。试样中整体夹杂率为 0.007%。压缩变形后，试样中整体夹杂率为 0.012%，夹杂物数量及尺寸均明显增加。

(2) 挤压态 WE43 镁合金的临界断裂应变约为 0.3，材料在热压缩过程中动态软化作用不明显，且在试验温度下镁合金的真应力对应变速率不敏感。

(3) 在裂纹边缘及裂纹扩展方向上发现的夹杂物是 WE43 镁合金致裂的重要原因，EDS 结果表明：150 °C 变形温度下，致裂的水滴状夹杂物成分为  $Mg_{12}Nd$ ；而在 250 °C 变形温度下，致裂的块状夹杂物成分为  $Mg_{24}Y_5$ 。

### 参考文献：

- [1] Mo N, Tan Q Y, Bermingham M, et al. Current development of creep-resistant magnesium cast alloys: A review [J]. Materials & Design, 2018, 155: 422-442.
- [2] 李星星, 刘正, 王越, 等. 铸态镁合金 Mg-xZn-0.5Y-0.5Zr 热裂缺陷研究 [J]. 稀有金属, 2020, 44 (7): 697-705.  
Li X X, Liu Z, Wang Y, et al. Hot tearing defects of as-cast Mg-xZn-0.5Y-0.5Zr alloys [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2020, 44 (7): 697-705.
- [3] 卢超. AZ31B 镁合金复合陶瓷涂层在 SBF 溶液中的应力腐蚀研究 [J]. 轻工机械, 2014, 32 (4): 9-12.  
Lu C. Stress corrosion study of AZ31B magnesium alloy composite ceramic coating in simulated body fluid [J]. Light Industry Machinery, 2014, 32 (4): 9-12.
- [4] 白彩盛, 赵立杰. 金属材料在汽车轻量化中的应用探讨 [J]. 世界有色金属, 2019, (13): 291, 293.  
Bai C S, Zhao L J. Application of metal material in automotive lightweight [J]. World Nonferrous Metals, 2019, (13): 291, 293.
- [5] 张凯, 李兴刚, 李永军, 等. 热处理对 ZM51 镁合金力学性能的影响 [J]. 稀有金属, 2019, 43 (6): 585-591.  
Zhang K, Li X G, Li Y J, et al. Effects of heat treatments on the properties of ZM51 Magnesium Alloys [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2019, 43 (6): 585-591.
- [6] Wang K, Wang J, Dou X X, et al. Microstructure and mechanical properties of large-scale Mg-Gd-Y-Zn-Mn alloys prepared through semi-continuous casting [J]. Journal of Materials Science &

