

影响铝合金固溶保温时间的多因素相关规律^①

曾苏民

(西南铝加工厂, 重庆 401326)

摘 要 提出了确定铝合金固溶保温时间的相关强化技术。该技术充分考虑了影响铝合金性能的诸因素以及这些因素之间的相互影响和相互补偿关系, 克服了传统的由单一厚度因素确定固溶保温时间的局限性。实践证明: 与目前最先进的美国军用标准 MIL-H-6088G 相比, 用该相关强化技术确定固溶保温时间可使产品力学性能提高 10% ~ 40%, 大幅度地提高塑性指标, 减小各向异性, 更有效地控制粗晶和粗晶环。

关键词 固溶热处理 固溶保温时间 相关强化 铝合金

中图法分类号 TG249.9

随着科学技术的发展, 特别是航空航天技术的迅速发展, 对铝合金的质量要求日益严格^[1, 2]。铝合金产品的质量与其固溶温度和固溶保温时间有密切的关系。传统的固溶保温时间的确定主要取决于厚度这单一因素, 没有综合铝合金的其他性质和工艺特点, 具有一定的局限性^[3]。事实上, 固溶热处理的保温时间取决于合金成分、加工方法、显微组织、制品的形状、加热条件、加热介质及装炉量等因素^[4~6]。本文在采用最佳固溶温度的条件下分析了铝合金的最佳固溶保温时间。

1 实验分析

1.1 热透时间及基本保温时间的测定

在规格为 100 mm × 100 mm × 100 mm 的 LD10 试料平面中心, 钻一 d 12 mm × 50 mm 的孔, 将直径 3 mm 的镍铬铠装热电偶插入孔内 50 mm 深处, 与孔紧密接触, 再用硅酸铝棉将孔与热电偶之间的空隙塞紧, 然后将试料装入已加热到 500 °C 的 RYG-30-8 型坩埚盐浴炉内。坩埚大小为 d 400 mm × 570 mm。用另一支热电偶测量金属表面温度。

实验测得各测点温度变化曲线如图 1 所示, 图中曲线 1 为融盐温度, 曲线 2 为金属表面温度, 曲线 3 为金属热透温度。由图可知试料热透时间为 60 min, 单位热透时间 t_0 为 0.6 min/mm, 金属表面加热时间(即基本保温时间 t_c) 为 13 min(盐浴)。

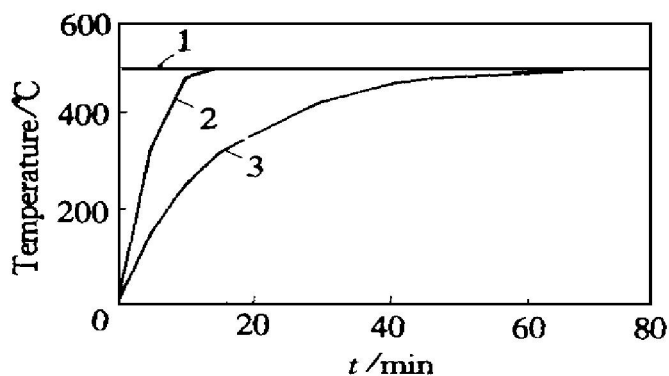


图1 各测点温度变化曲线

Fig. 1 Temperature curves of every test point

用同样的方法, 在 RDX-36-9 型箱式多用途电炉内测得空气的单位热透时间为 1.5 min/mm, 空气金属表面加热时间(即空气基本保温时间) 为 25 min。

