

航空常用铝合金板料拉伸性能参数及应力—应变曲线拟合

仝朋艳¹,张鹏¹,王永军¹,韩艳彬²,刘波²,郭全庆²

¹西北工业大学;²西安飞机工业(集团)有限责任公司

摘要: 采用标准试样在材料试验机上按照规定的试验方法和程序,通过准静态单向拉伸试验得到航空领域常用 2024、6061、7075 三种规格的铝合金板料不同状态、不同厚度和取向(轧制方向、横向、45°方向)的拉伸性能参数及应力应变数据。选用 Hockett-Sherby 双 Voce 模型,通过最小二乘法拟合未经淬火处理的合金板料的真实应力—真实应变曲线,选取 Swift 模型拟合经淬火处理的合金板料真实应力—应变曲线,得到相应的模型参数。

关键词: 2024,6061,7075 铝合金;准静态拉伸性能参数;应力—应变关系曲线拟合

中图分类号: TG115.5 + 2;TH142.2 **文献标志码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1000-7008.2019.10.009

Tensile Properties and Stress-strain Curve Fitting of Aluminum Alloy Sheets Commonly Used for Aviation

Tong Pengyan, Zhang Peng, Wang Yongjun, Han Yanbin, Liu Bo, Guo Quanqing

Abstract: By using material of 2024, 6061 and 7075 aluminum alloy under different heat treatment states, material thickness and specimen direction, the tensile properties and strain stress curves of three types of aviation commonly are analyzed. The rolling direction (RD), 45° angle to the rolling direction, transverse direction (TD) respectively are gained by the quasi-static uniaxially standard tensile test methods and procedures. Then the true stress-strain curves are converted from engineering stress-strain curves and are fitted with the least square method by the Hockett-Sherby dual Voce model for unquenched aluminum and by the original Swift model for quenched aluminum alloy samples respectively.

Keywords: aluminum alloy 2024, 6061, 7075; quasi-static stretching; tensile properties; stress-strain curves fitting

1 引言

铝合金具有密度低、比强度高、耐腐蚀性强、导热导电性能良好、塑性和加工能力强、成本低等优点^[1,2],是飞机主要的轻型结构材料。大量学者研究了其成形性能及材料性能增强技术,包括对 6061-T6 和 7075-T73 结构铝合金淬火后力学性能进行试验研究^[3],采用多种不同的材料本构关系方程拟合应力应变曲线^[4],研究 7075 铝合金高应变率条件下的本构关系^[5],拟合 2024 和 7075 铝合金高温条件下的本构方程^[6]。航空常用 2024、6061、7075 铝合金板材的拉伸性能试验数据还不健全,有必要

进行相应的试验研究^[5,6],以方便在有限元模拟过程中正确定义材料模型,从而确定应力—应变关系曲线^[7,8]。

本文针对飞机机身常用的三种结构铝合金 2024、6061、7075 板料,通过准静态单向拉伸试验得到了相应板材的基本力学性能参数及其工程应力—应变曲线,编制 MATLAB 程序将工程应力、应变转换为真实应力应变,运用最小二乘法拟合得到材料弹塑性变形阶段的本构关系,为有限元模拟相应的铝合金板材成形过程提供有效的材料模型数据。

2 试验方法

试验采用中航工业西安飞机分公司的铝合金板材,包括:厚度为 1.27mm、2.0mm O 态的 2024 铝合金板材,厚度为 2.0mm 的 O 态 6061 铝合金板材,厚

基金项目:国家自然科学基金(51790171)

收稿日期:2019年3月

[9] 鲍永杰. C/E 复合材料制孔缺陷成因与高效制孔技术 [D]. 大连:大连理工大学,2010.

[10] 文亮,姜丽萍,张烘州,等. 碳纤维增强复合材料单向层合板直角自由切削热特性试验 [J]. 复合材料学报, 2015, 32(5): 1469-1479.

[11] 蔡晓江. 基于复合材料各向异性的切削力热变化规律和表面质量评价试验研究 [D]. 上海:上海交通大学,

2014.

[12] 刘书田,程耿东. 复合材料应力分析的均匀化方法 [J]. 力学学报, 1997, 29(3): 306-313.

