

6. *Goncharova, N. A.* Investigation of import substitution and expansion impact in Russian foreign economic practice by supply chain strategy / N. A. Goncharova, N. V. Merzlyakova // International Journal of Supply Chain Management. – 2020. – Vol. 9. – № 2. – P. 772–778.

7. *Goncharova, N. A.* Economic mechanism of industrial enterprise resources management efficiency assessment / N. A. Goncharova, I. S. Kondratenko, E. N. Zamaraeva // The Journal of Social Sciences Research. – 2018. – Vol. 4. – № 12. – P. 470–477.

УДК 669.2/.8:006.782

Б. Н. Гузанов, В. В. Бухаленков

B. N. Guzanov, V. V. Bukhalenkov

ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Екатеринбург

Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg

guzanov_bn@mail.ru, vbuhalenkov@mail.ru

ПРИНЦИПЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ И МАРКИРОВКЕ СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

PRINCIPLES OF STANDARDIZATION IN CLASSIFICATION AND FORMATION OF NON-FERROUS METAL ALLOYS GRADES

***Аннотация.** В статье рассмотрены общие для многих стран классификационные признаки металлических материалов и изделий из них, на основе которых разрабатываются различные виды государственных национальных технических стандартов. Отмечается, что в стандарты на материалы (стандарты качества) включаются записи марки материала, но не изложение правил её конструирования с целью кодирования информации о материале. В продолжение серии предыдущих работ излагаются принятые в Российской Федерации правила маркировки сплавов на основе цветных металлов (меди, алюминия, титана и магния).*

***Abstract.** The article discusses the classification features of metallic materials and products made of them common to many countries, on the basis of which various types of state national technical standards are developed. It is noted that material standards (quality standards) include records of the material grade, but not a statement of the rules for its design in order to encode information about the material. In continuation of a series of previous works, the rules adopted in the Russian Federation for marking alloys based on non-ferrous metals (copper, aluminum, titanium and magnesium) are outlined.*

***Ключевые слова:** сплавы цветных металлов; государственный национальный технический стандарт; классификационные признаки; назначение; химический состав; деформируемые сплавы; литейные сплавы; марки сплавов цветных металлов; правила образования марок.*

***Keywords:** non-ferrous metal alloys, state national technical standard, classification features, purpose of non-ferrous metal alloys, chemical composition, wrought alloys, casting alloys, non-ferrous metal alloys grades, rules for the formation of non-ferrous metal alloys grades*

Широкий арсенал металлических материалов, используемых в настоящее время в различных странах для производства промышленных изделий и конструкций, достаточно давно подвергнут глубокой классификации. При этом набор классификационных признаков оказывается во многом общим для различных стран: вид материала по химическому составу (сплавы черных металлов – сталь и чугун), сплавы цветных металлов с различной основой с точки зрения основного компонента (медные, алюминиевые, титановые, магниевые и другие сплавы), назначение материала (конструкционные, инструментальные, электротехнические, других специальных назначений.), свойства материала (коррозионностойкие, жаропрочные, с особыми физическими свойствами) и т.д.

Однако в каждой стране на материалы различных классов и изделия из них разрабатываются собственные государственные национальные технические стандарты – зарегистрированные добровольные соглашения, которые устанавливают важные критерии для процессов, товаров, услуг и способствуют более глубокому пониманию и взаимодействию между производителями металла и пользователями, включая предприятия по переработке и торговые предприятия.

В различных странах технические стандарты на металлические материалы и изделия упорядочены по-разному. В общем, их можно разделить на следующие группы [1]:

- общие стандарты, содержащие различные определения и термины, общие положения об условиях поставки и контроля и т.п.;
- стандарты на материалы (стандарты качества), содержащие требования к металлическим материалам;
 - стандарты испытаний, регламентирующие порядок и методику испытаний поставляемых материалов или изделий из них;
 - стандарты по отбору проб, содержащие указания об объеме испытаний и порядке отбора проб для контроля и испытаний поставляемого материала
- стандарты на изделия (стандарты на размеры), подразделяемые в зависимости от вида изделий и содержащие информацию о размерах и допусках.
- другие виды государственных стандартов.

В стандартах на материалы (стандарты качества), как правило, содержатся сведения об обозначении материалов, их химическом составе и основных эксплуатационных свойствах.

Как уже было показано в работе [2], обозначение материала – марка – состоит из определённого набора букв и цифр (чисел), который в сжатой форме передаёт как можно больший объём необходимой информации о каждом конкретном материале в анализируемом классе. Причём здесь необходимо заметить, что в отличие от способов и систем классификации, которые

чаще всего интернациональны, системы маркировки, как правило, складываются как национальные. Так, например, в настоящее время известны самостоятельные системы маркировки России, Болгарии, Венгрии, Польши, Италии, Франции, США, Японии и др.

