

## ОСОБЕННОСТИ АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЕВЫХ СПЛАВОВ И НЕОБХОДИМОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ НА ТОКСИЧНОСТЬ

*Лукьяненко А.О., к.т.н. (каф. ОТПГБ КПИ им. Игоря Сикорского);  
Данилишин Б.Н., студ. (гр. ЗВ-32 СФ КПИ им. Игоря Сикорского)*

Темпы роста промышленного авиа и ракетостроительного производства в Украине и мире диктуют темпы использования современных и инновационных технологий и материалов. Одной из важнейших задач, стоящих сегодня перед авиакосмической отраслью, является повышение весовой эффективности техники, и ее прочности. Эта задача решается благодаря разработке и внедрению новейших сверхлегких высокопрочных материалов и технологий их соединения.

Одной из групп таких материалов являются алюминиевые сплавы легированные литием, а именно Al-Li-Mg (1420, 1421, 1423, 1424) и Al-Li-Cu (1450, 1451, 1460, 1461, 1463, 1464). Алюминий-литиевые сплавы являются новым классом широко известных алюминиевых систем и характеризуются прекрасным сочетанием механических свойств: малой плотностью, повышенным модулем упругости и достаточно высокой прочностью. Это позволяет создавать аэрокосмическую технику с меньшей массой, что позволяет повысить экономию топлива, увеличение грузоподъемности и улучшения других характеристик летательных аппаратов. Современные системы легирования данного типа приходят на замену сплавам 1933 или АК6 и др. которые используются при изготовлении самолетов Ан-148, SSJ-100, а также военных воздушных судов и ракетной техники.

Увеличение содержания лития уменьшает плотность алюминия. Добавки лития в пределах твердого раствора приводят к непрерывному увеличению удельного сопротивления. Модуль упругости алюминия возрастает с увеличением содержания лития. При максимальной растворимости лития в твердом растворе модуль упругости составляет около  $8000 \text{ кг/мм}^2$ . Увеличение содержания лития приводит к повышению прочности алюминия. При содержании лития до 2 % прочность сплавов возрастает без снижения пластичности, при дальнейшем увеличении содержания лития пластичность резко снижается. Литий при концентрациях до 0,8 % в алюминиевых сплавах обеспечивает повышенную стойкость к коррозии, более высокую, чем у чистого алюминия.

С целью повышения прочностных свойств, особенно предела текучести, предложенные модификации сплава 1420 (1421 и 1423), которые дополнительно легированные скандием и различаются лишь содержанием магния [1].

Целесообразным является постепенный переход к алюминий-литиевым сплавам 1420 и 1460. Первый из этих сплавов давно освоен и широко применяется при производстве МиГ-29, а также был использован при изготовлении некоторых частей орбитально-космического корабля системы

«Буран». При той же прочности, в сплаве Д16 его плотность составляет всего  $2470 \text{ кг/м}^3$ , модуль упругости несколько выше, а свариваемость и коррозионная стойкость существенно лучше. Применение этого сплава в сухих отсеках позволило перейти к сварочным соединениям, обеспечит, снижение массы крепежных элементов (а она может достигать в среднем 6-7 % от массы силовой конструкции). В целом, применение сплавов 01420/01460 позволит снизить массу конструкции на 12-15 % [2].

Не менее важным аспектом использования алюминий-литиевых сплавов являются методы их соединения, а именно сварки поскольку сварные конструкции выигрывают в весе за счет отсутствия крепежных элементов. Основными способами сварки сплавов на основе алюминия являются: дуговая сварка в среде инертных газов (плавящимся и неплавящимся электродом) автоматическая дуговая сварка под слоем флюса; плазменная сварка; электронно-лучевая сварка; сварки трением с перемешиванием; ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Использование которых в свою очередь приводит к выделению вредных газов и сварочных аэрозолей (кроме сварки трением с перемешиванием).

В настоящее время более подробно и всесторонне изучены сварочные аэрозоли и газы, образующиеся при сварке различных марок сталей и сплавов на основе железа. Менее исследованной областью является сварочные аэрозоли (СА), образующиеся при сварке цветных сплавов, в частности - алюминия. Повышенный интерес вызывает токсичность лития и его соединений, входящих в состав СА при сварке алюминий-литиевых сплавов.

Состав СА зависит в основном от химического состава свариваемого металла или сплава, присадочных материалов (ПМ), которые применяются, а также - от способа сварки. При дуговой сварке химический состав СА на 80 ... 90 % определяется составом ПМ [3].

При сварке данных сплавов в качестве ПМ нужно использовать материалы приближенные по химическому составу к основному содержанию. Это означает, что при сварке достаточно активно в качестве СА будут выделяться литий, магний, медь и алюминий в соответствии химическому составу ПМ и свариваемого сплава.

Одним из самых вредных СА выделяемого при сварке данных сплавов является литий. Заметим, что литий относят к классу высоко опасных веществ (2-й класс опасности). Несмотря на широкое применение, токсичность лития и его соединений в настоящее время изучена недостаточно. В работе [4] отмечается, что литий и его соединения имеют кумулятивный эффект. Попадая в организм, они в первую очередь поражают желудочно-кишечный тракт, центральную нервную систему, почки. Выделяются следующие признаки литиевого отравления: бессонница, ухудшение внимания, потеря координации, паркинсонизм, бред, диарея и т. Выводится литий из организма через почки. Во влажном воздухе медленно реагирует с азотом и другими газами, находящимися в воздухе, превращаясь в нитрид  $\text{Li}_3\text{N}$ , гидроксид  $\text{LiOH}$  и карбонат  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . В кислороде при нагревании горит, превращаясь в оксид  $\text{Li}_2\text{O}$ .