第一作者:齐振超,博士,讲师,南京航空航天大学机电学院,210016 南京市

First Author: Qi Zhenchao, Doctor, Lecturer, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

度为 0.635mm, 0.8mm 和 2.0mm 的 O 态 7075 铝合金板材; 厚度为 0.9mm 和 2.0mm 的 T3 态的 2024 铝合金板材, 厚度为 1.27mm, 2.54mm 的 T6 态 6061 铝合金板料, 厚度为 0.508mm, 2.0mm 和 3.0mm 的 T6 态 7075 铝合金板材。各牌号铝合金成分见表 1。

表 1 各牌号铝合金的化学成分 (%)

牌号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
2024	≤0.5	≤0.5	3.8~4.9	0.3~0.9	1.2~1.8
6061	0.4~0.8	≤0.7	0.15~0.40	≤0.15	0.8~1.2
7075	≤0.12	≤0.15	2.0~2.6	≤0.1	1.9~2.6

牌号	Gr	Zn	Ti	Zr	Al
2024	0	≤0.3	≤0.15	0	Bal.
6061	0.04~0.35	≤0.25	≤0.15	0	Bal.
7075	≤0.01	5.7~6.7	≤0.06	0.08~0.15	Bal.

采用线切割方式加工试样, 每种试样材料各加工 9 件, 其中顺着材料轧制方向 (RD)、与材料轧制方向成 45° 夹角方向 (45) 和横向 (TD) 各 3 件, 每个方向需选择一个试件来校正合金不同取向的弹性模量。按照国标《GB6397-86 金属拉伸试验试样》中的试样设计要求, 设计试样尺寸见图 1, 标距为 50mm。

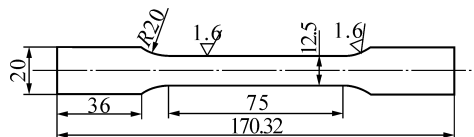


图 1 铝合金静态拉伸试验试样尺寸

室温条件下, 在微机控制的 CSS44100 电子万能试验机上进行准静态单项拉伸试验。试验速度为 1mm/min, 通过试验机自带的自动信号采集系统采集载荷及位移数据, 采集频率为 10Hz, 通过纵向引伸计获取轴向应变, 选用 50mm 引伸计测量应变以及 25mm 引伸计校准试样弹性模量。

3 试验结果与分析

3.1 力学性能参数

在材料万能试验机上可直接测得材料弹性模量、屈服强度、最大拉力和抗拉强度等力学性能参数。通过材料万能试验机自带的数据采集系统, 根据频率记录拉伸过程中的工程应力和工程应变, 试验结束后可以对相应数据进行处理, 得到材料应力—应变曲线。

图 2 至图 4 为单向拉伸试验结束后的断裂试样, 图中断裂试样局部颈缩现象不明显, 与试验得到的应力应变曲线一致, 大部分断口特征呈斜向断裂, 和其他金属拉伸断口相似, 整个试件有明显的伸长。