Кроме того, следует отметить, что в технический стандарт на материалы как объект стандартизации входит запись уже готовой марки, но не описание набора правил её конструирования (создания, формирования), или собственно процесс кодирования необходимой информации о конкретном материале. Правила маркировки, признанные участниками соглашения о системе кодирования, излагаются, как правило, в изданиях информационно-методического характера – учебниках и учебных пособиях, монографиях, сборниках статей и других видах изданий по различным аспектам материаловедения как науки или учебной дисциплины. К примеру, принципы классификации и правила маркировки сталей и чугунов недавно были в очередной раз освещены в публикациях [2; 3]. В настоящей статье рассматриваются системы классификации и правил маркировки сплавов цветных металлов на основе меди, алюминия, титана и магния.

В каждом из перечисленных классов выплавляются десятки, а то и сотни двух- или многокомпонентных композиций, поэтому одним из главных классификационных признаков (оснований) является химический состав. Вторым по важности основанием классификации служит способ получения заготовок и изделий из сплавов – пластическая деформация или литьё. В отдельных классах сплавов цветных металлов принято давать характеристику чистоты композиции от примесей. В некоторых случаях оказывается необходимой информация о применяемых способах формирования требуемых механических свойств (упрочнения закалкой со старением или нагартовкой, смягчения, плакирования). Соответственно сложившимся системам классификации сплавов цветных металлов сформировались и правила их маркировки.

В России и странах СНГ для маркировки сплавов цветных металлов, как и для чёрных металлов (сталей и чугунов), используется буквенно-цифровая система. Условные обозначения компонентов и наиболее распространенных легирующих элементов в сплавах меди и алюминия, титана и магния представлены в табл. 1. Следует обратить внимание, что некоторые из них отличаются от условных обозначений этих же элементов в марках сталей.

1. Классификация сплавов на основе меди

Медь – один из первых металлов, с которым впервые познакомился человек. Это обусловлено тем, что медь чаще, чем другие металлы, встречается в природе в виде самородков, иногда весьма больших по размеру.

Свойства чистой меди в значительной степени зависят от наличия в ней ряда примесей, главным образом висмута, сурьмы, свинца, серы и кислорода. В зависимости от чистоты техническую медь подразделяют на несколько сортов: **М00**, **М0**, **М0б**, **М1б**, **М1**, **М1р**, **М2**, **М2р**, **М3**, **М3р**, (где **б** – бескислородная медь, а **р** – раскисленная медь). Наименьшее содержание примесей в меди марки **М00** (99,99 мас. % Cu) и наибольшее в **М3** (99,5 мас. % Cu).

Таблица 1

Условные обозначения компонентов и легирующих элементов в марках сплавов на основе меди, алюминия, титана и магния

Химический символ	Наименование легирующего элемента	Условное обозначение в марке	Химический символ	Наименование легирующего элемента	Условное обозначение в марке
Sn	олово	О	P	фосфор	Ф
Zn	цинк	Ц	Pb	свинец	С
Al	алюминий	А	Si	кремний	К
Mn	марганец	Мц	Ti	титан	Т
Be	бериллий	Б	Cr	хром	Х
Fe	железо	Ж	Sb	сурьма	Су
Ni	никель	Н	Zr	цирконий	Цр
Cu	медь	М	Mg	магний	Мг

В меди марок **М1**, **М2** и **М3** содержание кислорода составляет **0,05...0,08 %**. Раскисленная медь отличается от обычных марок пониженным содержанием кислорода (не более 0,01 %), хотя его и больше, чем в бескислородной меди ($\leq 0,001$ мас. % O₂) [4].

Различают три группы сплавов на основе меди: латуни, бронзы и медно-никелевые сплавы (рис. 1).

Латунями называют двойные или многокомпонентные сплавы меди, в которых основным компонентом является цинк (Zn). Если латунь является двухкомпонентным сплавом – только меди и цинка, – ее считают нелегированной. Если латунь представляет многокомпонентный сплав меди, цинка и других элементов, ее называют легированной. При этом выделяют томпаки (до 10 мас. % Zn) и полутомпаки (от 10 до 20 мас. % Zn). Все остальные сплавы меди, за исключением сплавов с никелем, называют бронзами

Бронзы – это сплавы меди с любыми другими элементами, в числе которых, но только наряду с другими, может быть и цинк. Двухкомпонентные бронзы, как правило, имеют названия, производные от названия второго компонента: оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовистые и т.д. При дополнительном легировании название каждого из упомянутых классов бронз сохраняется.

Медно-никелевые сплавы – это сплавы системы «медь – никель», где никель является вторым (по массовой доле) компонентом. Как правило, это двойные (Cu – Ni), а чаще более сложные сплавы, в которых наряду с никелем дополнительно присутствуют Fe, Mn, Zn, Al, Co, Pb, а также Cr, Ce, Mg, Li. В зависимости от системы легирования каждая группа медно-никелевых сплавов имеет своё название.