1.2 变形系数对固溶保温时间的影响

将 5 种规格分别为 d 60 mm × 60 mm,

① 收稿日期: 1998-11-30; 修回日期: 1999-01-20 曾苏民, 男, 65 岁, 教授级高工

$d\ 60\text{ mm}\times 75\text{ mm}$, $d\ 60\text{ mm}\times 90\text{ mm}$, $d\ 60\text{ mm}\times 105\text{ mm}$ 和 $d\ 60\text{ mm}\times 150\text{ mm}$ 的 LD10 铝合金铸块各 5 个, 用电炉加热到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 在 60 MN 水压机上镦粗到 15 mm 厚, 这样其变形系数分别为 4, 5, 6, 7, 10。在不同变形系数的试料上各切取 5 个 $d\ 8\text{ mm}\times 90\text{ mm}$ 的试样进行固溶热处理。固溶热处理在小盐浴坩埚里进行, 固溶温度均为 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 分别采用 5 种不同的时间。用机械加工方法由锻件制成的制件, 其固溶保温时间由制造该零件的毛坯的最大厚度来确定, 故 $d\ 8\text{ mm}\times 90\text{ mm}$ 试样的固溶保温时间按 15 mm 厚的锻件计算。人工时效在小箱式电炉(空气)内进行, 温度为 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保温时间为 8 h。力学性能试验结果见表 1。

由表 1 可知, 当变形系数为 4, 5, 6, 7 和 10 时, 试样的力学性能达到最佳值的固溶保温时间分别为 65, 60, 55, 50 和 45 min。在减去试样热透时间和基本保温时间后, 变形系数与保温时间几乎成反比。

1.3 合金品种对固溶保温时间的影响

按低合金化、中合金化、高合金化和超合金化的原则, 选取 LD2, LD5, LD10 和 LC4 四种合金, 各将 5 个 $d\ 60\text{ mm}\times 150\text{ mm}$ 的铸块, 用电炉加热到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 在 60 MN 水压机上镦粗到 15 mm 厚, 其变形系数均为 10。再将每种合金各切取 50 个 $d\ 8\text{ mm}\times 90\text{ mm}$ 规格的试样, 分别在小盐浴炉坩埚内进行固溶热处理, 在空

气电炉内进行人工时效处理, 作全面力学性能试验, 实验结果见表 2。

从表 2 可以看出, LD2, LD5, LD10 和 LC4 试样的力学性能达到最佳值的固溶保温时间分别为 35, 40, 45 和 50 min。在减去热透时间和基本保温时间后, 随着合金化的增加, 保温时间也增加。

1.4 固溶保温时间与产品品种间的关系

将 LD10 厚板、锻件和棒材 3 个品种进行如下处理(变形系数全部为 10): 将 400 mm 厚的铸块加热到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 热轧到 40 mm 厚; 将 $d\ 160\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ 的铸块加热到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 镦粗到 40 mm 厚; 将 $d\ 124\text{ mm}\times 500\text{ mm}$ 的铸块加热到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 挤压成 $d\ 40\text{ mm}$ 的棒材。从以上 3 个品种上各切取 60 个 $d\ 8\text{ mm}\times 90\text{ mm}$ 的纵向试样, 置于小盐浴坩埚内进行固溶处理, 固溶温度为 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 每个品种均采用 6 种固溶保温时间。然后进行人工时效处理, 温度为 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保温时间为 8 h, 并做力学性能试验, 结果列入表 3。

从表 3 可以看出, 棒材、锻件和热轧厚棒达到最佳力学性能的固溶保温时间分别为 80, 100 和 100 min。在减去热透时间和基本保温时间后, 各品种之间的保温时间差别较大。

1.5 固溶保温时间与方向性的关系

将规格为 $d\ 120\text{ mm}\times 300\text{ mm}$ 的 LD10 铸块 3 个, 用电炉加热到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 镦粗到 30

表 1 变形系数和固溶保温时间对力学性能的影响

Table 1 Effect of deformation factor and holding time of solution on mechanical properties

Holding time/min	$\lambda=4$			$\lambda=5$			$\lambda=6$			$\lambda=7$			$\lambda=10$		
	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%
35													418	382	7.5
40										413	376	7.1	445	409	9.1
45							409	371	6.8	439	403	8.6	482	451	10.8
50				407	369	6.5	434	398	8.2	471	438	10.3	481	449	10.9
55	405	367	6.3	431	395	8.1	466	432	9.8	470	437	10.4	480	448	11
60	428	391	7.9	461	429	9.5	465	431	9.9	469	436	10.5			
65	456	423	9.2	459	427	9.6	464	429	10.1						
70	455	421	9.3	458	426	9.7									
75	454	419	9.4												
GBn 223—B4	412	—	8	412		8	412		8	412		8	412		8

