

УДК 669.048

**Т.Е. Коршунова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ КЛАССИФИКАЦИИ И МАРКИРОВКИ СТАНДАРТНЫХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ**

*Рассмотрены особенности классификации и маркировки стандартных сплавов алюминия, разработан единый подход к принципам классификации, маркировки и расшифровки стандартных сплавов алюминия.*

**Ключевые слова:** сплавы алюминия, классификация, маркировка.

**T.E. Korshunova**

## **ORDERING OF PRINCIPLES OF CLASSIFICATION AND MARKS OF STANDARD ALLOYS OF ALUMINIUM**

*In article the features of classification and marks of standard alloys of aluminium are considered, the uniform approach to principles of classification, marks and decoding of standard alloys of aluminium is developed.*

**Key words:** alloys of aluminium, classification, marks.

Многолетний опыт работы в области материаловедения и технологии конструкционных материалов, а также подробный анализ государственных стандартов, технической документации, справочников, монографий и других первоисточников показал, что до настоящего времени не существует однозначных классификаций и единых принципов расшифровки марок широко используемых промышленных сплавов алюминия [1-14 и др.]. Такое положение дел в значительной мере затрудняет работу специалистов с технической документацией, производителями и поставщиками сплавов, заказчиками; приводит к взаимному недопониманию заинтересованных сторон и, как следствие, влечет за собой дополнительные затраты времени, денежных средств, препятствуя успешной деятельности промышленных предприятий по изготовлению или ремонту транспортных и технологических машин и оборудования, судостроения и судоремонта, автомобилестроения и др.

Не менее важным является правильное понимание конструкционных материалов на этапе овладения профессиями технического профиля, когда идет первичное ознакомление с различными сплавами на дисциплинах математического и естественного цикла, продолжается их изучение, используются полученные знания на дисциплинах профессионального цикла, от чего в конечном итоге зависит компетентность и профессионализм специалистов.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является разработка системного подхода к классификации и маркировке стандартных сплавов алюминия, оговоренных государственными стандартами Российской Федерации [1, 2].

На сегодняшний день существует довольно много классификаций сплавов алюминия: по технологическим свойствам, по способности к упрочнению термической обработкой, по химическому составу, по назначению и другим признакам, из которых только три являются однозначными и вполне обоснованными.

Классификации сплавов по технологическим свойствам и способности термически упрочняться не вызывают сомнений, так как вытекают из диаграммы состояния алюминиевых сплавов (рисунок) [5].

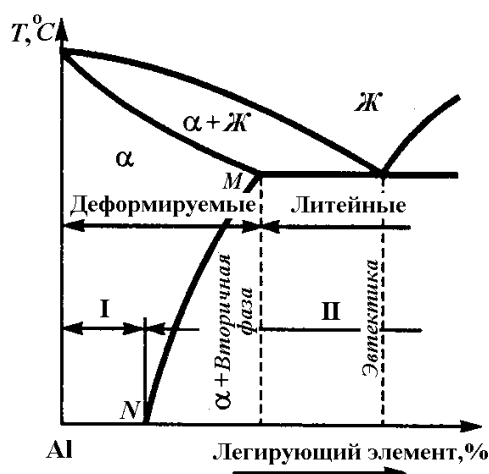


Схема диаграммы состояния сплавов алюминий-легирующий элемент:

- I – сплавы, не упрочняемые термической обработкой;  
 II – сплавы, упрочняемые термической обработкой
- The scheme of the diagramme of a condition of alloys aluminium-alloying an element:  
 I – alloys not strengthened by thermal processing;  
 II – alloys strengthened by thermal processing

Согласно диаграмме условно все сплавы алюминия по технологическим свойствам можно разделить на литейные, предназначенные для производства отливок, и деформируемые – для изготовления проката и поковок (листов, прутков и т.д.) [3-9 и др.]. Граница между сплавами этих двух групп определяется пределом насыщения твердого раствора при эвтектической температуре (рисунок, точка *M*). Изменение технологических свойств (литейных и деформируемости) в сопоставлении с диаграммой состояния показывает, что сплавы с содержанием компонента меньше предела растворимости при высокой температуре обладают наибольшей пластичностью и наименьшей прочностью, т. е. хорошо подвергаются обработке давлением. Присутствие эвтектики в сплавах, по содержанию легирующих элементов находящихся правее точки *M*, значительно снижает их пластичность, и обработка таких сплавов пластическим деформированием становится невозможной из-за опасности разрушения или разрушения обрабатываемых заготовок, но образующаяся эвтектика обеспечивает им хорошие литейные свойства.

