

При обычной ступенчатой закалке инструменты из быстрорежущих сталей охлаждаются в жидкой среде с выдержкой в зоне А (рисунок 1, кривая 1) при температуре 400–550 °С, отвечающей области наибольшей устойчивости переохлажденного аустенита; продолжительность выдержки при этой температуре выбирают равной времени окончательного нагрева, а дальнейшее охлаждение проводят на воздухе.

В качестве охлаждающей среды при данном способе обычно используют калиевую селитру или ее смеси с едким натром. Данный расплав является взрывоопасным и разъедает поверхность детали, что приводит к браку.

Применение высокоступенчатой закалки (рисунок 1, кривая 2) расположенной зоне Б, охватывающей интервал температур 600–675 °С позволит использовать в качестве расплава смесь солей 30 %  $\text{BCl}_2 + 20\% \text{NaCl} + 50\% \text{CaCl}_2$ , которая имеет температуру плавления выше 500 °С и является невзрывоопасной. Но при данных температурах у быстрорежущих сталей из аустенита по границам зерен выделяются вторичные карбиды, вызывающие «порчу» теплостойкости и снижающие вязкость. Анализ термокинетических диаграмм распада аустенита позволил определить температурновременные параметры высокоступенчатой закалки для быстрорежущих сталей (Р6М5, Р6М5К5, Р12):  $t=580\text{--}600$  °С с выдержкой <2,5 мин. Данные температурновременные параметры обеспечат минимальное коробление длинномерных изделий, отсутствие в структуре повторно выделившихся вторичных карбидов и применять высокоступенчатую закалку для изделий толщиной не более 15 мм.

УДК 612.745.669.13

### **Международная маркировка алюминиевых сплавов**

Студент гр.10405515 Мышковец С. А.

Научный руководитель – Вейник В. А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В мировой алюминиевой промышленности применяется система классификации алюминиевых сплавов, которая основана на системе Американской Алюминиевой Ассоциации (АА). Эту же классификацию применяют международные стандарты ISO и европейские стандарты EN, но в дополнение к цифровым обозначениям сплавов применяют также буквенно-цифровые обозначения. Все алюминиевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные, которые, в свою очередь, подразделяются на различные серии (группы) по главным легирующим элементам. Каждая из этих групп принадлежит или к термически упрочняемым сплавам, или к термически не упрочняемым сплавам. На основании классификации Американской Алюминиевой Ассоциации американский стандарт ANSI H35.1 дает системы обозначений алюминия и алюминиевых сплавов.

Международная маркировка деформируемого алюминия и деформируемых алюминиевых сплавов приведена в таблице 1. В ней применяется цифровая система обозначения из четырех цифр.

Первая цифра «1» указывает серию марок технического алюминия. Признаком, по которому алюминиевый сплав относится к одной из серий от 2xxx до 8xxx, является легирующий элемент с максимальным средним (номинальным) содержанием. Исключение составляют сплавы серии 6xxx, в которых главным преобладающим признаком является соотношение содержания магния и кремния, которые доступны для образования силицида магния  $\text{Mg}_2\text{Si}$ .

Если одинаковое максимальное среднее содержание в сплаве имеют несколько легирующих элементов, то выбор серии производится в порядке следования серий: медь, марганец, кремний, магний, силицид магния, цинк.

В марках алюминия серии 1xxx обозначения, которые имеют вторую цифру от 1 до 9 указывают на специальный контроль одной или более индивидуальных примесей. В сплавах серий от 2xxx до 8xxx вторая цифра в обозначении сплава указывает на модификацию

сплава. Если вторая цифра является нулем, то это указывает на первоначальный, базовый сплав. Цифры от 1 до 9 указывают, соответственно, модификацию базового сплава.

Таблица 1 – Маркировка деформируемых алюминиевых сплавов.

Алюминий, не менее 99,00 %	1xxx
Алюминиевые сплавы по сериям:	
Медь	2xxx
Марганец	3xxx
Кремний	4xxx
Магний	5xxx
Магний и кремний (Mg <sub>2</sub> Si)	6xxx
Цинк	7xxx
Другие элементы	8xxx
Резервная серия	9xxx

Третья и четвертая цифры. Серия 1xxx включает нелегированный алюминий с естественным уровнем примесей. Последние две цифры (10xx) применяются для обозначения минимально допустимого содержания алюминия в различных вариантах нелегированного алюминия. Обычно их называют марками алюминия. Эти две последние цифры совпадают с последними цифрами минимального содержания алюминия, который указывается до ближайшего 0,01 %. Например, при содержании алюминия не менее 99,80 % марка алюминия имеет обозначение 1080. Последние две цифры в обозначениях сплавов серий от 2xxx до 8xxx не имеют никакого физического или химического смысла, а просто идентифицируют различные сплавы внутри группы.