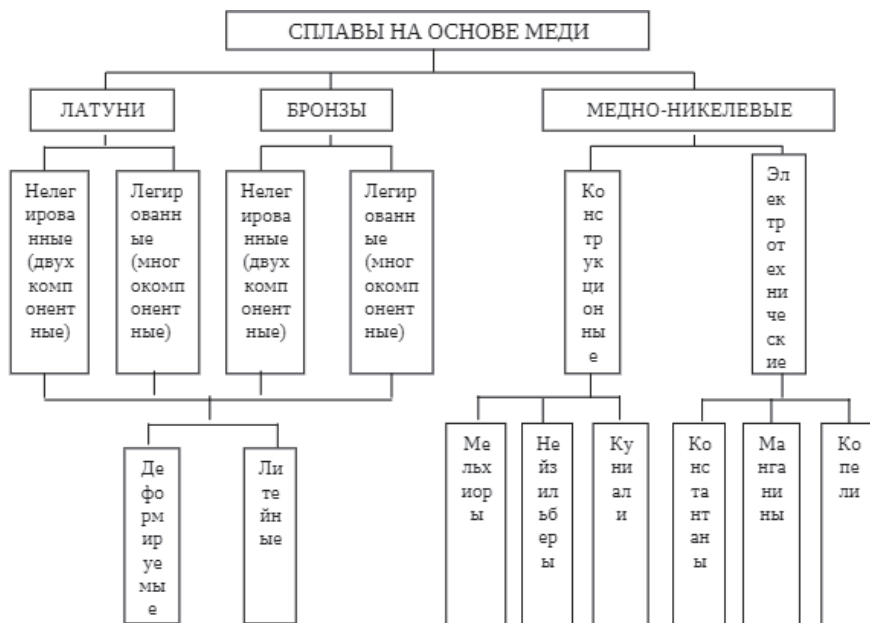


Рис. 1. Классификация сплавов на основе меди

С древности известны два способа получения изделий и полуфабрикатов из сплавов меди – литье и обработка давлением. Соответственно этому сплавы меди могут относиться к группе либо литейных, либо деформируемых.

2. Маркировка сплавов на основе меди

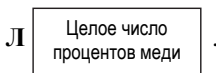
В марке сплава на основе меди кодируется информация:

- о принадлежности последнего к одному из трёх основных классов (латуням, бронзам или купроникелям);
 - о входящих в сплав компонентах и их массовой доле, выражаемой в процентах;
 - о преимущественном способе получения заготовок или деталей из сплава заданной марки (литьём или обработкой давлением).

2.1. Маркировка латуней

• Маркировка деформируемых латуней

Двухкомпонентные (Cu + Zn) деформируемые латуни обозначают буквой **Л** и следующим за ней числом, указывающей массовое содержание меди в процентах:



Примеры: **Л96**, **Л70**, **Л63**.

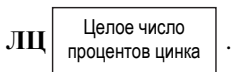
Если латунь легирована, то есть кроме цинка содержит другие элементы (ЛЭ), то после буквы **Л** ставят подряд, без пробелов условные буквенные обозначения этих элементов (см. табл. 1), кроме цинка. За ними без пробела следует серия целых чисел, первое из которых показывает массовое содержание меди, а другие, разделяемые черточками – массовое содержание легирующих элементов в соответствии с последовательностью соответствующих им символов. Сказанное можно проиллюстрировать следующей схемой:



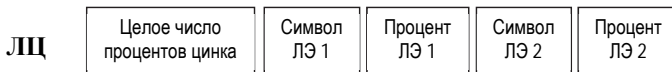
Например, марка **ЛАН59-3-2** означает, что латунь деформируемая, легированная, содержит 59 целых массовых процентов меди, около 3 мас. % алюминия и около 2 мас. % никеля, а цинк – остальное. Другие примеры марок легированных деформируемых латуней: **ЛАЖ60-1-1**, **ЛЖМц59-1-1**, **ЛА77-2**, **ЛМцА57-3-1**.

• Маркировка литейных латуней

Маркировка литейных латуней осуществляется иначе. Марка литейной латуни также начинается с буквы **Л**, но за ней следует без пробела символ второго главного компонента – цинка – и также без пробела и черточки целое число его процентов.



Примером таких марок двухкомпонентных литейных латуней могли бы быть следующие: **ЛЦ40**, **ЛЦ30**. Однако в арсенале современных сплавов меди все литейные латуни имеют более сложный химический состав, то есть являются легированными. Поэтому в марке за символом **Ц** и целым числом массовых процентов цинка следуют поочередно без пробелов и черточек символы других легирующих элементов с указанием их концентрации также в виде целого числа массовых процентов:



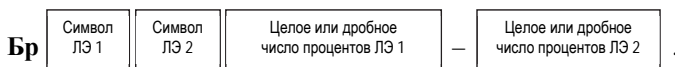
Если концентрации легирующих элементов округленно равны одному массовому проценту, цифра «1» после буквенного символа данного элемента не ставится. Подобный принцип описания химического состава уже известен в маркировке легированных сталей. Примеры марок легированных литейных латуней: ЛЦ23А6ЖЗМц2, ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ40С, ЛЦ16К4.

2.2. Маркировка бронз

Марка любой бронзы начинается с буквосочетания **Бр**, после которого точка не ставится. Далее для деформируемых и литейных бронз, как и при маркировке латуней, реализуются различные правила маркировки.