Классификация по способности сплавов алюминия к упрочнению термической обработкой не менее важна, поскольку, если все литейные сплавы алюминия термически упрочняются, деформируемые подразделяются на термически не упрочняемые и термически упрочняемые. Деление алюминиевых деформируемых сплавов по способности упрочняться термической обработкой также объяснимо при рассмотрении диаграммы. Сплавы с концентрацией легирующих элементов ниже предела растворимости (рисунок, точка *N*) имеют однофазную структуру  $\alpha$  и поэтому не могут быть термически упрочнены. Сплавы с концентрацией легирующих элементов больше *N* претерпевают фазовые превращения с выделением из твердого раствора вторичных фаз и соответственно термически упрочняются.

Классификация алюминиевых сплавов по химическому составу предусмотрена действующими государственными стандартами и, несомненно, должна соблюдаться. Однако следует отметить, что ряд специалистов позволяет себе подразделять алюминиевые сплавы по химическому составу по своему усмотрению, нарушая государственные стандарты. Например, сплавы марок АК6, АК8 по ГОСТу [1] относятся к сплавам системы алюминий-медь-магний, а по первоисточнику [6] – к сплавам системы алюминий-медь-магний-кремний. Несомненно, что ориентироваться необходимо на государственный стандарт.

Вместе с классификациями алюминиевых сплавов по основным признакам заводы-производители, поставщики, научные подразделения создают свои классификации по целому ряду других признаков. Например, по способу упрочнения (сплавы, упрочняемые давлением, и сплавы, упрочняемые термообработкой), по основным свойствам или по назначению (низкопрочные, высокопрочные, средней прочности, высокой пластичности, жаропрочные, свариваемые, повышенной коррозионной стойкости, криогенные, декоративные и др.). Проблема в том, что многие из этих классификаций не согласуются между со-

бой, носят бессистемный характер и не являются однозначными, что затрудняет возможность получить полное представление о том или ином сплаве и в конечном итоге использовать его в нужных целях.

Таким образом, научно обоснованы и бесспорны только три классификации сплавов алюминия, которые можно принять как основные. В случае же необходимости классифицировать алюминиевый сплав по назначению, по основным свойствам или каким-либо другим признакам стоит воспользоваться нормативно-технической и конструкторской документацией, государственными стандартами.

К сожалению, в государственных стандартах на сплавы алюминия не уделено должное внимание принципам их маркировки, что, вероятно, и является причиной противоречивых трактовок и подходов к расшифровке марок алюминиевых сплавов. На сегодняшний день маркировка сплавов алюминия бессистемна и может быть буквенной, буквенно-цифровой и цифровой.

Цифровая маркировка вызывает много вопросов. Что касается первой в марке цифры 1, означающей, что это сплав алюминия, и двух последних, обозначающих условный номер сплава, разночтений нет. Также общепринято, что если последняя цифра марки нечетная, то сплав является деформируемым, если четная – литейным. Неоднозначна трактовка второй цифры марки. В таблице представлен сравнительный анализ значений второй цифры в цифровых марках деформируемых сплавов алюминия по данным из различных источников.

