



Структура, свойства и термообработка горячекатаных листов из высокопрочного сплава 1973

О.Г. Сенаторова

А.Г. Вовнянко

Л.Г. Березин

Н.А. Рязанова

М.В. Самарина

И.П. Жегина

В.С. Сандлер

Е.Н. Старова

Ю.И. Быков

Январь 1990

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем 30 научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в 4 филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

Статья подготовлена для опубликования в
сборнике «Металловедение и технология легких сплавов», 1990 г.

Электронная версия доступна по адресу: www.viam.ru/public

Структура, свойства и термообработка горячекатаных листов из высокопрочного сплава 1973

О.Г. Сенаторова, А.Г. Вовнянко, Л.Г. Березин,
Н.А. Рязанова, М.В. Самарина, И.П. Жегина,
В.С. Сандлер, Е.Н. Старова, Ю.И. Быков

Сплав 1973 системы Al–Zn–Mg–Cu отличается от сплавов В95пч, В95оч несколько повышенным содержанием цинка и меди и добавкой циркония вместо совместных добавок марганца и хрома (табл. 1).

Таблица 1.

Химический состав сплавов, %

Сплав		Zn	Mg	Cu	Zr	Ti	Fe	Si	Mn	Cr
1973	Исследованные партии	6,4; 5,9	2,7; 2,2	2,0; 1,79	0,13; 0,07	0,05; 0,03	0,16; 0,1	0,05; 0,02	0,08; 0,005	0,05; 0,01
	ОСТ	5,5–6,7	2,0–2,6	1,4–2,2	0,08– 0,16	0,02– 0,07	≤0,15	≤0,1	≤0,1	≤0,05
В95пч	ОСТ	5,0–6,5	1,8–2,8	1,4–2,0	–	≤0,05	0,05– 0,25	≤0,1	0,2–0,6	0,1– 0,25

Впервые в мировой практике цирконий был введен в советские самые прочные сплавы В96ц, В96ц1, В96ц3, которые давно и успешно используются в различных областях техники [1, 2]. В высокопрочных сплавах данного типа цирконий оказывает в основном следующие положительные воздействия по сравнению с добавками марганца и хрома: 1) повышает прокаливаемость, поэтому из сплава 1973 прежде всего были изготовлены массивные полуфабрикаты (плиты, панели, штамповки [3]; зарубежные аналоги – сплавы 7050, 7010 – поковки, штамповки, плиты [4]); 2) является наиболее сильным антирекристаллизатором; 3) обеспечивает несколько большую пластичность.

С целью повышения весовой эффективности самолетных и других конструкций представляет определенный интерес исследование сплава 1973 применительно к горячекатаным неплакированным листам. Листы габаритами 9×1500×7000 мм и 7×800×7000 мм были получены в промышленных условиях в основном по технологии, принятой для

полуфабрикатов из сплава В95пч. Слитки гомогенизировали при 460°C, 24 ч, листы закаливали от 465±5°C, выдержка 40 мин, правка растяжением с остаточной деформацией 1,7–2,0%.

Добавка циркония в сочетании с повышенной температурой прокатки обеспечили сохранение в листах преимущественно нерекристаллизованной структуры (субзеренной) (рис. 1) в отличие от листов из сплава В95 с преимущественно более крупнозернистой структурой (табл. 2). Размеры субзерен и мелких рекристаллизованных зерен часто сопоставимы.

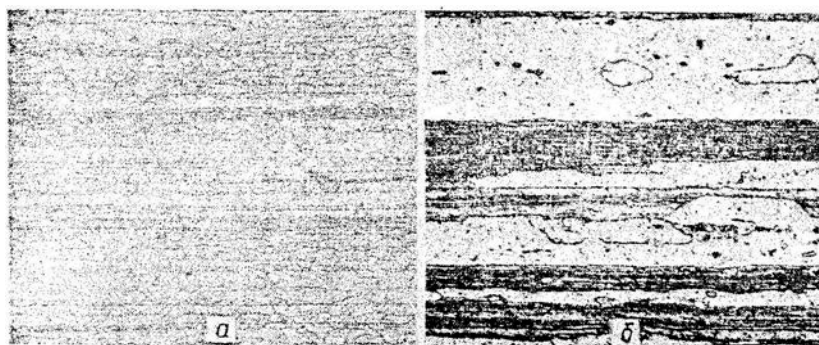


Рисунок 1. Субзеренная и зеренная структура (×400) горячекатаных листов из сплавов 1973 (а), В95пч, В95оч (б). Травление в концентрированной HNO₃

Таблица 2.

Характеристики зеренной структуры листов

Сплав	Средний размер рекристаллизованного зерна*, мкм			Объем рекристаллизованных зерен V, %	
	толщина	длина	ширина	в центре	на поверхности
1973	5–20	20–100	10–50	20	40
В95пч	15–25	$\frac{300-1000}{200-500}$	$\frac{130-200}{100-180}$	60	100

* В числителе – в центральной, в знаменателе – поверхностной зонах листа.