- Technology, 2020, 52 (17): 72–82.
- [7] Wang D, Shanthraj P, Springer H, et al. Particle-induced damage in Fe-TiB<sub>2</sub> high stiffness metal matrix composite steels [J]. Materials & Design, 2018, 160: 557–571.
- [8] Liu X G, Wang C, Deng Q F, et al. High-temperature fracture behavior of MnS inclusions based on GTN model [J]. Journal of Iron and Steel Research International, 2019, 26 (9): 941–952.
- [9] Lu Y Q, Zhu X J, Hu X D, et al. Effects of blowing Ar on inclusion and properties of AZ61 magnesium alloy [J]. Key Engineering Materials, 2016, 725: 416–420.
- [10] Liang M J, Wu G H, Ding W J, et al. Effect of inclusion on service properties of GW103K magnesium alloy [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2011, 21 (4): 717–724.
- [11] Ishihara S, Kitagawa S, Qi M R, et al. Evaluation of distribution of fatigue lives of the extruded magnesium alloy AZ61 [J]. Acta Mechanica, 2013, 224: 1251–1260.
- [12] 郭鹏杰, 张星, 李保成, 等. AZ80 镁合金第二相体积分数对其拉伸性能的影响 [J]. 金属热处理, 2019, 44 (3): 46–49.
- Guo P J, Zhang X, Li B C, et al. Effect of secondary phase volume fraction on tensile properties of AZ80 magnesium alloy [J]. Heat Treatment of Metals, 2019, 44 (3): 46–49.
- [13] 何进. Mg-RE 镁合金塑性变形机理与断裂机制的研究 [D]. 上海: 上海工程技术大学, 2020.
- He J. Research on Plastic Deformation Mechanism and Fracture Mechanism of Rare Earth-Magnesium Alloy [D]. Shanghai: Shanghai University of Engineering Science, 2020.
- [14] Jahedi M, McWilliams B A, Knezevic M. Deformation and fracture mechanisms in WE43 magnesium-rare earth alloy fabricated by direct-chill casting and rolling [J]. Materials Science & Engineering A, 2018, 726: 194–207.
- [15] 张忠明, 胡博, 徐春杰, 等. 镁合金中的夹杂及其去除方法 [J]. 兵器材料科学与工程, 2009, 32 (5): 103–106.
- Zhang Z M, Hu B, Xu C J, et al. Inclusions and their removal methods in magnesium alloys [J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2009, 32 (5): 103–106.
- [16] 陈伟, 刘楚明, 苏再军, 等. 铸态 Mg-2Nd-0.2Zn-0.4Zr-xY 镁合金组织及力学性能 [J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2012, 43 (6): 72–78.
- Chen W, Liu C M, Su Z J, et al. Microstructure and mechanical properties of as-cast Mg-2Nd-0.2Zn-0.4Zr-xY alloy [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2012, 43 (6): 72–78.
- [17] Xiang C C, Gupta N, Coelho P, et al. Effect of microstructure on tensile and compressive behavior of WE43 alloy in as cast and heat treated conditions [J]. Materials Science & Engineering A, 2018, 710: 74–85.

### “第十七届全国塑性工程学术年会暨第九届全球华人塑性技术研讨会”会议通知

“第十七届全国塑性工程学术年会暨第九届全球华人塑性技术研讨会”（以下简称“年会”）将于 2021 年 5 月 27—29 日在天津市举行，大会主题为“创新驱动，砥砺前行，推进塑性加工核心技术发展”。

**组织单位：**中国机械工程学会塑性工程分会主办，北京机电研究所有限公司、江苏太平洋精锻科技股份有限公司、太原理工大学、山东大学、河北工业大学承办，《塑性工程学报》、《锻压技术》媒体支持。

#### 会议内容：

(1) 大会主旨报告：邀请国内外知名专家学者作大会主旨报告，报告人及题目如下：

潘复生院士——高塑性镁合金的研究与应用；  
单忠德院士——数字化智能成形制造技术与装备；  
雷丙旺总工——TC4 钛合金大规格环件挤-辗复合成形工艺研究；  
华林教授——机器人智能增材锻模再制造；  
夏汉关董事长——汽车零部件精锻成形技术开发应用新进展；  
姜正义教授——Bimetal composites and their applications in mining facility；  
胡卫龙博士——适应未来智能化成形技术仿真本构模型需满足的预测功能；  
王洪新总经理——超大型材轧制成形技术与装备；  
李淑慧教授——高强铝合金短流程高性能热冲压关键技术与研究进展；  
姜军博士——镁合金在冷热加工下的塑性变形和再结晶行为。

(2) 分组学术交流。

**会议注册：**详情请登录分会官网 [www.cstp-cmes.org.cn](http://www.cstp-cmes.org.cn)，点击相关链接或扫描右侧二维码，直接注册。

**相关活动：**年会期间，将举办塑性工程领域新技术、新工艺、新装备展，参展单位报名后可获得 3 m×3 m 的宣传展位 1 个。届时，参展单位也可申请在年会资料袋及年会程序册、《年会论文集》（电子版）、《年会论文摘要集》（纸质版）和年会现场进行企业宣传和产品推介。欢迎有意向的企业、科研院所及高校积极报名参加展览助力大会成功举办。

**联系人：**秦思晓（15201461873，投稿及报名），薛红燕（18810080219，财务咨询），周 林（13811919643，会议展览等）

李佳盈（15711302068，会员咨询），金 红（13911560582，组织协调）

**E-mail：**[duanya@cmes.org](mailto:duanya@cmes.org)；[sxgxcb@263.net](mailto:sxgxcb@263.net)；[fst@263.net](mailto:fst@263.net)



会议注册