• Маркировка деформируемых бронз

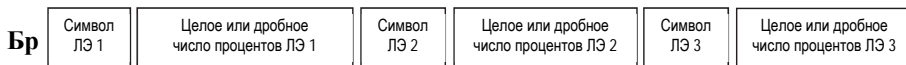
В марке деформируемой бронзы за буквосочетанием **Бр** без пробелов указывается последовательность символов легирующих элементов, а за ней также без пробела начинается последовательность целых или дробных чисел (с точностью до одной десятой), между собой разделяемых черточками и указывающих концентрацию элементов в массовых процентах.



Примеры: **БрОФ6,5-0,4**; **БрОЦС4-4-2,5**; **БрОЦ4-3**; **БрCuН6-2**;
БрCuНЦФ3,5-3,5-3,5-20-0,2.

• Маркировка литейных бронз

В марке литейной бронзы за буквосочетанием **Бр** следуют поочередно без пробелов и черточек символ легирующего элемента и сразу за ним целое или дробное число, указывающее концентрацию ЛЭ в массовых процентах:



Примеры: **БрОЗЦ12С5**; **БрОЗЦ7С5Н1**; **БрО10Ф1**; **БрБ2,5**; **БрХ0,5**.

2.3. Маркировка медно-никелевых сплавов

Марка любого медно-никелевого сплава начинается с буквы **М**, за которой следует обозначение и содержание легирующих элементов – как в деформируемых латунях и бронзах.

К конструкционным медно-никелевым относят сплавы, обладающие повышенной прочностью, высокой коррозионной стойкостью и входящие в следующие системы легирования:

- *мельхиоры* – двойные (Cu – Ni) и многокомпонентные (Cu, Ni, Fe, Mn) сплавы, например, **МН19**, **МНЖМц 30-1-1**;

- *нейзильберы* – сплавы системы Cu-Ni-Zn, например, **МНЦ15-20** или сплав со свинцом **МНЦС16-29-1,8**;

• **куниали** – сплавы системы Cu-Ni-Al, наиболее часто применимы две марки куниалей:

МНА13-3, так называемый куниаль А, применяемый для изготовления изделий повышенной прочности в машиностроении;

МНА6-1,5, так называемый куниаль Б, применяемый для изготовления ответственных упругих элементов (пружин).

Для нужд электротехнической промышленности разработаны специальные медно-никелевые сплавы, которые помимо высокого электрического сопротивления обладают малым температурным коэффициентом электросопротивления (незначительным повышением электросопротивления с ростом температуры).

Этим условием удовлетворяют медно-никелевые сплавы с марганцем:

- константан **МНМц40-1,5** (40 % Ni, 1,5 % Mn, остальное Cu);
- копель **МНМц43-0,5**;
- манганин **МНМц3-12**.

3. Классификация и маркировка сплавов на основе алюминия

В промышленности алюминий используется как в чистом виде, так и в виде различных сплавов. Маркировка первичного алюминия начинается с буквы **А**, за которой без пробела следует трёх-, двух- или однозначное число, составленное из цифр дробной части процентного содержания алюминия. Например, алюминий марки **А97** содержит алюминия 99,97 %, остальное – контролируемые примеси [5].

Постоянные примеси алюминия – Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Zn, Ga и Ti. В зависимости от содержания примесей первичный алюминий подразделяют на три класса:

- 1) особой чистоты марки **А999** (99,999 % Al);
- 2) химически чистый марок **А995**, **А99**, **А97**, **А95** (99,95 % Al);
- 3) технически чистый марок **А85**, **А8**, **А7**, **А6**, **А5**, **А35** и **А0** (99,00 % Al).

После деформации полуфабрикатов (получения листов, плит, лент, полос, профилей, панелей, прутков, труб, проволоки, штамповок и поковок) технический алюминий получает обозначение **АД** (алюминий деформированный). Цифры после маркировки **АД** также указывают на чистоту марки технического алюминия, но косвенно. Примерный ряд марок технического алюминия для изготовления полуфабрикатов методом горячей или холодной деформации в системе буквенно-цифровой маркировки выглядит следующим образом: **АД** (99,00 % Al), **АД1** (99,3 % Al), **АД0** (99,5 % Al), **АД0Е** (99,5 % Al), **АД00** (99,7 % Al), **АД00Е** (99,7 % Al), **АД000** (99,8 % Al) («Е» – в марках с гарантированными электрическими характеристиками).

Алюминиевые сплавы по назначению делятся на два класса – конструкционные и электротехнические, внутри каждого класса имеет место деление на группы по технологическому признаку – на литейные, деформируемые, биметаллические и спеченные (рис. 2).