Дополнительное легирование основными элементами Zn и Cu и получение структурного эффекта от добавки Zr способствуют росту прочности листов из сплава 1973 по сравнению с полуфабрикатами из сплава В95пч на 10–15% (табл. 3). Листы из сплава 1973 имеют также существенное преимущество по сопротивлению малоцикловой усталости. Характеристики трещиностойкости листов из сплавов 1973 и В95пч близки.

Таблица 3.

Механические и коррозионные свойства горячекатаных
неплакированных листов толщиной 6–10 мм

Сплав	Документация	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_5 , %	K_c^y , ($B=500$ мм) МПа/м ^{1/2}	МЦУ, кцикл ($\sigma_{max}=160$ МПа)	$\frac{d2l}{dN}$, мм/кцикл $\Delta K=100$ МПа/мм ^{1/2}	РСК, балл
		МПа						
1973Т2	Исследованные листы	555– 570	500– 530	10– 13,5	1142,4– 1389,0	<u>200–500</u> 340	17,3–25,6	5–6
	Серийные листы	510– 540	450– 480	10– 12	1126,4– 1363	<u>80–310</u> 156	16,3–25,6	1–5
В95пчТ2	ОСТ	500– 580	430– 510	≥ 8	–	–	–	≤ 5

Фрактографический анализ образца после определения удельной работы разрушения $a_{т.у.}$ показал, что поверхности разрушения имеют направленный характер в соответствии с типом зеренной структуры. Доля ямочного рельефа меньше, чем в листах из сплава В95пч (рис. 2).

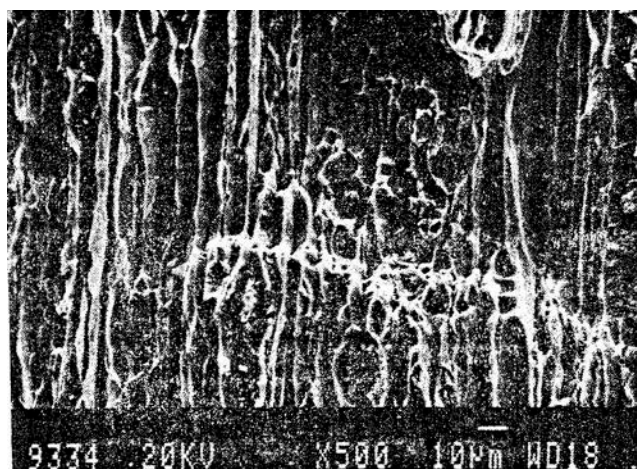


Рисунок 2. Фрактограмма ($\times 500$) образцов с трещиной из листов 1973Т2, разрушенных при ударном изгибе ($a_{т.у.}$)

Для обеспечения достаточной коррозионной стойкости листы подвергали искусственному старению по двухступенчатому режиму Т2: 115°C, 5 ч + 165°C, 10–12 ч. По данным электронно-микроскопического исследования, характер распада твердого раствора после такого старения типичен для состояния Т2: довольно крупные выделения (до 300 Å) упрочняющей полукоргерентной фазы М' [(MgCu)Zn₂], приграничная зона, свободная от

выделений, шириной до 600 Å (рис. 3). Частицы дисперсоидов $ZrAl_3$, которые полукогерентны с матрицей, трудноотличимы от упрочняющей фазы M' .

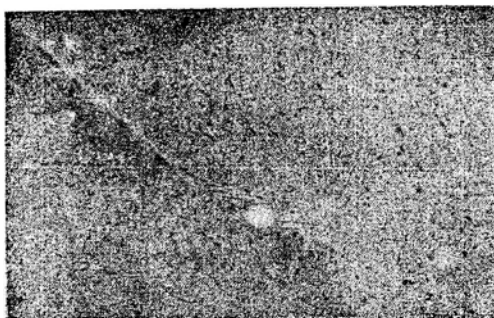


Рисунок 3. Структура распада твердого раствора в листах 1973 после старения по режиму T2, $\times 33500$

Установлено также, что листы не подвержены коррозионному растрескиванию и имеют несколько большую склонность к расслаивающей коррозии (5–6 балл), чем листы В95пчТ2 (типичные значения – 3–5 балл).

Таким образом, исходя из совокупности свойств (увеличенная прочность и сопротивление малоцикловой усталости при достаточно высоком уровне характеристик трещиностойкости и коррозионной стойкости), возможно эффективное применение горячекатаных неплакированных листов 1973Т2 для силовых деталей самолетных конструкций взамен листов В95пчТ2.

Список литературы:

1. Алюминиевые сплавы. Справочник. Промышленные алюминиевые сплавы. Под ред. Ф.И. Квасова, И.Н. Фридляндера, 2-е изд. – М.: Металлургия, 1984, 528 с.
2. История металлургии легких сплавов в СССР. 1945–1987 гг. – М.: Наука, 1988, с. 24–45.
3. Дриц А.М., Шнейдер Г.Л., Вовнянко А.Г., Рудой А.В. Изв. АН СССР. Металлы, 1986, №6, с. 149–152.
4. Aluminium Standards and Data, AA, USA. 1986, 212 p.