Дополнительные буквы. Иногда в конце четырех цифр обозначения добавляется буква А, которая указывает на модификацию сплава. Например, сплав 6063А является модификацией сплава 6063.

Международные обозначения литейных сплавов. Система из обозначений литейных марок алюминия и алюминиевых сплавов также основана на четырех цифрах, однако последняя цифра отделяется от остальных десятичной точкой. Эта система идентифицирует марки алюминия и алюминиевые сплавы, а также различает их варианты для готовых отливок и для слитков для переплава.

Первая цифра в обозначении литейных алюминиевых сплавов указывает на серию сплавов, приведено в таблице 2.

Для литейных сплавов от 2xx.x до 8xx.x соответствующая серия определяется по легирующему элементу, который присутствует в сплаве в максимальной средней концентрации. Если в сплаве одинаковое максимальное среднее содержание имеют несколько легирующих элементов, то для такого сплава главный легирующий элемент определяется в порядке следования серий: от меди (2xx.x) к олову (8xx.x). Для литейного алюминия серии 1xx.x вторая и третья цифры, как и для деформируемого алюминия, указывают на чистоту металла. Для сплавов серий от 2xx.x до 9xx.x вторая и третья цифры идентифицируют конкретный литейный алюминиевый сплав.

Таблица 2 – Маркировка деформируемых алюминиевых сплавов

Алюминий, не менее 99,00 %	1xx.x
Алюминиевые сплавы по сериям:	
Медь	2xx.x
Кремний (с добавками меди и/или магния)	3xx.x
Кремний	4xx.x
Магний	5xx.x
Цинк	7xx.x
Олово	8xx.x
Другие элементы	9xx.x
Резервная серия	6xx.x

Химический состав одного и того же литейного сплава, который идентифицируется первыми тремя цифрами, имеет варианты в зависимости от его назначения, на которые указывает четвертая цифра – цифра сразу после десятичной точки: 0 обозначает отливку (готовое изделие); 1 обозначает стандартный слиток; 2 обозначает слиток с более узким химическим составом внутри химического состава стандартного слитка.

Дополнительные варианты химического состава, например, различия по содержанию примесей, обозначаются заглавными буквами перед цифровым обозначением сплава. Например, один из самых популярных сплавов для гравитационного литья, сплав 356, имеет варианты А356, В356 и С356.

Все используемые в настоящее время изолирующие покрытия по своему составу могут быть отнесены к неорганическим или органическим покрытиям. И те, и другие применяются преимущественно для защиты от атмосферной или почвенной коррозии.

*Органические.* Нанесение на металл, органического изолирующего покрытия – наиболее традиционный, а по масштабу применения наиболее широко используемый метод защиты от коррозии. Существует весьма широкий ассортимент изолирующих материалов этого типа, мировое производство которых составляет сотни миллионов тонн.

*Неорганические.* Один класс этого вида покрытий – стекловидные эмали, получаемые нагревом защищаемой поверхности с нанесением на нее слоем стекловидного шлака до температуры плавления стекловидного шлака. Такие покрытия используются преимущественно для защиты стали и чугуна от агрессивного воздействия атмосферы и некоторых других сред. Другой разновидностью неорганических изолирующих покрытий составляют так называемые конверсионные покрытия, наносимые путем химической или электрохимической обработки поверхности металла. К числу таких покрытий относятся оксидирование, фосфатирование, химическое никелирование и др.

*Оксидирование.* Сущность различных методов оксидирования заключается в создании на поверхности металлов слоя окислов, которые обладают значительно большей коррозионной стойкостью, чем основной металл. Химическому оксидированию подвергают стали, сплавы алюминия, магния.

*Фосфатирование.* Этот способ чаще всего применяется для защиты стали, цинка, магния. Фосфатирование – процесс получения на поверхности пленки фосфорнокислой соли железа и марганца. Фосфатные пленки обладают невысокой коррозионной стойкостью вследствие пористости.