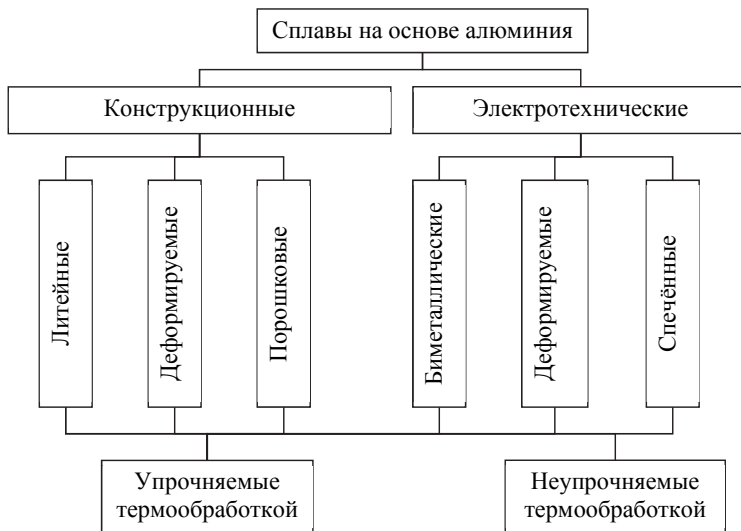


Рис. 2. Классификация сплавов на основе алюминия

Перечень марок и соответствующий химический состав конструкционных алюминиевых сплавов и технического алюминия регламентируется двумя государственными стандартами:

- ГОСТ 4784–2019. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки [6];
- ГОСТ 1583–89. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия [7].

С маркировкой сплавов алюминия дело обстоит сложнее. В настоящее время одновременно реализуются два подхода к маркировке алюминиевых сплавов – старый буквенно-цифровой и с 1970 года относительно новый цифровой [4].

3.1. Характеристика буквенно-цифровой маркировки алюминиевых сплавов

Для буквенно-цифровой маркировки характерна множественность принципов (правил). Буквы могут символизировать:

- алюминий и основной легирующий компонент, например, **АМц** (Al-Mn), **АМг1** (Al-Mg);
- назначение сплава (**АК6**, **АК4-1** – алюминий ковочный);
- название сплава (**АВ** – авиаль, **Д16** – дуралюмин);
- механические свойства (**В65** – высокопрочный)
- название института, разработавшего сплав (**ВАД1**, **ВАД23** от первой буквы аббревиатуры **ВИАМ** – Всероссийский институт авиационных материалов, алюминиевый деформируемый). Цифры после букв химический состав не отражают. Указанная множественность проиллюстрирована в табл. 2.

Таблица 2

Системы буквенно-цифровой маркировки алюминиевых сплавов

Принцип классификации	Название класса сплавов	Система сплавов	Примеры марок
1	2	3	4
По химическому составу	<ul style="list-style-type: none"> • алюминий-марганцовистые • магналии • силумины 	Al-Mn	АМц, АМц2
		Al-Mg Al-Si	АМг1, АМг2, АМг3 АЛ2
		Al-Cu-Mg Al-Mg-Si	Д1, Д16, Д18, ВД17 АВ, АД31, АД33, АД35
По технологическим свойствам (способу получения полуфабрикатов и изделий)	<ul style="list-style-type: none"> • ковочные • литейные (силумины) • спеченные алюминиевые пудры (САП) • спеченные алюминиевые сплавы (САС) 	Al-Mg-Si-Cu Al-Si	АК-6, АК8 АЛ2
		Al-Si-Mg- Cu Al-Al2O3	АЛ3, АЛ3В, АЛ5 САП1, САП3, САП4
		Al- Si-Ni	САС1, САС2

Окончание табл. 2

1	2	3	4
По эксплуатационным свойствам	<ul style="list-style-type: none"> • высокопрочные • жаропрочные 	Al-Mg-Zn-Cu Al-Cu-Mn-Cd-Li Al-Cu-Mg Al-Cu-Mg-Si-Ni-Fe	В95, В96 ВАД20 Д20, Д21 АК2, АК-4
По виду полуфабриката	<ul style="list-style-type: none"> • листы, плиты • проволока для холодной вытяжки 		Д16Т* АМг5П**, В95П, Д19П
По названию организации-разработчика	<ul style="list-style-type: none"> • высокопрочные • литейные (силумины) 	Al-Cu-Mn-Cd-Li -	ВАД20*** ВАЛ8, ВАЛ10, ВАЛ14**

* Буква «Т» в марке сплава в данном случае указывает на один из видов упрочняющей термообработки полуфабриката.

** Буква «П» в марке сплава указывает, что из него делают проволоку.

*** Первая буква «В» указывает, что сплав разработан во Всероссийском институте авиационных материалов (ВИАМ).

3.2. Характеристика цифровой маркировки алюминиевых сплавов

Принцип и информационные возможности системы цифровой маркировки алюминия и сплавов на его основе представлены в табл. 3. Цифровую маркировку принято называть четырёхзначной, хотя точнее было бы определять её как четырёхпозиционную: марка представляет собой набор из четырех позиций, в каждой из которых указывается та или иная цифра (от 0 до 9). Информация, передаваемая цифрой, зависит от того в какой позиции находится конкретная цифра и каково согласованной смысловое наполнение цифры.