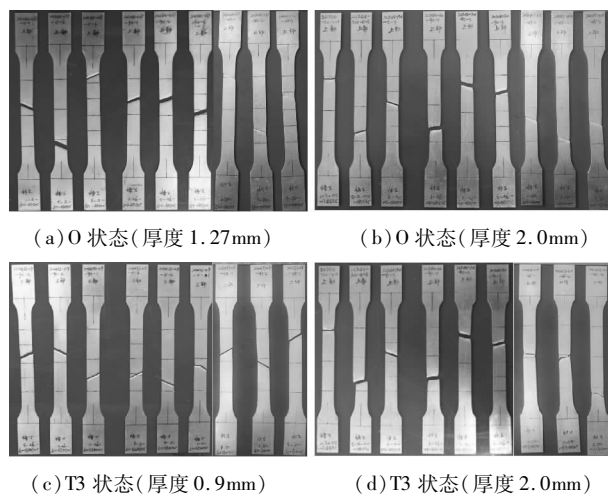


图 2 断裂失效后的 2024 铝合金试样

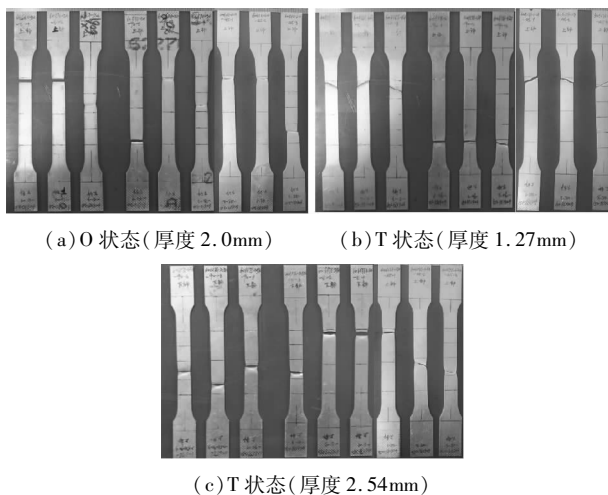


图 3 断裂失效后的 6061 铝合金试样

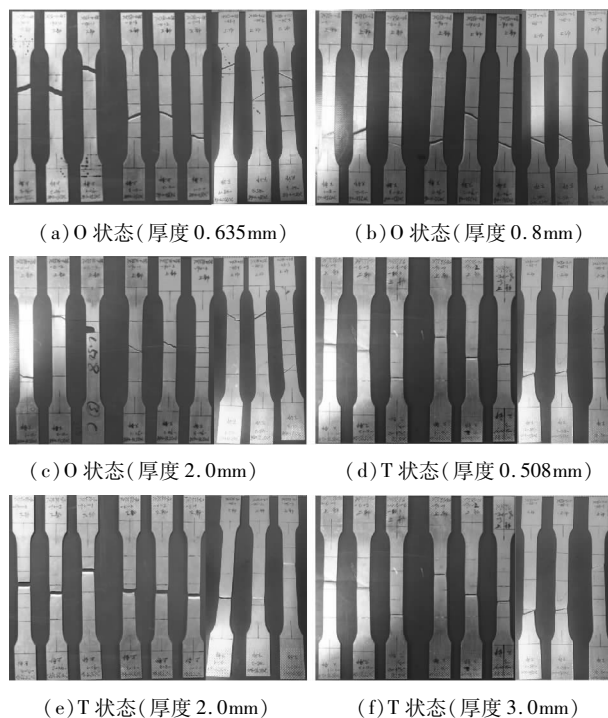


图 4 断裂失效后的 7075 铝合金试样

表 2 为铝合金板材力学性能表,是试验过程中记录的试验结果,其中 RD 代表材料轧制方向,45 代表与材料轧制方向成 45° 夹角方向,TD 代表横向。由表可知,同一牌号状态的铝合金板材其弹性模量、屈服强度和抗拉强度基本相同,且同一牌号状态的铝合金断面收缩率和伸长率随板材厚度的增大而增大。

