21 окт 2020

# Металлы в самолетостроении: сталь, алюминий, композиты

Металлические детали являются важной частью современных самолетов. За сто с лишним лет материалы, из которых делаются самолеты, прошли серьезный путь развития – от деревянного аппарата братьев Райт до нынешних джетов из современных композитных материалов.

Все эти годы при выборе материалов для воздушных суден конструкторы и авиастроители принимали во внимание сочетание множества факторов, начиная от требований к функциональным характеристикам самолета, заканчивая минимизацией затрат на производство и дальнейшее обслуживание. Но основным «двигателем прогресса» оказалось стремление разработчиков уменьшить массу надежных металлических аппаратов.

Именно снижение значений этого параметра обеспечивает необходимый уровень безопасности пилотов, пассажиров, грузов и самого самолета, его производительность, оптимальное использование топлива и дальность полета. Пока современная конструкторская мысль «остановилась» на расширении использования композитов в авиастроении. Эти материалы дают идеальное соотношение между весом самолетов и

устойчивостью к усталости

и коррозии и позволяют снизить затраты на техобслуживание.

## Самолеты из стали

Как заставить металл летать? Пионеры авиастроения горячо обсуждали этот вопрос с момента, когда в 1903 г. самолет братьев Райт впервые поднялся в воздух. Он был очень легким – из дерева, ткани и небольшого количества стальной проволоки. Поэтому авиаконструкторам начала XX века идея оторвать от земли надежный, но тяжелый металлический аппарат казалась нереализуемой – ни с точки зрения финансов, ни технически. Казалась всем, кроме одного. Немецкий инженер Хуго Юнкерс, наверное, сумел заглянуть в будущее. Он осознал, что в скором времени самолеты захотят эксплуатировать не только военные или спортсмены, впереди – послевоенные времена массовых гражданских и грузовых авиаперевозок. Новые области применения требовали совершенно иных материалов для изготовления самолетов.

Революцией в авиастроении стал легендарный самолет J1, который современники в шутку называли Blechesel - «жестяной осёл». Это был первый самолет в истории, полностью выполненный из металлопроката, не просто сконструированный и построенный, но и сумевший подняться в воздух. Первоначально Хуго Юнкерс пытался выбить бюджет из немецкого военного министерства. Но там идею сочли провальной. Поэтому разработчик вложил в проект собственные средства, вырученные от работы фирмы по продаже прозаичных газовых колонок. Так домохозяйки опосредованно профинансировали эволюционный скачок в развитии авиастроения. Правда, со временем военные заинтересовались Юнкерс J1 и в 1915 г. приехали на летные испытания аппарата. Его металлический корпус вызвал скепсис – представители министерства были уверены, что взлететь самолету не удастся. Легкий разбег J1 по взлетной полосе, не отличимый от движений его деревянных предшественников, вызвал фурор в рядах наблюдателей.

Самолет оторвался от полосы, взлетел, развернулся, зашел на посадку и благополучно приземлился. J1 так и остался экспериментальным – вояки «придрались» к скорости подъема, маневренности и полезной нагрузке. Эти показатели для их задач были недостаточными. По сути, авиационная сталь, действительно, оказалась слишком тяжелым металлом для самолетов. Моноплан Юнкерса летал с трудом и при взлетном весе более одной тонны мог взять на борт груз весом всего 110 кг. Но, тем не менее, революционный прорыв Юнкерса поставил авиастроение на путь материальной эволюции, которая продолжается и по сей день.

Что касается советского авиастроения, то в СССР была выпущена довольно большая серия самолетов «Сталь», которые использовались как транспортные и почтовые. В целом, советские конструкторы и авиаторы столкнулись с теми же проблемами, что и немцы. Другое дело, что в 20-30 г.г. прошлого века, когда в мире уже начали массовый выпуск самолетов из алюминия (о нем немного ниже), в СССР были проблемы с производством собственного сырья. Поэтому, во избежание излишней импортозависимости, Советы выпускали самолеты из авиационной стали сравнительно долго, вплоть до середины 30-х г.г.

А нынешние самолетостроители ценят

сталь

за ее прочность, твердость и устойчивость к высоким температурам. Подобные свойства делают этот металл идеальным материалом для изготовления шасси, обшивки некоторых самолетов, петель, кабелей, крепежей и других деталей. Обычно сталь составляет 11-13% от всех материалов, которые используются при производстве современных самолетов.

