



Алюминиевые сплавы для радиаторов

О.Е. Грушко

Август 2006

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 журнале «Все материалы. Энциклопедический справочник», № 2, 2007 г.

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

Алюминиевые сплавы для радиаторов

О.Е. Грушко

Всероссийский институт авиационных материалов

До начала 80-х годов радиаторы для пассажирских и грузовых автомобилей делали из меди и латуни. Сейчас алюминиевые сплавы заметно оттеснили эти традиционные материалы, применяемые для изготовления теплообменников, в том числе и для автомобильных радиаторов: в мире более 60% автомобилей имеют паяные алюминиевые радиаторы.

Алюминиевые радиаторы широко распространены в США. Например, их доля на автомобилях, выпускаемых концерном «Ford Motor», составляет 90%. Отделение «Harrison» концерна «General Motors» поставляет все виды радиаторов, из них на долю алюминиевых приходится более 80%. Представители фирмы считают, что радиаторы из алюминия легче, имеют длительный срок службы и дешевле медных.

В Европе доля алюминиевых радиаторов, по оценке разных специалистов, составляет 87–90%. Немецкая фирма «Audi» была первой, кто в 1981 г. выпустил автомобили с алюминиевыми радиаторами. Сейчас все автомобили этой фирмы имеют алюминиевые радиаторы. Крупнейшим европейским производителем алюминиевых листов для пайки радиаторов, кондиционеров, обогревателей является предприятие «Hoogovens Aluminium Walzprodukte» (HAW) в г. Кобленц.

Японские автомобилестроители отстают в использовании алюминиевых радиаторов.

Корейское отделение фирмы «Hundai» все автомобили выпускает с паяными алюминиевыми радиаторами.

В автомобилях «Газель», выпускаемых ГАЗ, радиатор отопления кабины – полносборная конструкция из алюминиевого сплава. Радиаторы собирают из трубного пакета на оборудовании итальянской фирмы «Джефит».

Использовать алюминий вместо меди и латуни позволяют специфические свойства алюминия: хорошая теплопроводность, долговечность, прочность, коррозионная стойкость. По коррозионной стойкости алюминиевые паяные радиаторы многократно превосходят медно-латунные. Проведенные сравнительные коррозионные испытания в солянокислой смеси (SAAA) показали, что на трубчатых медно-латунных радиаторах сквозные отверстия обнаруживаются через 72 ч испытаний, а алюминиевые паяные радиаторы даже через 1000 ч течи не дают. Более того, меньшая плотность алюминия гарантирует общее снижение веса автомобиля, что, в свою очередь, снижает расход топлива и положительно сказывается на окружающей среде.

Радиаторы могут быть трубчатыми и пластинчатыми различных конструкций. Для изготовления радиаторов применяют холоднокатаные листы и фольгу. Трубки радиаторов обычно изготавливают высокочастотной сваркой из полосы, а пластины – из нарезанной узкой фольги.

Различные типы радиаторов выполняют по технологии Ноколок (с использованием флюса) и вакуумной пайкой. Для вакуумной пайки применяют плакированные листы толщиной 0,5 мм. Материалом сердцевины обычно служат сплавы серии 3XXX, двух- или односторонняя плакировка (твердый припой) делается из силумина.

Для производства радиаторов, масляных и водяных нагревателей, кондиционеров в основном применяются сплавы серии 3XXX, в частности 3003 и 3190. Однако сплавы этой серии имеют недостаточно высокую прочность, что ограничивает возможности создания радиаторов с более эффективной охлаждающей способностью. В табл. 1–4 приведены составы и свойства сплавов, используемых для изготовления радиаторов.

Таблица 1.

Типичные механические свойства алюминиевых сплавов для автомобилей

Сплав	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Коэффициент деформационного упрочнения	Коэффициент анизотропии	Показатель Эриксона	Минимальный радиус загиба	Вид сварки, $\sigma_B^{св}/\sigma_B$ после сварки	Коррозионная стойкость
3003	121	60	30	—	—	—	—	Все виды 0,9	Высокая
АМЦ*	130	50	23	—	—	—	—		
5052	206	98	23	0,26	0,66	9,6	0,1	Все виды 0,9	Высокая
5182	284	137	28	0,30	0,70	9,6	0,51		
АМг2*	190	100	25	—	—	—	—		
АМг4*	280	140	20	—	—	—	—		
6009	230	125	25	0,23	0,70	9,6	0,51	Все виды 0,6–0,7	Высокая**
6016	235	127	28	0,26	0,70	—	—		
6111	290	159	28	—	—	8,4	—		
АВ*	250	160	23	—	—	—	—		
АВР*	260	135	27	0,29	0,53	—	—		
АД33*	230	120	19	—	—	—	—		
2036	340	195	24	0,23	0,75	9,5	1,01	Не рекомендуется	Склонны к МКК
Д18*	300	170	25	—	—	—	—		

* Данные для проволоки.