表 2 铝合金板材力学性能

材料	方向	厚度 (mm)	弹性模量 (GPa)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断面收缩率 (%)	断后收缩率 (%)
2024O	RD	1.27	70.0	103.0	179.1	27.8	21.0
2024O	45	1.27	65.9	88.6	151.5	22.6	20.8
2024O	TD	1.27	68.4	94.9	167.7	26.7	22.0
2024O	RD	2.0	66.2	100.9	173.7	23.7	23.4
2024O	45	2.0	57.9	84.3	165.1	24.0	21.1
2024O	TD	2.0	69.5	86.2	160.9	28.2	21.0
2024T3	RD	0.9	67.5	403.4	449.7	19.5	18.4
2024T3	45	0.9	60.2	377.3	418.4	21.0	19.9
2024T3	TD	0.9	67.5	402.4	440.4	19.4	18.8
2024T3	RD	2.0	68.6	410.5	447.4	20.7	18.0
2024T3	45	2.0	60.6	375.9	414.2	20.4	22.3
2024T3	TD	2.0	69.1	402.9	430.8	24.0	19.6
6061O	RD	2.0	69.5	79.0	124.8	28.1	22.4
6061O	45	2.0	62.4	72.7	117.0	32.0	22.4
6061O	TD	2.0	71.9	79.6	122.6	31.5	23.0
6061T6	RD	1.27	71.2	330.0	358.8	20.3	16.8
6061T6	45	1.27	73.0	267.6	303.2	11.6	20.4
6061T6	TD	1.27	71.7	321.2	354.5	22.1	14.4
6061T6	RD	2.54	72.0	317.1	331.9	19.0	14.0
6061T6	45	2.54	69.7	311.7	320.3	15.0	24.5
6061T6	TD	2.54	73.4	324.8	332.3	20.8	15.4
7075O	RD	0.635	71.1	128.1	212.3	18.2	16.4
7075O	45	0.635	76.4	128.1	196.3	15.6	21.9
7075O	TD	0.635	71.7	128.2	206.3	13.0	10.4
7075O	RD	0.8	69.9	137.8	208.1	28.0	16.6
7075O	45	0.8	19.2	92.5	176.5	18.4	17.5
7075O	TD	0.8	71.0	126.2	197.8	20.4	13.3
7075O	RD	2.0	69.8	117.2	199.4	28.8	21.0
7075O	45	2.0	70.3	102.8	193.9	22.2	21.9
7075O	TD	2.0	72.6	118.9	196.8	23.7	15.6
7075T6	RD	0.508	71.1	514.6	553.0	21.4	14.6
7075T6	45	0.508	70.2	471.9	509.8	14.2	15.2
7075T6	TD	0.508	71.7	512.8	556.1	17.4	13.8
7075T6	RD	2.0	72.8	522.1	549.6	23.0	14.8
7075T6	45	2.0	66.5	506.9	555.4	14.0	25.5
7075T6	TD	2.0	73.0	529.5	545.5	20.5	15.2
7075T6	RD	3.0	69.1	558.6	568.9	19.1	16.4
7075T6	45	3.0	73.7	551.5	570.7	17.6	21.4
7075T6	TD	3.0	69.7	554.6	569.3	21.6	16.6

试验测量得到的应力应变数值仅为工程应力和应变。工程应力和应变一般适用于变形程度较小的情况,当变形程度较大时,工程应变不足以反映实际的变形过程,因而需要采用真实(对数)应变才能得到合理的结果^[9,10]。

若忽略材料在塑性变形时的体积变化,则真实应力 $\bar{\sigma}$ 为

$$\bar{\sigma} = \sigma(1 + \varepsilon) \tag{1}$$

真实应变 $\bar{\varepsilon}$ 为

$$\bar{\varepsilon} = \ln(1 + \varepsilon) \tag{2}$$

式中, σ 为工程应力; ε 为工程应变。

测试数据根据式(1)和式(2)^[9,11,12],编制 MATLAB 程序转换得到三种铝合金板材真实应力与真实应变,将所得真实应力应变通过 Origin 作图软件绘制如图 5 所示的真实应力—应变曲线。

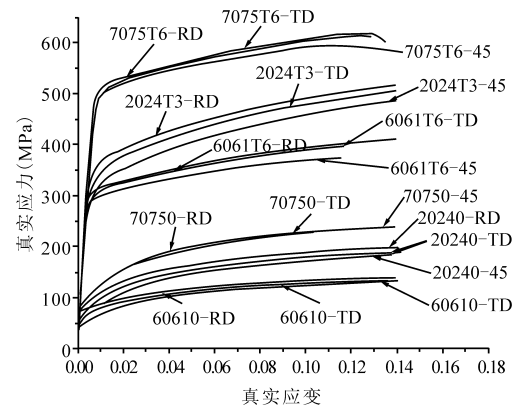


图 5 真实应力—应变曲线

从表 2 和图 5 可知,对于屈服强度和抗拉强度,相同状态 7075 铝合金板材最大,但其塑性最差;2024 铝合金板材中等,塑性和延展性能较好;6061 铝合金板材较低,但延展性最强。

三种规格的铝合金表现出一定程度的各向异性,其中 2024 铝合金在 O 状态和 T 状态下较显著;同种材料固溶处理后的铝合金板材比 O 态各向异性明显;固溶处理后的铝合金板材强度得到明显提升;同牌号状态的铝合金板材 RD 方向力学性能高于 TD 45° 方向力学性能最弱。