## Самолеты из алюминия

Но вернемся к Хуго Юнкерсу. Дабы удовлетворить запросы военного министерства, немецкий авиаконструктор обратил пристальное внимание на алюминий, легкий и прочный материал. В течение последующих лет на Junkers & Co. из него создали целую линейку военных самолетов. Это были штурмовики и истребители, отлично зарекомендовавшие себя во время военных кампаний Второй мировой, к несчастью СССР и союзников. Лавровый венок в гражданской авиации достался легендарномуF13. Этот первый в мире алюминиевый пассажирский самолет был выпущен в серийное производство в 1919 г. и долго эксплуатировался по всему миру.

Схожие с Хуго Юнкерсом усилия предпринимал за океаном американец Генри Форд, который стал отцом не только знаменитых автомобилей, но и воздушного судна Ford Trimotor в 1925 г. (первооткрыватели даже судились за авторство идей, использованных при создании летательных аппаратов). Стоит упомянуть и модель Douglas DC-3, выпущенную в 1935 г. американской Douglas Aircraft Company. Комфортабельное для пассажиров, быстрое, удобное и надежное в эксплуатации и обслуживании воздушное судно до сих пор (!) используется авиакомпаниями по всему миру - вот убедительное доказательство того, насколько безупречным может быть аппарат, полностью выполненный из алюминия. Этот материал и самолеты из него послужили началом эры междугородной пассажирской авиации.

Сам же алюминий и его сплавы до сих пор являются очень популярным сырьем для производства коммерческих самолетов благодаря своей высокой прочности при сравнительно низкой плотности. Сейчас в самолетостроении используется преимущественно высокопрочный сплав 7075, содержащий в т.ч. медь, магний и цинк. При этом алюминиевые детали составляют до 80% от массы самолета. Кстати, из-за высоких антикоррозийных свойств детали из алюминия вполне могут быть неокрашенными.

Правда, при высоких температурах алюминий теряет в прочности, поэтому при производстве обшивки его в чистом виде не используют.

### Самолеты из композиционных материалов

А в авиастроении, тем временем, началась эра создания и применения искусственно созданных композиционных материалов, свидетелем которой являемся сейчас и мы с вами. В качестве основы композиции используются волокна стали, стекла, графита, нитевидные кристаллы окиси алюминия, железа и т.д. Матрица же материала выполняется либо из сплавов металлов (того же алюминия, титана, магния) либо из синтетических смол, например, эпоксидной или полиэфирной. После соединения основы и матрицы путем прессования, литья или другими способами композитный материал получает не только свойства составляющих его элементов, но и совершенно новые характеристики, которые и подкупают авиаконструкторов.

Скажем, масса деталей из композитов составляет примерно пятую часть от массы точно таких же деталей, сделанных из алюминия. При этом композиты превосходят последний по эксплуатационным характеристикам – они прочнее и гибче. К тому же со временные композиционные материалы нетоксичны, а изделия из них не требуют какого-либо дополнительного ухода.

В авиастроении композиты применяются очень широко – при производстве высоконагруженных деталей и двигателей. Если посмотреть на долю использования композиционных материалов, скажем, в Боингах, то в самых ранних моделях их порядка 5%. Сейчас доля композитов в общей массе самолетов компании может доходить до 50%. Кроме того, в компании смело экспериментируют с металлами, создавая новые композиции с уникальными свойствами. К примеру, microlattice из никеля и фосфора, занесенный в Книгу рекордов Гиннеса как самый легкий металл в мире – он весит в 100 раз меньше, чем пенопласт. Предполагается, что в дальнейшем из microlattice можно будет сделать и искусственное легкое, и крыло самолета.

Результаты подобных экспериментов, на первый взгляд, кажутся экзотичными. Тем не менее, у них есть вполне практический смысл. Дело в том, что материалы, используемые в авиастроении, должны, с одной стороны, обладать довольно обширным набором свойств и характеристик. С другой стороны, их цена не должна быть заоблачной. Как мы видим, природного сырья, которое отвечало бы этим требованиям, не так и много. Поэтому поиск новых композитов продолжается, а старые добрые сталь и алюминий продолжают покорять небеса, каким бы невероятным это не казалось всего каких-то сто лет назад.

https://metinvestholding.com/ru/media/news/metalli-v-samoletostroenii-stalj-alyuminij-kompoziti