** При содержании меди не более 0,4%.

Таблица 2.

Алюминиевые сплавы, используемые
для твердых припоев, при изготовлении радиаторов

Обозначение по DIN	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Bi	Fe	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$
BAL Si-2 L-AlSi7,5 AA4343	6,8–8,2	0,25	0,1	0,1	0,2	0,03	–	0,8	577–615
BAL Si-5 L-AlSi10 AA4045	9,0–11,0	0,3	0,05	0,05	0,1	0,2	–	0,8	577–590
BAL Si-4 AA4047	11,0–14,0	0,3	0,15	0,25	0,2	–	–	0,3	577–590
BAL Si-5 AA4045	9,0–11,0	0,3	0,05	0,25	0,1	0,2	–	0,3	577–590
BAL Si-7 AA4004	9,0–10,5	0,25	0,1	1,0–2,0	0,2	–	–	0,8	555–580
BAL Si-11 AA4104	9,0–10,5	0,25	0,1	1,0–2,0	0,2	–	0,02–0,2	0,8	555–580

Таблица 3.

Алюминиевые сплавы для радиаторов

Обозначение по DIN	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Fe	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$
Al99,5 AA1145	0,55	0,05	0,05	0,05	–	0,07	0,05	0,7	646–657
AlMn1 AA3103	0,5	0,1	0,9–1,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0,7	640–655
AlMnCu AA3003	0,6	0,05–0,2	1,0–1,5	–	–	0,1	–	0,7	643–655
AlMn1Mg0,5 AA3005	0,6	0,3	1,0–1,5	0,2–0,6	0,1	0,25	0,1	0,7	629–654
AlMg1 AA5005	0,3	0,05	0,15	0,7–1,1	0,1	0,2	–	0,3	630–655
AlMgSi0,5 AA6063	0,2–0,6	0,1	0,1	0,45–0,9	0,1	0,1	0,1	0,35	615–652
AlMgSi0,5Cu AA6951	0,2–0,5	0,15–0,4	0,1	0,4–0,8	0,1	0,1	0,1	0,8	615–652
Типа AlMn1MgCu0,5	0,4	0,2–0,5	1,0–1,5	0,2–0,6	0,1	0,25	0,1	0,4	629–654
AlMn0,8Cu0,5	0,4	0,3–0,8	0,6–1,2	0,25	0,1	0,1	0,1	0,4	643–654

Таблица 4.

Свойства сплавов, используемых фирмой «British Alcan» для радиаторов

Сплав	Состояние*	Плотность, г/см^3	Коэффициент линейного расширения в интервале $0\text{--}200^\circ\text{C}$, 10^{-6} град $^{-1}$	Теплопроводность в интервале $0\text{--}200^\circ\text{C}$, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot 10^{-6}$ град)	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа
AA1080	0	2,7	24	230	75	50
	H8				138	125
AA3103	0	2,7	23	172	112	74
	H4				195	185
	H8				195	185
AA5251	0	2,69	24	172	112	74
	H6				195	185
AA6063	TB	2,7	24	197	155	90
	TF		23,5	201	210	180

* О – отжиг; TB – закалка и естественное старение; TF – закалка и искусственное старение; H8 – нагартовка на максимальную твердость; H4, H6 – нагартовка, соответственно, на твердость, равной 1/2 и 3/4 максимальной.

Повышение требований к механическим свойствам, технологичности материалов при одновременном снижении их толщины могут быть выполнены при разработке новых сплавов и способов изготовления изделия.

Известно, что при вакуумной пайке не всегда удается стабильно получать герметичные швы. На качество вакуумной пайки большое влияние

оказывают структурные параметры сердцевины, особенно размер зерна, равномерность толщины плакировки (твердого припоя) и качество поверхности листа (толщина оксидной пленки, шероховатость).

Различными исследователями показана связь между размером зерна сердцевины и паяемостью. Но не всегда эта связь подтверждается. ВИАМ было исследовано влияние структуры листов сплава 3003 (типа отечественного АМц), используемого как сердцевидный сплав в плакированных силумином листах, на качество паяных швов при вакуумной пайке радиаторов. Нам удалось установить параметры структуры, которые влияют на паяемость, и разработать режимы термомеханической обработки листов с сердцевиной из АМц, которые обеспечивают получение такой структуры при разном содержании примесей, и получать паяные соединения с минимальной глубиной эрозионного слоя.