3.2 本构关系拟合

本构关系通常指描述材料力学性质的数学关系^[13,14]。航空常用铝合金板材弹塑性本构关系的建立不仅可以提供数字化的直观模型,也可进一步提高后续有限元模拟板料塑性成形的准确性。常用的金属弹塑性本构模型有两种,一种是 Hol-Lomon、Ludwik 和 Ghosh 提出的幂次型,另一种是 Voce 和

表3 O态铝合金真实应力—应变曲线拟合结果

材料	方向	厚度(mm)	材料参数					R^2	χ^2
			σ_0	A_1	A_2	t_1	t_2		
20240	RD	1.27	75.19141	94.62443	59.60832	0.11377	0.01626	0.9983	1.15702
20240	45	1.27	51.85049	55.46757	82.76044	0.01604	0.12767	0.999	0.45276
20240	TD	1.27	60.88096	68.64771	89.91646	0.01665	0.12399	0.99875	0.79554
20240	RD	2.0	78.05346	88.31257	56.10846	0.10963	0.01833	0.99853	1.03934
20240	45	2.0	81.0654	111.23311	154.53122	0.01958	0.1503	0.99926	1.92222
20240	TD	2.0	71.89897	76.78875	57.11746	0.11539	0.01774	0.99877	0.7552
60610	RD	2.0	72.28743	71.20692	25.45217	0.14024	0.01779	0.99951	0.15268
60610	45	2.0	45.10272	79.06096	47.75152	0.18154	0.01831	0.99978	0.0737
60610	TD	2.0	63.44735	74.11138	33.29328	0.16537	0.0192	0.99966	0.09735
70750	RD	0.635	77.19805	112.52588	93.72208	0.0217	0.17441	0.99891	0.97697
70750	45	0.635	72.58291	82.62855	95.23832	0.11708	0.01766	0.99895	0.61164
70750	TD	0.635	78.23507	118.23203	141.93988	0.02182	0.03778	0.9987	0.9282
70750	RD	0.8	81.52241	111.11689	94.2355	0.02197	0.22074	0.99948	0.64698
70750	45	0.8	23.72961	83.87263	78.28178	0.01567	0.06454	0.99855	0.7274
70750	TD	0.8	67.31128	222.05096	117.39088	0.76191	0.02096	0.99841	0.92636
70750	RD	2.0	66.05841	108.53639	83.4604	0.02003	0.13907	0.99944	0.549
70750	45	2.0	69.26668	111.99526	118.92588	0.24932	0.02136	0.99944	0.662
70750	TD	2.0	74.48667	73.08491	81.61461	0.09432	0.01711	0.99868	0.87447

Hockett-Sherby 提出的指数模型^[15-17]。本文分别采用 Hockett-Sherby 双 Voce 模型^[18,19]和原始 Swift 模型^[20,21]对试验所得 O 态和 T 态铝合金板材的真实应力—真实应变曲线进行拟合。

Hockett-Sherby 双 Voce 模型公式为

$$\bar{\sigma} = \sigma_0 + A_1(1 - e^{-\frac{\bar{\epsilon}}{t_1}}) + A_2(1 - e^{-\frac{\bar{\epsilon}}{t_2}}) \quad (3)$$

原始 Swift 模型公式为

$$\bar{\sigma} = K(\bar{\epsilon} + \epsilon_0)^n \quad (4)$$

式中, $\sigma_0, A_1, A_2, t_1, t_2, K, n$ 为材料参数。

常用 2024、6061、7075 航空铝合金在完全退火后获得的最低强度状态即 O 状态下屈服强度难以确定,因而弹性部分难以选取,需要采用整体曲线全拟合,Hockett-Sherby 双 Voce 模型公式常被用来进行整体真实应力—应变曲线的拟合,满足工程要求。