**Сравнительный анализ значений второй цифры  
в цифровых марках деформируемых сплавов алюминия  
The comparative analysis of values of the second figure in digital marks  
of deformable alloys of aluminium**

| Значение второй цифры в цифровых марках деформируемых сплавов алюминия                                                                                                            |                                                                                                           |                                                    |                                                    |                                              |                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Обозначение второй цифры марки                                                                                                                                                    | Какую группу легирующих элементов в сплаве характеризует вторая цифра (по данным из различных источников) |                                                    |                                                    |                                              |                                                          |
|                                                                                                                                                                                   | Гелин Ф.Д., Чаус А.С. [6]                                                                                 | Афонин В.К., Ермаков Б.С., Лебедев Е.Л. и др. [10] | Группа компаний ЗАО «Ступинский Торговый дом» [11] | Цифровая маркировка алюминиевых сплавов [12] | ООО «Металлкомплект» [13]                                |
| 0                                                                                                                                                                                 | Чистый Al                                                                                                 | Чистый Al                                          | Чистый Al, спеченные сплавы Al (CAC)               | Чистый Al                                    | Чистый Al, порошковые сплавы Al                          |
| 1                                                                                                                                                                                 | Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Fe-Ni                                                                                  | Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Fe-Ni                           | Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mn                                 | Al-Cu-Mg                                     | Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Fe-Ni                                 |
| 2                                                                                                                                                                                 | Al-Cu-Mn, Al-Cu-Li-Mn-Cd                                                                                  | Al-Cu-Mn, Al-Cu-Li-Mn-Cd                           | Al-Cu                                              | Al-Cu-Mn, Al-Cu-Li-Mn-Cd                     | Al-Cu-Mn, Al-Cu-Li-Mn-Cd                                 |
| 3                                                                                                                                                                                 | Al-Si, Al-Mg-Si, Al-Mg-Si-Cu                                                                              | Al-Si, Al-Mg-Si, Al-Mg-Si-Cu                       | Al-Mg-Si                                           | Al-Mg-Si                                     | Al-Si, Al-Mg-Si, Al-Mg-Si-Cu, Порошковые сплавы Al (CAC) |
| 4                                                                                                                                                                                 | Al-Mn, Al-Cr, Al-Be                                                                                       | Al-Mn, Al-Be-Mg, Al-Li                             | Al-Mn, Al-Cr, Al-Zr, Al-Li                         | Нет данных                                   | Al-Mn, Al-Be-Mg, Al-Li                                   |
| 5                                                                                                                                                                                 | Al-Mg                                                                                                     | Al-Mg                                              | Al-Mg                                              | Нет данных                                   | Al-Mg                                                    |
| 9                                                                                                                                                                                 | Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu                                                                                     | Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu                              | Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu                              | Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu                        | Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu                                    |
| 6, 7, 8                                                                                                                                                                           | Резервные                                                                                                 | Резервные                                          | Резервные                                          | Резервные                                    | Резервные                                                |
| Если в начале обозначения марки цифрами добавляется цифра «0» и номер сплава становится пятизначным, то это означает, что сплав опытный и в серийном производстве не используется |                                                                                                           |                                                    |                                                    |                                              |                                                          |

Запоминать, какие химические элементы содержатся в данном сплаве в соответствии со второй цифрой марки, и учитывать, что здесь могут быть разночтения, весьма затруднительно. Возьмем для примера сплав марки 1201 (ГОСТ 4784-97). Согласно принципам расшифровки цифровых марок первая цифра 1 означает, что это алюминиевый сплав, третья и четвертая цифры 01 являются номером сплава, а вот вторая цифра 2, показывающая основные химические элементы, находящиеся в сплаве, может указывать, по разным данным (таблица), что в рассматриваемом сплаве основными элементами могут быть или Al-Cu-Mn, или Al-Cu-Li-Mn-Cd, или Al-Cu. Совершенно очевидно, что пользоваться такой несовершенной цифровой маркировкой по возможности не следует.

Как уже было сказано выше, маркировка сплавов алюминия на сегодняшний день бессистемна. Систематизировать ее, на наш взгляд, можно, воспользовавшись буквенно-цифровой маркировкой, как наиболее удобной, соблюдая некоторые правила.

В соответствии с ГОСТом по химическому составу различают деформируемые сплавы следующих систем:

- алюминий (АД000, АД00, АД0, АД1, АД);
- алюминий-медь-магний (Д1, Д16, В65, АК4, АК8, 1105);
- алюминий-медь-марганец (1201);
- алюминий-марганец (АМц);
- алюминий-магний (АМг2, АМг6);
- алюминий-магний-кремний (АД31, АД35, АВ);
- алюминий-цинк-магний (В95, В95-1, АЦпл, 1915, 1925).

