

表1 Al-Mg-Si铝合金的化学成分(质量分数/%)

Si	Mg	Bi	Mn	Pb	Cu	Fe	Ti	Zn	Al
0.68	0.70	0.66	0.59	0.34	0.30	0.27	0.029	0.025	余量

表3 不同热处理制度试样的力学性能

时效制度	抗拉强度/MPa	平均抗拉强/MPa	屈服强度/MPa	平均屈服强度/MPa	延伸率(%)	平均延伸(%)
A	312	313	287	289	14.2	15.2
	312		290		15.3	
	315		290		16.1	
B	311	311	287	288	15.1	15.5
	313		288		15.7	
	308		290		15.8	
C	316	314	286	288	14.6	15.1
	313		288		15.2	
	312		289		15.4	
D	327	322	297	303	15.7	13.7
	323		295		12.7	
	316		288		12.6	

1.3 试验方法

拉伸试验采用WAW-B系列微机控制电液伺服万能试验机,按国标要求加工拉伸试样,试验标准执行GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验第1部分:室温试验方法》,测试铝合金的抗拉强度、屈服强度以及延伸率,每个热处理制度下分别加工3个相同的平行试棒,然后取平均值。铝合金的微观组织采用OP-50M型金相显微镜和Jeol JSM-6500 F型扫描电镜下进行组织观察,而透射电镜(TEM)在JEOL JEM-2100HR显微镜在200kV下测定形态。

接头低温冲击性能检验,执行GB/T 229《金属夏比缺口冲击试验方法》和GB/T 12778《金属夏比冲击断口测定方法》标准,而布氏硬度检验采用HB-3000布氏硬度计,每个试样分别测3个点进行取平均值。

2 试验结果与分析

2.1 微观组织

两种均匀化处理后的典型显微结构特征和相分布的光学显微图显示:不同温度下的均匀化处理对金相组织影响并不大,尤其是Al-Fe-Mn-Si相的形貌几乎没有任何变化;不论均匀化处理的温度在540℃还是570℃,深冷处理的试样与未深冷处理的试样,分散体的数量都有所增加,可以证明人工时效前不同处理样品的金属间相和析出相的分布和尺寸是相似的。在均匀化温度较低的样品组,深冷处理会增加组织中额外的析出相;深冷处理对人工时效的分散体变化有明显的调节作用。同时,深冷

处理也可以促进人工时效过程中小型 β 相颗粒的形成,采用深冷处理的 β'' 相密度的增加也是材料收缩和位错密度增加的结果,有效地降低了析出相的形核功 ΔG^* ,而该结论已经被Huang等人在铝合金自然时效过程采用差示扫描量热法验证过。从图中可以看出不同均匀化处理温度对 β'' 和 β' 颗粒的析出没有明显的影响。

2.2 硬度试验

图3为4种不同热处理制度下的布氏硬度图。图3中可以看出,在均质化温度较低的情况下,深冷处理具有较高的硬度(图3中A与B比较),这可能是 β'' 析出较多的结果。然而,对于较高均质化温度的情况(图3中C与D比较),硬度略有增加,这是原因可能在于Mg和Si的消耗,导致析出相的尺寸减小或网状减少。添加较多的合金元素如Fe、Mn、Cr和Zr的额外存在可能会诱导低熔点复杂析出相的形成,并与Al-Si结构相结合,这可能会潜在地改变这些析出相的硬化效果。最近的研究表明,在铝合金的特定合金化过程中,可以形成新的低熔点的Al-Si相,从而有可能改变整个体系的析出动力学。(下转第33页)

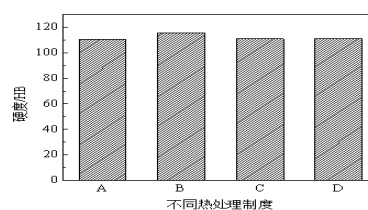


图3 四种样品的布氏硬度图