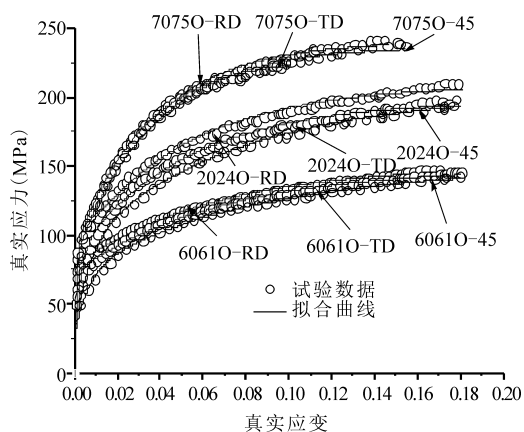


图6 O态铝合金真实应力—应变拟合曲线

图6为O态铝合金真实应力—应变拟合曲线。

表3为采用 Hockett-Sherby 双 Voce 模型公式对试验所得的真实应力—应变曲线在 Origin 软件中的拟合结果,公式中各参数值、残差平方和均记录在表中,并且拟合确定系数皆在 0.99 以上,与试验曲线非常契合,总体拟合效果较好。表3中, R^2 为确定系数; χ^2 为残差平方和。

对于 T3(固溶后自然失效状态)、T6(固溶后人工时效状态)态的 2024、6061、7075 铝合金,可以确定其屈服强度,采用分段表示的方式构建这类铝合金本构方程。在弹性阶段,材料应力—应变之间呈线性相关,可以使用胡克定律构建;进入塑性阶段,应力—应变之间的关系出现变化呈非线性,应变不仅与应力状态有关,而且和变形历史有关,此时可以采用 Swift 模型公式拟合铝合金板材的真实应力—应变曲线,则这类铝合金的本构关系方程为

$$\bar{\sigma} = \begin{cases} E \bar{\epsilon}, & \bar{\epsilon} \leq \epsilon_s \\ K(\bar{\epsilon} + \epsilon_0)^n, & \bar{\epsilon} \geq \epsilon_s \end{cases} \quad (5)$$

式中, E 为材料的弹性模量; ϵ_s 为板材在屈服应变,即真实应力—应变曲线中屈服应力 $\sigma = 0.2$ 时的应变。

在 Origin 作图软件中找出屈服点,确定以材料弹性模量 E 为斜率、通过点 $(0.002, 0)$ 的直线和材料真实应力—应变曲线交点,横坐标对应屈服应变 ϵ_s 。对于 Swift 模型公式中非线性公式的参数,取屈服点之后的数据输入 Origin 软件内进行拟合,可以在屈服点之后的真实应力—真实应变数据输入到 Origin 软件中,编辑 Swift 模型公式进行曲线最小二

表4 T态铝合金真实应力—应变曲线拟合结果

材料	方向	厚度(mm)	材料参数				R^2	X^2
			E	k	N	ε_0		
2024T3	RD	0.9	67.5	708.28437	0.16568	0.00716	0.99784	4.53095
2024T3	45	0.9	60.2	636.58913	0.17992	0.00673	0.99931	1.44267
2024T3	TD	0.9	67.5	709.31447	0.17597	0.00672	0.99851	3.48137
2024T3	RD	2.0	68.6	721.95706	0.17635	0.00702	0.99874	2.77942
2024T3	45	2.0	60.6	697.84159	0.18974	0.00701	0.99911	2.28369
2024T3	TD	2.0	69.1	706.04196	0.18653	0.00634	0.99853	4.00667
6061T6	RD	1.27	71.2	528.84569	0.13175	0.00629	0.99267	6.22225
6061T6	45	1.27	73.0	482.01649	0.1209	0.00585	0.99468	3.21434
6061T6	TD	1.27	71.7	523.00222	0.13134	0.00610	0.99492	3.79968
6061T6	RD	2.54	72.0	452.17028	0.09556	0.00623	0.98481	5.23838
6061T6	45	2.54	69.7	437.79206	0.1012	0.00602	0.99441	1.70361
6061T6	TD	2.54	73.4	456.88966	0.09865	0.00601	0.99569	1.662
7075T6	RD	0.508	71.1	784.25686	0.1139	0.00851	0.99617	4.88069
7075T6	45	0.508	70.2	688.43357	0.11891	0.00782	0.99484	6.66106
7075T6	TD	0.508	71.7	793.78275	0.11662	0.00828	0.99508	6.52421
7075T6	RD	2.0	72.8	760.04726	0.10242	0.00891	0.99554	4.37553
7075T6	45	2.0	66.5	742.97732	0.10731	0.00896	0.99343	6.55369
7075T6	TD	2.0	73.0	765.00363	0.10766	0.00858	0.99415	6.94222
7075T6	RD	3.0	69.1	784.88203	0.10128	0.0096	0.99598	4.3803
7075T6	45	3.0	73.7	819.65035	0.15344	0.00891	0.98744	27.11379
7075T6	TD	3.0	69.7	800.78998	0.10899	0.00902	0.98577	19.66635