Таблица 3

Принципы и содержание системы цифровой маркировки деформированного алюминия и алюминиевых сплавов

1-я позиция (цифра) в марке	2-я позиция (цифра) в марке	3-я позиция (цифра) в марке	4-я позиция (цифра) в марке
Цифра в 1-й позиции обозначает основу сплава	Цифра во 2-й позиции обозначает основной [легирующий] компонент или основные [легирующие] компоненты сплава	Последние две цифры в 3-й и 4-й позициях цифрового обозначения сплава – это его двузначный порядковый номер. Последняя цифра в 4-й позиции несет дополнительную информацию – технологическую	
Алюминий и сплавы на его основе маркируют цифрой «1»	<ul style="list-style-type: none"> • Цифра «0» во 2-й позиции указывает на: <ul style="list-style-type: none"> - различные марки алюминия, - спеченные алюминиевые сплавы (САС), - различные сорта пеналюминия; • Цифрой «1» обозначают сплавы на основе системы Al-Cu-Mg; • Цифрой «2» обозначают сплавы на основе системы Al-Cu, Al-Cu-Mn и Al-Cu-Li-Mn-Cd; • Цифрой «3» обозначают сплавы на основе системы Al-Mg-Si; • Цифрой «4» обозначают сплавы на основе системы Al-Li, а также сплавы, легированные малорастворимыми компонентами, например, Mn, Cr, Zr, Ni, Be и др.; • Цифрой «5» обозначают сплавы на основе системы Al-Mg (магналии); • Цифрой «9» обозначают сплавы на основе систем Al-Zn-Mg или Al-Zn-Mg-Cu; • Цифры «6», «7» и «8» – оставлены как резервные 		<ul style="list-style-type: none"> • Нечётная цифра в 4-й позиции указывает, что сплавы деформируемые; • Чётная цифра в 4-й позиции указывает, что сплавы литейные; • Цифра «7» в 4-й позиции указывает, что сплав проволочный; • Цифра «9» в 4-й позиции – признак металлокерамического сплава

Цифровая маркировка, несмотря на более высокую степень логичности и системности, не смогла полностью вытеснить сложившуюся буквенно-цифровую и применяется преимущественно для обозначения деформируемых алюминиевых сплавов нового поколения. Для неё характерны нередкие отклонения от принятых правил. Например, цифровая маркировка становится пятизначной (пятипозиционной), когда перед маркой ставят цифру «0», чтобы показать, что сплав опытный и не используется в серийном производстве (**01570, 01970**).

Имеют место ситуации, когда маркировка из чисто цифровой превращается в буквенно-цифровую при добавлении буквенных символов, характеризующие особенности данного сплава, например, степень чистоты: **1960пч** для сплава **В96щпч** в буквенно-цифровой системе, **1950-1** для сплава марки **В95пч**, **1230пч** для сплава марки **ВАД23пч** и др.

К всему сказанному следует добавить, что цифровые марки алюминиевых сплавов, представленных в ГОСТ 4784–2019 [6], не совпадают с международной маркировкой алюминиевых сплавов.

3.3. Характеристика буквенно-цифровая маркировки литейных алюминиевых сплавов

Для литейных алюминиевых сплавов цифровая маркировка вообще не нашла применение. Для них разработана и введена единая система буквенно-цифровой маркировки [7]. Эта система аналогична применяемой для сталей, однако обозначения химических элементов имеют свои особенности и уже представлены в табл. 1.

Марку литейного алюминиевого сплава записывают следующим образом: первая буква **А** – алюминий – показывает основу сплава. Последующие буквы – основные легирующие элементы, а числа, стоящие после букв, показывают среднее содержание данного компонента в процентах по массе (с точностью до десятых долей). Если содержание компонента меньше единицы, буква, обозначающая данный компонент, в марке не указывается. В конце марки могут стоять буквы, указывающие на повышенную чистоту сплавов по примесям железа и кремния: «ч» – чистый, «пч» – повышенной чистоты, «оч» – особой чистоты.

Примеры записи марок литейных алюминиевых сплавов выглядят следующим образом: **АК5М**, **АК12М2МгН**, **АМг5Мц**, **Ац4Мг**, **АК21М2**, **5Н2,5**.

3.4. Буквенно-цифровая маркировка видов технологической обработки деформируемых и литейных алюминиевых сплавов

Наряду с рассмотренными системами маркировок алюминиевых сплавов имеется буквенно-цифровая маркировка видов и способов технологиче-

ской обработки полуфабрикатов и изделий, качественно отражающая механические, химические и другие свойства сплава (табл. 4).

Таблица 4

Буквенно-цифровая маркировка видов и способов технологической обработки деформируемых и литейных алюминиевых сплавов