表 2 力学性能与合金化、固溶保温时间的关系

Table 2 Relationship between mechanical properties and alloying, holding time of solution

Holding time/min	LD2			LD5			LD10			LC4		
	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%
25	278	241	10.1									
30	307	282	11.3	365	332	6.1						
35	339	305	13.6	391	363	7.9	416	379	5.9			
40	338	303	13.7	423	394	10.8	443	407	7.8	512	476	4.6
45	337	301	13.7	422	391	10.9	479	441	10.7	545	516	5.7
50				421	389	11	478	439	10.8	579	545	7.4
55							477	436	10.9	578	543	7.5
60										577	541	7.6
GBn 223—B4	274	—	11	363	—	8	412	—	8	510	422	6

表 3 力学性能与产品品种、固溶保温时间的关系

Table 3 Relationship between mechanical properties and products, holding time of solution

Holding time/min	Bar stock			Forging			Hot rolling thick plate		
	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%
70	453	418	8.2						
75	478	447	9.9						
80	502	471	11.3						
85	501	468	11.4	415	386	6.7	436	349	4.1
90	500	466	11.5	431	403	7.6	451	362	4.6
95	499	464	11.6	452	426	8.8	472	388	5.4
100				476	449	10.7	497	421	6.3
105				475	447	10.8	496	419	6.4
110				474	445	10.9	495	416	6.5
GB 3191—82	451	—	10		—	8			
GBn 223—84				412	—	8			
GB 3193—82							432	343	5

mm, 变形系数为 10。取纵、横向试样 d 8 mm $\times$ 90 mm 的各 60 个, 取 d 6 mm $\times$ 30 mm 的高向试样 60 个。各试样在小盐浴坩埚内进行固溶热处理, 热处理温度为 500 $^{\circ}$ C, 保温时间分别为 6 种不同的时间; 人工时效温度为 155 $^{\circ}$ C, 保温时间为 8 h, 并做力学性能试验。

从表 4 中的试验数据可以看出, LD10 合金的纵、横、高向获得最佳力学性能所需要的固溶保温时间分别是 80, 90, 100 min。

1.6 晶粒度系数与固溶保温时间的关系

1.6.1 粗晶

将规格为 d 160 mm $\times$ 400 mm 的 LD2 铝合

金铸块 1 个, 加热到 450 $^{\circ}$ C 后, 镗粗到 40 mm, 并切取 60 个 25 mm $\times$ 40 mm $\times$ 60 mm 的低倍试片。将试片进行固溶热处理, 温度为 500 $^{\circ}$ C, 6 种保温时间; 再进行人工时效处理, 温度为 160 $^{\circ}$ C, 保温时间为 8 h。力学性能试验和低倍金相检查(轻腐蚀后)的结果见表 5。

由表 5 可知, 要求粗晶小于 3 mm 时, 最佳固溶保温时间为 80 min; 不要求粗晶的锻件, 最佳固溶保温时间为 100 min。

1.6.2 粗晶环

将规格为 d 124 mm $\times$ 500 mm 的 LD2 铝合金铸块 1 个, 在电炉内加热到 450 $^{\circ}$ C, 挤压出

表 4 各方向上力学性能与固溶保温时间的关系

Table 4 Relationship between holding time of solution and mechanical properties in different directions

Holding time / min	Vertical properties			Horizontal properties			Altitude properties		
	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2}$ / MPa	δ_5 / %	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2}$ / MPa	δ_5 / %	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2}$ / MPa	δ_5 / %
70	415	378	5.8						
75	441	406	7.8	356	323	3.1			
80	477	439	10.6	378	349	3.5			
85	476	437	10.7	399	361	3.9	338	312	2.1
90	475	435	10.8	428	392	4.8	357	331	2.4
95	474	433	10.8	427	391	4.9	381	356	2.8
100				426	389	5.0	402	375	3.9
105							401	373	4.0
110							399	371	4.1
GBn 223—84	412	—	8	353	—	4	333	—	3