乘法拟合。

图7为T态铝合金真实应力—应变拟合曲线。表4为Swift模型公式中的其他参数、确定系数和残差平方和,确定系数皆在0.98以上,除了严重颈缩区域以外,其余部分的拟合曲线与试验值曲线吻合较好。表中, R^2 为确定系数; X^2 为残差平方和。

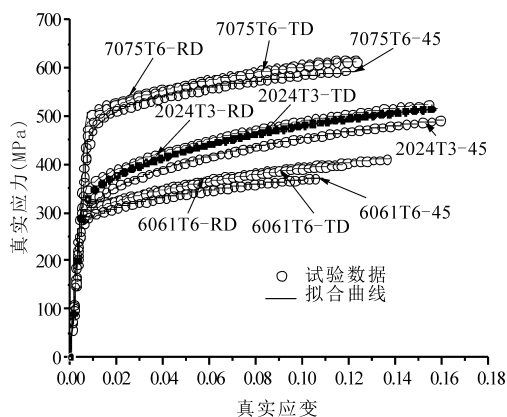


图7 T态铝合金真实应力—应变拟合曲线

4 结语

(1)通过准静态单向拉伸试验,获得了航空常用铝合金板材的拉伸力学性能参数。2024,6061,7075铝合金板材延展性随厚度的增加而增大,结果表明:2024铝合金板材各向异性明显,6061和7075铝合金板材各向异性差别不大。

(2)由准静态拉伸试验测得铝合金板材的工程应力—应变曲线,编制MATLAB程序转换成真实应力—应变曲线,并根据铝合金板材不同热处理后的真实应力—应变曲线特征,采用不同本构关系模型分别对其真实应力—应变曲线进行拟合,建立了航空常用铝合金板材的本构方程,且拟合曲线与试验值曲线吻合较好。

参考文献

- [1]刘兵,彭超群,王日初,等.大飞机用铝合金的研究现状及展望[J].中国有色金属学报,2010,20(9):1705-1715.
- [2]王雷,李玉龙,索涛,等.航空常用铝合金动态拉伸力学性能探究[J].航空材料学报,2013,33(4):71-77.
- [3]Chen Z, Lu J, Liu H, et al. Experimental investigation on the post-fire mechanical properties of structural aluminum alloys 6061-T6 and 7075-T73 [J]. Thin-Walled Structures, 2016, 106:187-200.
- [4]Smith A, Chen Z, Lee J Y, et al. Effective method for fitting complex constitutive equations [J]. International Journal of Plasticity, 2014, 58(5):100-119.
- [5]Liu X L, Liang Hua M A. Mechanical properties and microstructure of 7050 aluminum alloy under dynamic impact [J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2016, 44(7):54-58.
- [6]Mirzadeh H. Simple physically-based constitutive equations for hot deformation of 2024 and 7075 aluminum alloys [J].

- Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2015, 25 (5): 1614 - 1618.
- [7] 朱兴来, 凌祥, 徐彤, 等. 基于液压鼓胀试验确定微试样的材料性能[J]. 塑性工程学报, 2014(3): 116 - 121.
- [8] 尹德友, 孙东继, 王凯, 等. 基于延性准则的 DP800 小圆角拉弯成形开裂判据[J]. 塑性工程学报, 2014(6): 46 - 50.
- [9] Scheider I. Procedure for the determination of true stress-strain curves from tensile tests with rectangular cross-sections [J]. Journal of Engineering Materials & Technology, 2004, 126(1): 70 - 76.
- [10] Quan G Z, Mao Y P, Li G S, et al. A characterization for the dynamic recrystallization kinetics of as-extruded 7075 aluminum alloy based on true stress-strain curves [J]. Computational Materials Science, 2012, 55: 65 - 72.
- [11] 王少辉, 李颖, 翁依柳, 等. 基于棒材拉伸试验确定金属材料真实应力应变关系的研究[J]. 塑性工程学报, 2017, 24(4): 138 - 143.
- [12] 李春雷. 2A12 铝合金本构关系试验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [13] 陈清根, 徐雪峰, 王高潮, 等. 铝合金及不锈钢管材拉伸力学性能研究[J]. 热加工工艺, 2016(8): 118 - 120.
- [14] Zener C, Hollomon J H. Effect of strain rate upon plastic flow of steel [J]. Journal of Applied Physics, 1944, 15(1): 22 - 32.
- [15] Ludwik P. Elemente der technologischen mechanik [M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1909.
- [16] Pham Q T, Lee B H, Park K C, et al. Influence of the post-necking prediction of hardening law on the theoretical forming limit curve of aluminium sheets [J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2018, 140(5): 521 - 536.
- [17] Hockett J E, Sherby O D. Large strain deformation of polycrystalline metals at low homologous temperatures [J]. Journal of the Mechanics & Physics of Solids, 1975, 23 (2): 87 - 98.
- [18] 赵坤民, 范蓉, 王立民, 等. 逆法识别金属板材颈缩阶段应力应变曲线[J]. 塑性工程学报, 2015, 22(6): 161 - 169.
- [19] Swift H W. Plastic instability under plane stress [J]. Journal of the Mechanics & Physics of Solids, 1952, 1(1): 1 - 18.
- [20] Kleemola H J, Nieminen M A. On the strain-hardening parameters of metals [J]. Metallurgical Transactions, 1974, 5 (8): 1863 - 1866.

第一作者: 全朋艳, 硕士研究生, 西北工业大学机电学院, 710072 西安市

First Author: Tong Pengyan, Postgraduate, School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China

通信作者: 王永军, 博士, 副教授, 西北工业大学机电学院, 710072 西安市

Corresponding Author: Wang Yongjun, Doctor, Associate Professor, School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China

《现代刀具设计与应用》征订



《现代刀具设计与应用》由成都工具研究所、行业协会和专业学会及标委会组织高等院校、科研院所、刀具企业和用户企业的 10 余名刀具专家编写, 国防工业出版社出版。本书介绍了近 20 多年来在先进制造技术快速发展过程中切削加工工艺的发展趋势, 全面反映了切削技术和刀具专业所取得的新进展。

全书 600 余页, 大 16 开, 130 余万字, 共 15 章, 分成两篇。第一篇为刀具设计基础, 共 7 章, 介绍金属切削基本原理、刀具材料、刀具几何参数及结构设计、刀具涂层、工具系统及刀具装夹技术和刀具标准等现代刀具设计应用的基础知识; 第二篇为刀具应用技术, 共 8 章, 内容涵盖了为获得最佳加工效果和正确应用刀具的系统专业知识, 包括工件材料可加工性、切削数据库、切削冷却润滑等基础知识以及高速、高效、硬切削、干式切削等切削新工艺, 刀具动平衡和安全技术、加工表面完整性、铣削走刀路线及编程方法和刀具管理等切削刀具专业的新技术。内容翔实新颖, 充分显示了刀具应用技术在现代切削技术中的重要性。

本书可供从事金属切削专业技术工作的工程技术人员、科研人员在开发刀具新产品、应用切削新工艺、提高加工效率、降低加工成本等实际工作中使用, 也可作为高等或中等专业学校机制专业师生的参考书及各类切削技术和刀具培训班的教材。本书对刀具制造企业开展技术创新和提高为用户服务的能力起到积极作用, 为提升我国装备制造业切削加工技术水平具有重要的现实意义。

本书定价 128 元, 欢迎专业工作者及专业图书资料部门订阅, 联系方式:

四川省成都市成华区府青路二段 24 号 工具技术杂志社发行部

电话: 028-83245073

邮箱: toolmagazine@163.com