*Химическое никелирование.* Химическое никелирование осуществляется без приложения тока извне за счет восстановления ионов никеля из кислых или щелочных растворов его солей гипофосфитом натрия или кальция.

Металлические покрытия

*Гальванические покрытия.* Принципы получения гальванических покрытий, основаны на осаждении на поверхности защищаемых металлов катионов из водных растворов солей при пропускании через них постоянного электрического тока от внешнего источника. Защищаемый металл при этом является катодом, а анодом служат пластины осаждаемого металла (растворимые аноды) либо пластины металла, нерастворимого в электролите (нерастворимые аноды). В первом случае при замыкании электрической цепи металл анода растворяется, а из раствора на катоде выделяется такое же количество металла, так что концентрация раствора соли в процессе электролиза практически не изменяется. При проведении процесса с нерастворимыми анодами постоянную концентрацию раствора поддерживают периодическим введением требуемых количеств соответствующей соли. По механизму защиты различают анодные и катодные металлические покрытия. Металл анодных покрытий имеет электродный потенциал, более отрицательный, чем потенциал защищаемого металла. В случае применения анодных покрытий не обязательно, чтобы оно было сплошным. Примерами анодных покрытий являются покрытия железа цинком и кадмием. Катодные металлические покрытия, электродный потенциал которых более

электроположителен, чем потенциал основного металла, могут служить надежной защитой от коррозии только при условии отсутствия в них сквозных пор, трещин и других дефектов, так как они механически препятствуют проникновению агрессивной среды к основному металлу. Примерами катодных защитных покрытий являются покрытия железа медью, никелем, хромом и т. п. *Термодиффузионные покрытия.* Эти покрытия обладают сравнительно высокой коррозионной стойкостью и высокой адгезией. Диффузионные покрытия получают в результате насыщения поверхностных слоев защищаемого металла атомами защищающего металла и диффузии, последних в глубину защищаемого металла при высоких температурах. В поверхностных слоях покрываемого металла обычно наблюдается образование новых фаз химических соединений или твердых растворов.

*Горячие покрытия.* Способ горячего нанесения покрытий заключается в погружении изделий в расплавленный металл. Возможности получения покрытия горячим способом определяются способностью покрываемого металла смачиваться расплавленным металлом покрытия. Покрывающий металл, как правило, должен иметь более низкую температуру плавления, чем покрываемый металл. Наиболее широко этот метод применяется в промышленности для нанесения на углеродистую сталь цинка, олова, свинца.

*Плакирование.* Способ плакирования или облицовки заключается в том, что на матрицу основного металла накладывают с обеих сторон (или с одной стороны) листы другого металла, затем весь пакет подвергают горячей прокатке, получая в результате диффузии на границах раздела металлов прочное сцепление между слоями. Таким способом сталь плакируют медью, латунью, никелем, алюминием, нержавеющей сталью, получая биметаллические материалы. Толщина плакировочного слоя обычно составляет 8–20% общей толщины листа.

УДК 621.745.669.13

### **Вакуумная цементация**

Студент гр.10401114 Синкевич А. П.

Научный руководитель – Вейник В. А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Цементация в вакууме и плазме являются вакуумными технологиями, где газ цементации находится под абсолютным давлением в несколько бар. Для цементации используются углеводороды, например, метан, ацетилен или пропан, причем пропан и ацетилен используются для цементации в вакууме.

Метан для достижения требуемого эффекта цементации требует дополнительного воздействия плазмы. Цементация в плазме с использованием метана имеет преимущество, если требуется частичная цементация. В этом случае на ту часть детали, которая не должна подвергаться цементации помещается съемный защитный металлический экран. Это легче, чем использовать пасту, которую трудно удалить.

Цементация в вакууме с использованием пропана или ацетилена применяется в большинстве случаев для деталей несложной геометрии. Однако было доказано, что ацетилен дает лучший выход по углеводороду из-за своей нестабильности и более высокого содержания углеродов на моль. Поэтому, используя ацетилен, можно без особых проблем производить цементацию даже плотно загруженных садок с деталями сложной геометрии. Небольшое количество технологического газа проходит через рабочую камеру и удаляется вакуумными насосами. Параметры температуры и проток газа, определяются в зависимости от требования к деталям и используются для управления процессом. Для достижения необходимого углеродного профиля цементация сменяется этапом диффузии, весь процесс завершается этапом диффузии. Эта последовательность также является параметром системы управления.