Используя буквенно-цифровую маркировку, принимаем следующие правила:

- если марка состоит из букв АД со стоящими за ними цифрами 0 или 1, то это означает, что сплав является техническим чистым алюминием, а цифры 0 или 1 обозначают условный номер сплава (АД00, АД1). Исключение из этого правила составляет сплав марки АД;

- буквой Д в начале марки обозначают дуралюмины – деформируемые упрочняемые термической обработкой сплавы системы алюминий-медь-магний (Д1, Д16). Следующие за буквой Д цифры указывают на условный номер сплава. Исключение из этого правила составляет дуралюмин марки В65;

- буквами АК в начале марки обозначают ковочные сплавы – деформируемые упрочняемые термической обработкой сплавы системы алюминий-медь-магний (АК4, АК6). Следующие за буквами АК цифры указывают на условный номер сплава;

- буквами АМц в начале марки обозначают деформируемые не упрочняемые термической обработкой сплавы системы алюминий-марганец (АМц). Исключение из этого правила составляют сплавы марок ММ и Д12;

- буквами АМг в начале марки обозначают деформируемые не упрочняемые термической обработкой сплавы системы алюминий-магний (АМг2, АМг4). Следующие за буквами АМг цифры показывают процентное содержание в сплаве магния;

- буквами АД в начале марки со стоящими за ними цифрами обозначают авиали – деформируемые упрочняемые термической обработкой сплавы системы алюминий-медь-кремний (АД31, АД35). Следующие за буквами АД цифры указывают на условный номер сплава. Отличить эти сплавы от технического алюминия можно по марке следующим образом: в марках авиалей следующая за буквами АД стоит цифра 3, тогда как в марках технического алюминия за буквами АД ставятся цифры 1 или 0. Исключение из правила маркировки авиалей составляет сплав марки АВ;

- буквой В в начале марки и стоящими за ней цифрами обозначают высокопрочные алюминиевые сплавы системы алюминий-цинк-магний (В95, В95-2). Следующие за буквой В цифры указывают на условный номер сплава. Отличить эти сплавы от дуралюмина марки В65 можно по следующему признаку: в марках высокопрочных сплавов следующая

за буквой В всегда стоит цифра 9. Исключение из правила маркировки высокопрочных сплавов составляет сплав марки АЦпл.

Марки сплавов, исключенные из правил расшифровки марок, следует просто запомнить как исключение.

Характеристики сплавов, которые в ГОСТе обозначаются только цифровой маркировкой, учитывая ее несовершенство, после предварительной приблизительной оценки по цифровой марке, следует уточнять, используя ГОСТы, сопроводительные сертификаты на материалы, официальные документы отрасли или предприятия.

Литейные сплавы алюминия согласно государственному стандарту [2] классифицируются по химическому составу. Различают следующие пять систем (групп):

- 1) алюминий-кремний-магний;
- 2) алюминий-кремний-медь;
- 3) алюминий-медь;
- 4) алюминий-магний;
- 5) алюминий-прочие компоненты.

Сплавы первой и второй систем относятся к группе сплавов, называемых силуминами (содержание кремния 4-13 %).

Сплавы четвертой группы называют магналии.

Сплавы пятой группы марок АК7Ц9(АЛ11) и АК9Ц6(АК9Ц6р) из-за высокого содержания кремния (6-10 %) и цинка (5-12 %) называют цинковыми силуминами.

В соответствии с ГОСТ 1583-93 литейные сплавы алюминия обозначаются буквенно-цифровой маркировкой (АК5М3, АК7, АМг5К, АМг10, АЦ4Мг). Первая буква А в марке означает, что это сплав алюминия. Последующие буквы марки обозначают основные химические элементы, находящиеся в сплаве<sup>1</sup>. Цифры, стоящие за буквами, обозначающими легирующие элементы, показывают их среднее содержание в процентах.