表 5 力学性能与固溶保温时间的关系(粗晶)

Table 5 Relationship between mechanical properties and holding time (coarse grains)

Holding time / min	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2}$ / MPa	δ_5 / %	Grain size / mm
60	271	238	9.6	None
70	282	251	10.8	1.3
80	299	268	11.9	2.5
90	321	286	12.8	3.2
100	346	319	14.3	4.1
110	345	317	14.4	5.3
GBn 223—84	274	—	11	< 3

表 6 力学性能与固溶保温时间的关系(粗晶环)

Table 6 Relationship between mechanical properties and holding time of solution (coarse grain annulus(CGR))

Holding time / min	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2}$	δ / %	CGR / mm
20	295	261	10.5	1.2
30	321	288	11.8	2.8
40	349	312	13.1	4.3
50	372	343	14.5	5.6
60	398	367	16.2	6.8
70	397	365	16.3	8.1
GBn 223—84	294	—	12	< 5

d 40 mm 的棒材, 并切取 d 8 mm $\times$ 90 mm 的纵向试样和 25 mm 厚的低倍试片各 60 个。在小盐浴坩埚内进行固溶热处理, 温度为 520 ℃, 保温时间为 6 种。再进行人工时效处理, 温度为 160 ℃。力学试验和低倍粗晶环检查(轻腐蚀后)的结果见表 6。

由表 6 可知, 粗晶环小于 5 mm 的最佳固溶保温时间为 40 min; 不要求粗晶环的最佳固溶保温时间为 60 min。故有粗晶环要求的挤压产品, 应适当缩短固溶保温时间。

2 铝合金相关强化新技术

2.1 固溶保温时间计算新公式

基于文献[7, 8] 提出的有关铝合金淬火时效原理和多年生产实践经验及试验得出的确定固溶保温时间的计算公式(1), 可以较准确地确定符合铝合金加工特点的固溶保温时间, 使产品力学性能得到全面提高。

$$t = (t_0 + t_1 E)H + t_c \tag{1}$$

$$E = \frac{L + A + W + V + G + D + N}{K} \tag{2}$$

2.2 热透时间 t_0 与基本保温时间 t_c

由前述试验可知, 铝合金用盐浴炉和空气炉加热时, 热透速度 t_0 分别为 0.6 min/mm 和 1.5 min/mm, 基本保温时间 t_c 分别为 13 min 和 25 min。

2.3 公称固溶时间 t_1

铝合金产品经过充分变形后($\lambda > 10$), 在最佳固溶温度下, 采用通用的公称固溶时间可使产品的纵向力学性能达到技术标准的要求, 但不能满足特殊的组织性能要求, 通过试验公称固溶时间 t_1 为 1 min/mm。

2.4 产品最大厚度 H

厚度最大的部位的变形系数较薄的部位小, 固溶速度就慢, 需热透时间便长得多, 因此为保证产品整体完全固溶, 总的固溶保温时间应取得长一些。

2.5 相关强化系数 E

由式(2)知, 相关强化系数 E 与铸锭冶金质量系数 I 、合金化系数 A 、力学性能方向系数 W 、品种系数 V 、晶粒度系数 G 、状态系数 D 、时效类别系数 N 成正比, 与变形系数 λ 和变形补偿系数 K 成反比。

2.5.1 铸锭冶金质量系数 I

铸锭冶金质量对铝合金产品的力学性能影响很大, 尤其是高向塑性指标。铸锭冶金质量较差者应延长保温时间, 使铸锭成分均匀化, 消除内应力, 弥合一些微小缺陷。铸锭冶金质量达到以下4条标准时, 即: (1) 铝合金铸锭含氢量达到每 100 g Al 小于 0.15 mL; (2) 铸锭经氧化膜检查达到 1 级标准; (3) 铸锭低倍检查疏松为 1 级; (4) 均匀化处理, I 取 1。铸锭冶金质量达不到上述4条标准时, I 取 1.2。