Обозначение	Вид обработки, характеристика свойств материала	
	Деформируемый сплав	Литейный сплав
М	Мягкий, отожженный	Модифицированный
Т	Закаленный и естественно состаренный	-
Т1-	Закаленный и искусственно состаренный на максимальную прочность	Состаренный-
Т2-	Закаленный и искусственно состаренный по смягчающему режиму для повышения вязкости разрушения	Отожженный-
Т3-	Закаленный и искусственно состаренный по смягчающему режиму для повышения сопротивления коррозии под напряжением	-
Т4	-	Закаленный
Т5-	-	Закаленный и частично состаренный
Т6-	-	Закаленный и полностью состаренный на максимальную твердость
Т7-	-	Закаленный с последующим стабилизирующим отпуском
Т8-	-	Закаленный с последующим смягчающим отпуском
Н	Нагартованный (5 – 7 %)	-
П	Полунагартованный	-
Н1	Усиленно нагартованный (20 %)	-
ТН	Закаленный, естественно состаренный и нагартованный	-
Т1Н	Закаленный, нагартованный и искусственно состаренный	-
ТПП	Закаленный и естественно состаренный, повышенной прочности	-
ГК	Горячекатаные (листы, плиты)	-
А	Нормальная плакировка	-
У	Утолщенная плакировка (8% на сторону)	-

3.5. Маркировка электротехнических алюминиевых сплавов

Для указанных сплавов действует буквенно-цифровая система маркировки [8].

Для изготовления холоднотянутой электротехнической проволоки используют алюминий марки **АД1** и алюминиевые деформируемые сплавы марок **Амц, Амг2, АМг5П, Д1П, Д16П, Д18 и в65**.

В указанных марках **А** обозначает алюминий, **Д** – деформируемый сплав, **Мц** – Марганец, **Мг** – магний, **П** – сплав холодной высадки (разновидность обработки давлением), **В** – высокопрочный деформируемый сплав. Цифра, стоящая за обозначением элемента, показывает его содержание в процентах.

Из электротехнических сплавов системы **Al-Mg-Si-Fe** наиболее известен сплав альдрей (**АВ**), который используют для производства контактных проводов.

4. Классификация и маркировка сплавов титана

В промышленности титан используется как в чистом виде, так и в виде различных сплавов. Маркируют технический титан буквосочетанием **ВТ**, за которыми сразу стоит цифра **1 (ВТ1)**. Далее через черточку ставится цифра, характеризующая чистоту технического титана. Контролируемыми примесями в титане являются следующие элементы: Fe, Si, C, Cl, N₂ и O₂. Если содержание примесей в сумме менее 0,10 %, то такой титан относят к самому чистому (иодидному) и маркируют ВТ1-00. Далее по степени чистоты (по убывающей) выделяют следующие сорта технического титана **ВТ1-0, ВТ1-1 и ВТ1-2** [9].

Классификация основных сплавов титана приведена на рис. 3.

Как любая классификация, она не может считаться полной, так как титановые сплавы классифицируют часто по структуре, по химическому составу, по склонности к упрочнению, по прочности и т.д. В ряде случаев применяют классификацию по элементам – стабилизаторам соответствующих фаз. Однако все эти классификации весьма сложные и имеют ограниченное ведомственное применение.

В маркировке сплавов титана какие-либо специальные системообразующие символы отсутствуют. Все промышленные деформируемые сплавы титана маркируют двумя буквами в буквосочетаниях **ВТ, ОТ, ПТ и АТ**, за которыми сразу без пропуска следует цифра, обозначающая порядковый номер сплава и не дающая о нем никакой полезной информации. Примеры записи марок деформируемых титановых сплавов выглядят следующим образом: **ВТ3, ВТ6, ПТ7, ОТ4, АТ6, ВТ22, ВТ35**.

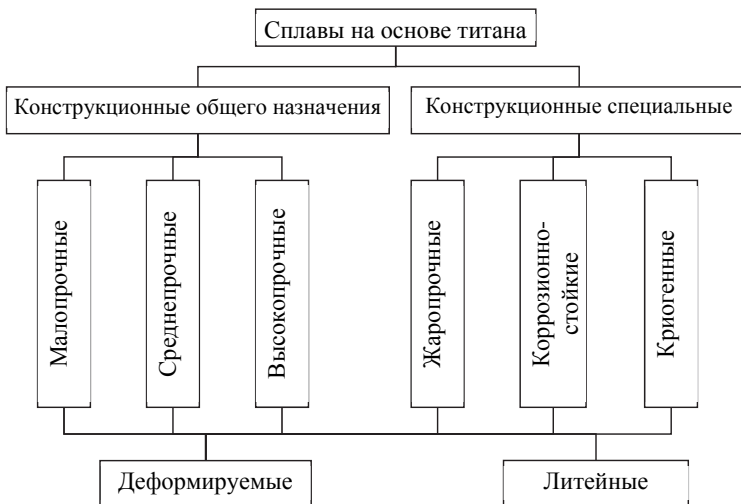


Рис. 3. Классификация сплавов на основе титана

Литейные сплавы титана по составу аналогичны деформируемым. Для них в конце марки сплава пишется буква Л, например, **BT1Л, BT5Л, BT21Л**.

Для того, чтобы узнать химический состав титанового сплава и определить его структурную принадлежность, необходимо обратиться к специальной справочной литературе, где приводятся данные обо всех известных сплавах титана.

5. Классификация и маркировка сплавов магния

Классификация основных сплавов магния приведена на рис. 4. Эта классификация практически полностью отражает все группы магниевых сплавов, используемых в настоящее время.