В соединениях литий всегда проявляет степень окисления +1. Токсичность лития определяется, главным образом, катионом  $Li^+$ , который накапливается во внутренних органах человека, нарушая их функционирование.

Алюминий и его соединения не считаются наиболее токсичными в списке вредных веществ. Он является основным металлом в алюминиевых сплавах ПМ для их сварки, как проволока и электроды. Поэтому за счет высокого процентного содержания он в некоторых случаях может образовывать в СА концентрации, которых превышают предельно допустимые концентрации (ПДК).

Алюминий относится к классу веществ умеренно опасных (3-й класс опасности). Несмотря на широкую распространенность в природе, ни одно живое существо не использует алюминий в метаболизме - это мертвый металл. Отличается незначительным токсическим действием, но немало растворимых в воде неорганических соединений алюминия хранятся в растворенном состоянии длительное время и могут оказывать вредное воздействие на человека и теплокровных животных через питьевую воду. Наиболее ядовитые хлориды, нитраты, ацетаты, сульфаты и др. В первую очередь алюминий действует на нервную систему (накапливается в нервной ткани, приводя к тяжелым расстройствам функции центральной нервной системы).

Действие других СА выделяемых при сварке литий-алюминиевых сплавов менее значительная и токсична, но также следует учесть, что фториды и хлориды металлов могут образовываться в результате взаимодействия с продуктами распада компонентов флюсов и покрытий электродов, используемых для сварки. Соединения с углеродом также возможны в результате реакции с углекислым газом [3].

Чаще всего в качестве защитного газа при сварке цветных металлов, в том числе алюминиевых сплавов, используются такие инертные газы как аргон и гелий. Следует отметить, что аргон широко используется в Европе и странах СНГ, а гелий, как защитный газ, чаще всего в США. При сварке неплавящимся электродом (часто используется как ручная сварка) алюминиево-литиевых сплавов наряду с выделением СА в воздух рабочей зоны выделяются вредные сварочные газы, принадлежащих к группе химических опасных и вредных производственных факторов которые особенно опасны непосредственно для сварщика и не так страшны для операторов при автоматической сварке.

Причиной образования газов при электродуговой сварке является влияние высокотемпературной сварочной дуги на сварочные материалы, окружающих аргон и другие защитные газы и воздух. Часть газов образуется в результате термической диссоциации газо и шлакообразующих компонентов сварочных материалов в сварочной зоне, другие - из молекул окружающей газовой среды, как результат воздействия ультрафиолетового излучения сварочной дуги. Состав смеси вредных газов, образующихся зависит от химического состава сварочных материалов, защитных газов и воздуха. Самые распространенные в составе СА является смеси сварочных газов – оксид углерода, оксиды азота и озон который образуется из кислорода воздуха под воздействием

ультрафиолетового излучения, генерируемого электрической дугой. По степени воздействия на организм чрезвычайно опасным считается озон (1-й класс опасности). Диоксид азота относится к 3-му классу умеренно опасных веществ, оксид углерода - до 4-го малоопасных класса веществ [5].

Из написанного выше можно сделать определенные выводы об актуальности применения алюминий-литиевых сплавов в промышленности и об их вредности при сварке. Исследованию алюминий-литиевых сплавов, совершенствованию технологии производства различных полуфабрикатов, разработке новых композиций сплавов и оценке перспективности их применения, особенно в авиационной технике, уделяется большое внимание во многих странах.

Алюминий-литиевые сплавы достаточно технологичны. Они хорошо деформируются в горячем состоянии, быстро укрепляется при холодной деформации, хорошо прессуются, штампуются и обрабатываются резанием. Технология получения новых сплавов мало отличается от технологии производства традиционных сплавов.

Кроме чрезвычайно токсичного бериллия, литий является единственным легирующим элементом, содержание которого в сплаве уменьшает плотность сплава и увеличивает модуль упругости. Каждый процент лития в алюминий-литиевом сплаве снижает его плотность примерно на 2 % и повышает модуль упругости на 6 %. Плотность таких сплавов составляет 2470 - 2560 кг / м<sup>3</sup>, плотность лития - легчайшего металла - 530 кг / м<sup>3</sup>.

Алюминий-литиевые сплавы занимают особое место среди других стареющих алюминиевых систем, что обусловлено их более высоким модулем упругости и меньшей плотностью, свойствами, которые открывают новые возможности применения металлических легких материалов, в частности для аэрокосмической техники. Но при всей технологичности использования и пользу алюминий-литиевых сплавов в авиакосмической отрасли не следует забывать о достаточно высокой токсичности сварки этих сплавов для человека. Влияние на сварщика СА, выделяющихся при сварке алюминиевых сплавов недостаточно изучен, а вредные газы, особенно озон, имеют сильный токсический эффект.

## Литература

1. Алюминий-литиевые сплавы (реферат), источник - [markmet.ru/referat\\_po\\_metallurgii/alyuminii-litievye-splavy-referat](http://markmet.ru/referat_po_metallurgii/alyuminii-litievye-splavy-referat).
2. Журнал «Новости Космонавтики» форум Алюминиево-литиевые сплавы и сплавы с криоупрочнением.
3. Левченко О. Г. Сварочные аэрозоли и газы: процессы образования, методы нейтрализации и средства защиты. – К.: Наукова думка. – 2015. – 246 с.
4. Литий / В. И. Субботин и др. – М.: ИЗДАТ, 1999. – 263 с.
5. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.