2.5.2 合金化系数 A

铝合金强化元素越多, 强化相越多, 原子的固溶扩散越困难, 所以取合金化系数以考虑合金中强化元素的影响^[9, 10]。试验证明合金化系数按如下方法选取时, 所确定的固溶保温时间可使铝合金的力学性能最佳: (1) 强化元素之和小于 3% 时, A 取 3.0; (2) 强化元素之和为 3%~6% 时, A 取 3.3; (3) 强化元素之和为 6.1%~9% 时, A 取 3.6; (4) 强化元素之和大于 9% 时, A 取 4。

2.5.3 力学性能方向系数 W

变形铝合金半成品的性能明显地取决于纤维方向和再结晶程度, 半成品纵向性能高, 横向性能较低, 而高向性能最低。固溶热处理

中, 基本固溶就可以得到较高的纵向性能, 尤其是挤压产品具有挤压效应, 纵向性能更高; 如要提高横向性能, 需要较长的固溶保温时间, 因为不但需要充分固溶, 而且要完全再结晶消除部分异向性; 如要提高高向性能, 则需要更长的固溶保温时间, 使再结晶更加完全。通过试验将力学性能方向系数分为3种: (1) 纵向为 1.0; (2) 横向为 2.0; (3) 高向为 3.0。因此力学性能各向异性要求不同时, 固溶保温时间应不同。

2.5.4 品种系数 V

不同铝合金品种在固溶热处理过程中, 强化元素溶解到固溶体中的速度不一样, 因此固溶保温时间应不一样。生产实践表明, 铝合金品种系数按下述方法取值较为合理: (1) 铸件取 4; (2) 锻件、模锻件、热轧厚板取 2.8; (3) 冷轧板材取 1.6; (4) 包铝板材、挤压材取 1.4。

2.5.5 晶粒度系数 G

产品变形过程中, 变形率大的部位储能较多, 加热时储能的释放使局部产生聚合再结晶, 形成了产品粗晶环。固溶保温时间的延长会加深粗晶环, 因此在保证固溶效果的前提下, 对于不同晶粒度要求的产品, 固溶保温时间应区别对待。生产实践表明, 晶粒度系数按下述方法取值较为合理: (1) 对晶粒度没有要求的产品取 1; (2) 要求细晶的产品取 0.7; (3) 要求粗晶环小于 5 mm 的产品取 0.3。

2.5.6 状态系数 D

固溶热处理前, 产品的状态对固溶保温时间的长短有一定的影响, 如经过退火的产品, 强化相基本析出了, 强化元素重新固溶进 Al 基体中, 需要固溶保温的时间就要长一些; 冷变形的产品, 晶粒破碎得更加充分, 变形中的储能及细小的晶粒都有利于原子的扩散, 因而强化元素溶入 α 固溶体的速度快, 需要固溶、再结晶的时间就短。试验和生产表明, 比较合理的状态系数如下: (1) 材料为退火材料时, D 取 1.1; (2) 材料为热变形材料时, D 取 1.0; (3) 材料为冷变形材料时, D 取 0.9。

2.5.7 时效类别系数 N

如采用人工时效, 沉淀强化效果大, 屈服极限成倍地提高, 故适当延长固溶保温时间可以提高塑性指标; 如采用自然时效, 屈服极限提高得较少, 过长的保温时间会使再结晶过于充分, 最终产品的屈服极限会偏低^[11]。生产实践表明, 时效系数按如下方法考虑时能取得比较好的效果: (1) 采用人工时效时, N 取 1; (2) 采用自然时效时, N 取 0.9。

2.5.8 变形系数 λ

变形系数越大晶粒破碎越严重, 吸收储能越多, 固溶保温时都能使强化相溶入 α 固溶体的速度加快, 同时变形储能还可提高再结晶速度, 从而缩短保温时间。生产实践表明, 变形系数与固溶保温时间几乎成反比, 但变形系数 λ 大于 10 时, 由于产品晶粒已得到了充分破碎, 为完全的变形组织, 因此变形系数大于 10 时, 都取 10。