Чистый магний из-за низких механических свойств как конструкционный материал практически не применяют. В зависимости от чистоты его используют в пиротехнике, в химической промышленности (как катализатор), в металлургии различных металлов и сплавов (как раскислитель, восстановитель и легирующий элемент).

Суммарное число контролируемых примесей (Fe, Si, Ni, Cu) определяет марку магния [10]. Маркируют технический магний двубуквенным символом **Mг**, за которым следует число, составленное из цифр дробной части значения содержания магния с точностью до сотых долей процента. Например, магний

марки Mg96 содержит магния 99,96 %, а остальное – контролируемые примеси. Для промышленности установлены следующие марки магния: **Mg96**, **Mg95**, **Mg90**. В определенных случаях используют особо чистый магний марки **Mg9999**.

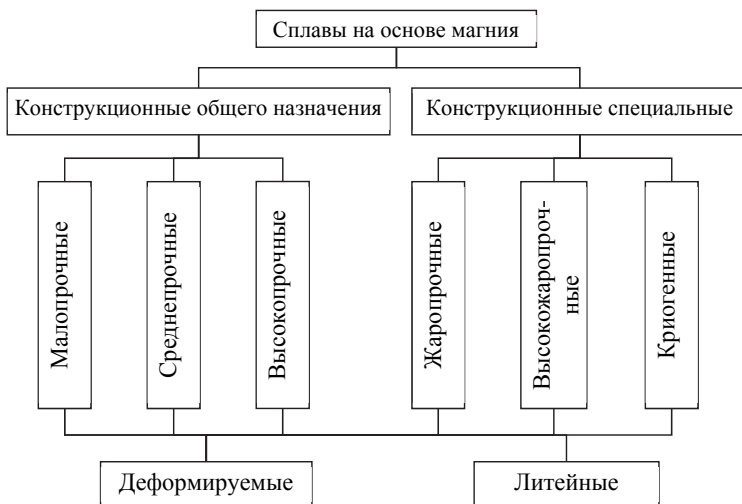


Рис. 4. Классификация сплавов на основе магния

Основными легирующими элементами магниевых сплавов являются Al, Zn и Mn. Однако они в маркировке не отражаются, и все магниевые сплавы маркируют буквой **М**. За ней ставится буква **А** или **Л** в зависимости от принадлежности сплава к деформируемым или литейным. Далее без пропуска следует цифра, обозначающая порядковый номер сплава.

Маркировка магниевых сплавов будет выглядеть следующим образом:

- для деформируемых – **МА1**, **МА5**, **МА15**, **МА21**;
- для литейных – **МЛ4**, **МЛ12**, **МЛ17**, **МЛ19**.

По составу деформируемые и литейные сплавы магния практически идентичны и отличаются только содержанием примесей. В зависимости от чистоты этих сплавов к марке добавляют буквенный символ «пч» (сплав повышенной чистоты), например: **МЛ15пч** или **МА5пч**.

Список литературы

1. Уваров, В. В. Отечественная и зарубежная маркировка конструкционных сталей: учебное пособие / В. В. Уваров, Е. А. Носова, В. С. Уварова. – Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2005. – 41 с. – ISBN 5-7883-0332-10.

2. *Гузанов, Б. Н.* Классификация и правила маркировки сталей в России. Сообщение 2. Основные маркировочные группы сталей и соответствующие им правила маркировки / Б. Н. Гузанов, В. В. Бухаленков // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 19 мая 2021 г. / под науч. ред. Б. Н. Гузанова; ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». – Екатеринбург, 2021. – С. 30–42.

3. *Гузанов, Б. Н.* Классификация и правила маркировки сталей в России. Сообщение 1. Описание классификационных признаков и классификация сталей / Б. Н. Гузанов, В. В. Бухаленков // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 19 мая 2021 г. / под науч. ред. Б. Н. Гузанова; ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». – Екатеринбург, 2021. – С. 24–30.

4. *Калачев, Б. А.* Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебник для вузов / Б. А. Калачев, В. И. Елагин, В. А. Ливанов. – Москва : МИСИС, 2001. – 416 с.

5. *Арзамасов, Б. Н.* Материаловедение: учебник для вузов / Б. Н. Арзамасов [и др.]. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 684 с.

6. *ГОСТ 4784–2019.* Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 июля 2019 г. № 435-ст : дата введения 2019-09-01 / разработан Всероссийским институтом легких сплавов. – Москва : Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2019. – 35 с.

7. *ГОСТ 1583–89.* Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 19 июня 1996 г. № 402 : дата введения 1997-01-01 / разработан Донецким государственным институтом цветных металлов. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 38 с.

8. *ГОСТ 14838–78.* Проволока из алюминия и алюминиевых сплавов для холодной высадки. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 29.03.78 № 862 : дата введения 1979-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1978. – 28 с.

9. *ГОСТ 19807–91.* Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 17.07.91 № 1260 : дата введения 1992-07-01 / разработан Министерством авиационной промышленности СССР. – Москва : Изд-во стандартов, 1991. – 33 с.

10. *ГОСТ 804–93.* Магний первичный в чушках. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 20 февраля 1996 г. № 76 : дата введения 1997-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1993. – 20 с.