Однако при таком способе маркировки сплавов не исключена возможность ошибочно литейный сплав принять за деформируемый ковочный (например, литейные сплавы марок АК7, АК12) или за деформируемый сплав системы алюминий-магний (например, литейные сплавы марок АМг10, АМг7). В результате до сегодняшнего дня подавляющее большинство специалистов пользуются только старой маркировкой сплавов, не соблюдая требований действующего государственного стандарта (АЛ2, АЛ5 и т. д.).

Чтобы избежать ошибки и не нарушать требований государственного стандарта, целесообразно после написания марки в соответствии с ГОСТ 1583-93 указывать за ней в скобках ее обозначение по отмененному ГОСТ 1583-89, ОСТ 48-178 или по техническим условиям в обязательном порядке<sup>2</sup>.

Рассмотрим принцип расшифровки трех возможных типов обозначений старых марок, указанных в государственном стандарте в скобках:

- буквы АЛ означают, что сплав алюминиевый литейный и следующие за ними цифры обозначают условный номер сплава;

- принцип расшифровки марок, заключенных в скобки, того же типа, что и перед скобкой (АК9М2, АМг4К1,5М1) тот же, что и марок перед скобками, т. е. определяются основные легирующие элементы и их количество в сплаве;

---

<sup>1</sup> Обозначения химических элементов в марках литейных алюминиевых сплавов соответствуют общепринятым обозначениям в марках цветных сплавов (Ж – железо, Мг – марганец, М – медь, С – свинец, Ц – цинк и т.д.).

<sup>2</sup> Несмотря на то, что в ГОСТ 1583-93 марки сплавов обозначены двойной маркировкой – новой и в скобках – старой, условие обозначения в скобках старой марки не является обязательным.

- марки сплавов в скобках типа ВАЛ8, ВКЖЛС-2, как правило, присваиваются институтами-разработчиками и их можно воспринимать как исключение из правил маркировки.

Что касается буквенной маркировки стандартных сплавов алюминия, то очевидно, что к ней надо относиться как к исключению из правил маркировки.

Таким образом, в результате проделанной работы установлено, что обоснованными и бесспорными можно считать только три общепринятые классификации алюминиевых сплавов: по технологическим свойствам, способности упрочняться термической обработкой, химическому составу; наиболее удобной и достоверной маркировкой сплавов алюминия является буквенно-цифровая; разработаны и систематизированы единые принципы расшифровки буквенно-цифровых марок литейных и деформируемых стандартных сплавов алюминия.

### Список литературы

1. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. – М.: Изд-во стандартов, 2004.
2. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2004.
3. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; под общ. ред. Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с.
4. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении. – СПб.: Химиздат, 2004. – 640 с.
5. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение. – М.: ИД «Альянс», 2011. – 644 с.
6. Гелин Ф.Д., Чаус А.С. Металлические материалы. – Минск: Высш. шк., 2007. – 396 с.
7. Штанов Е.Н., Штанова И.А. Цветные металлы и сплавы: справ. – Н. Новгород: Вента-2, 2001. – 277 с.
8. Справочник по конструкционным материалам / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др.; под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 640 с.
9. Мацкевич И.А., Хирина Е.Б. Металлы и металлообрабатывающие инструменты: краткий справ. – Одесса: Студия «Негоциант», 2002. – 188 с.
10. Афонин В.К., Ермаков Б.С., Лебедев Е.Л. и др. Металлы и сплавы: справ. / под ред. Ю.П. Солнцева. – СПб.: НПО «Профессионал», НПО «Мир и семья», 2006. – 1092 с.
11. Группа компаний ЗАО «Ступинский Торговый дом» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tdsm.ru/> (дата обращения 06.02.2013).
12. Цифровая маркировка алюминиевых сплавов [Электронный ресурс]. URL: <http://litsplant.com/> (дата обращения 07.02.2013).
13. ООО «Металкомплект» [Электронный ресурс]. URL: <http://metmk.com.ua/> (дата обращения 06.02.2013).
14. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение): справ. / В.М. Белецкий, Г.А. Кривов; под общ. ред. академика РАН И.Н. Фридляндера. – Киев: КОМИНТЕХ, 2005. – 365 с.

**Сведения об авторе:** Коршунова Татьяна Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: kortel2@mail.ru.