2.5.9 变形补偿系数 K

变形补偿系数主要是补偿不同变形方式的系数, 变形方式为铸造、热变形、冷变形时, K 分别取 1, 1.2, 1.5。变形系数小于 10 时, 每减少 1, 变形补偿系数加 0.1。

3 相关强化新技术的应用效果

生产实践中, 对采用上述相关强化技术确定固溶保温时间的方法与美国 MIL-H-6088G 规定的固溶热处理工艺进行了比较, 结果表明, 前种确定方法效果更好。

按美国 MIL-H-6088G 规定的工艺和相关强化新技术工艺加工的美国卫星座的 LD10CS 大型三角环(其厚度为 127 mm, 变形系数为 11, 合金化较高, 要求三向性能相当均匀, 淬火残余内应力极小等)的力学性能如表 7 所示。由表 7 可知, 该新工艺使力学性能提高了 10%~40%, 高向和横向的力学性能所提高的幅度比纵向的大得多, 塑性指标比强度指标提高的幅度更大, 因而减小了各向异性。

按美国 MIL-H-6088G 规定的工艺和相关强化工艺加工空心大梁型材 LD2CS(壁厚 24

mm, 挤压系数为 26, 合金化低(1%), 要求内外表面的粗晶环分别为 ≤ 2 mm 和 ≤ 5 mm)。用 MIL-H-6088G 规定的工艺时, 粗晶环严重(外表面 5~8 mm, 内表面为 3~5 mm), 但采用相关强化工艺时, 粗晶环合格(外表面 3~5 mm, 内表面为 1~2 mm), 如图 2 和图 3 所示。

采用 MIL-H-6088G 规定的工艺和相关强化新技术工艺加工铝合金 7075 厚板(该产品合

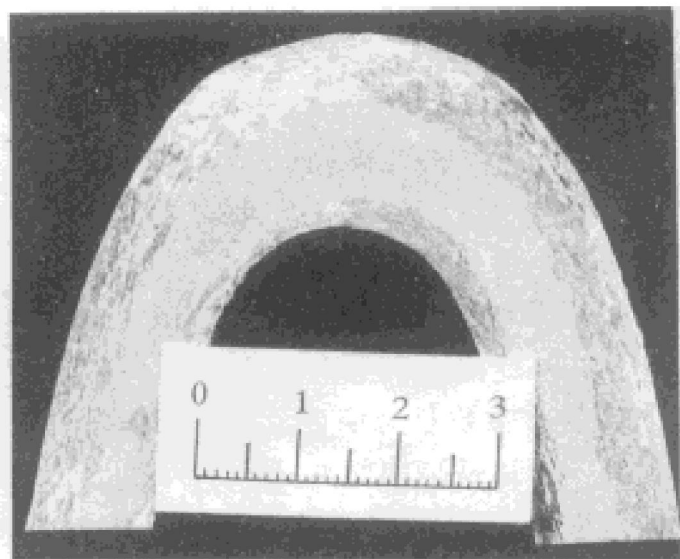


图 2 MIL-H-6088G 工艺生产的铝坯

Fig. 2 Aluminium billet fabricated by MIL-H-6088G process

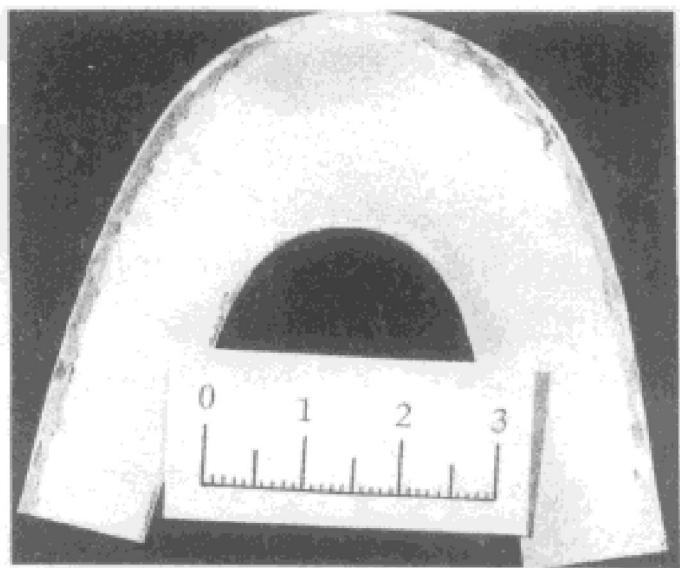


图 3 相关强化工艺生产的铝坯

Fig. 3 Aluminium billet fabricated by related strengthening process

表 7 LD10CS 大型三角环力学性能对照表

Table 1 Comparison of mechanical properties of LD10CS big triangle ring

	MIL-H-6088G treating process			Related strengthening treating process		
	Vertical	Horizontal	Altitude	Vertical	Horizontal	Altitude
σ_b /MPa	398	374	350	492	475	456
$\sigma_{0.2}$ /MPa	375	348	324	474	457	438
δ /%	8	4	2	11	6	4

金化高, 变形系数变化大, 横向性能要求高), 两种工艺规定的固溶保温时间如图 4 所示。使用两种工艺生产的产品力学性能指标 σ_b , $\sigma_{0.2}$, δ 分别如图 5、图 6 和图 7 所示。

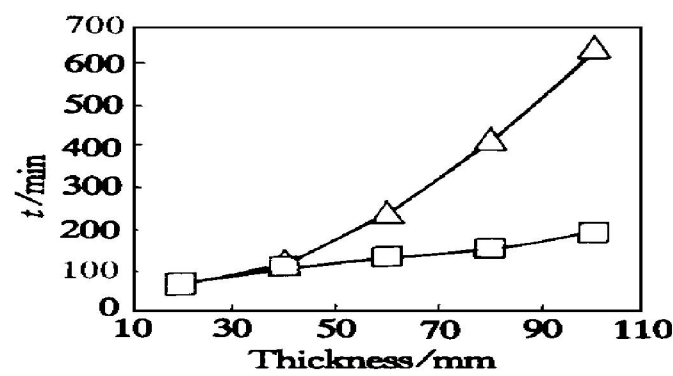


图 4 采用不同工艺时, 固溶保温时间与厚度的关系

Fig. 4 Relationships between solution holding time and thickness for different processes
△ —Related strengthening treating process
□ —MIL-H-6088G treating process

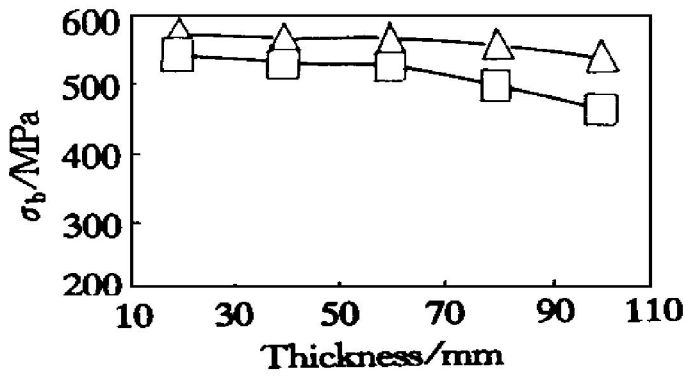


图 5 采用不同工艺时, 抗拉强度 σ_b 与厚度的关系
Fig. 5 Relationships between ultimate strength and thickness for different processes
△ —Related strengthening treating process
□ —MIL-H-6088G treating process

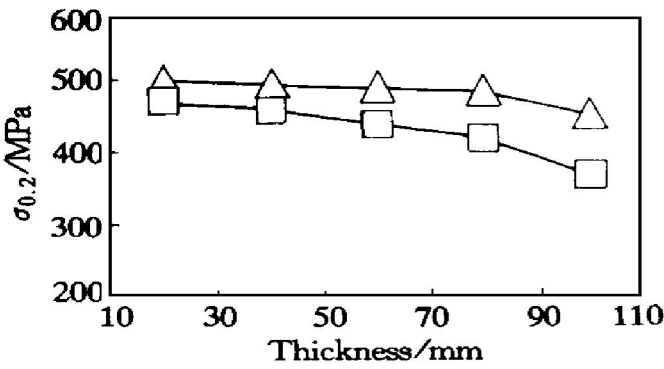


图 6 采用不同工艺时, 屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 与厚度的关系
Fig. 6 Relationships between yield strength and thickness for different processes
△ —Related strengthening treating process
□ —MIL-H-6088G treating process

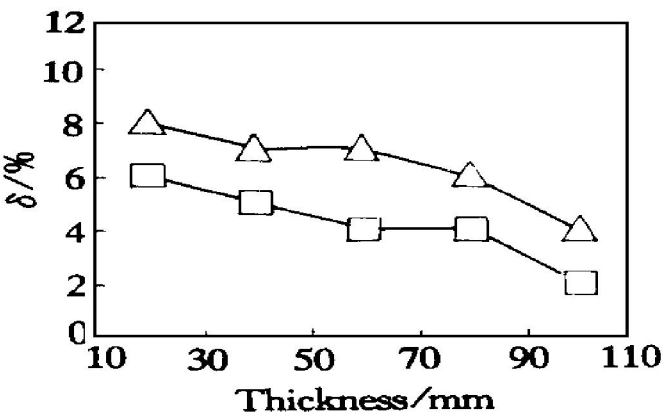


图 7 采用不同工艺时, 延伸率 δ 与厚度的关系
Fig. 7 Relationships between elongation and thickness for different processes
△ —Related strengthening treating process
□ —MIL-H-6088G treating process

REFERENCES

1 Shin Har-cheng, Ho New-jin. Metall Mater Trans A, 1996, 27A: 2479.
2 Navy-AS. MIL-H-6088 American Military Standard,

- Aluminium Alloy Heat Treatment, N95GP-009. 1981.
- 3 Liu Jing'an (刘静安) and Dai Lingbao (戴玲宝). Aluminium Properties and Physical Metallurgy (铝的性能及物理冶金). Chongqing: Science and Technology Document Press Chongqing Branch, 1990: 80.
- 4 Liu Cunyu (刘存玉) and Mo Liling (莫丽玲). Light Alloy Fabrication Technology (轻合金加工技术), 1993, (10): 26.
- 5 Reynold A P and Royster D M. Scripta Metall Mater, 1994, 30: 1485.
- 6 Kazanjian S M and Wang Ning. Mater Sci Eng, 1997, A234: 571.
- 7 Oguocha I N A and Yannacoplos S. J Mater Sci, 1996, 31: 5615.
- 8 Shercliff H R and Ashby M F. Acta Metall Mater, 1990, 38(10): 1789.
- 9 Wang Zhutang (王祝堂) and Tian Rongzhang (田荣璋). Aluminium Alloy & Aluminium Alloy Process Manual (铝合金及加工手册). Changsha: Central South University of Technology Press, 1989.
- 10 Liu Jing'an (刘静安) and Long Jinhua (龙金华). Aluminium Fabrication (铝加工), 1988, (3): 7.
- 11 Wang Kuimin (王奎民). Light Alloy Fabrication Technology (轻合金加工技术), 1985, (11): 23.

DISCIPLINES OF MULTIPLE FACTORS AFFECTING SOLUTION TREATING OF ALUMINUM ALLOY

Zeng Sumin

Southwestern Aluminium Fabrication Plant, Chongqing 401326, P. R. China

ABSTRACT A multiple-factor related strengthening technology on aluminum alloy solution treating is put forward. It has fully considered various factors which influence the properties of aluminum alloy, as well as the interaction and inter-compensation among them. It eliminates the one-sidedness of the traditional method which determines the holding time of solution only by the thickness. Compared to the American Military Standard MIL-H-6088G which is considered as the most advanced one by now, the multiple-factor related strengthening technology can improve the mechanical properties of aluminum alloy products by 10 to 40 percent, improve the plastic index obviously, reduce the anisotropy, and control the coarse grain and the coarse grain annulus effectively.

Key words solution treating solution holding time related strengthening aluminum alloy

(编辑 袁赛前)