

Алюминий в сталях, и его влияние на структуру и свойства сталей

А. Я. Мельникова*, Л. Р. Гулемова

Башкирский государственный университет

Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, улица Заки Валиди, 32.

**Email: meln-alena@mail.ru*

Получение сплава, соответствующего современным требованиям промышленности – прочность, малая металлоемкость, коррозионная стойкость, хорошая свариваемость и прочее, является приоритетным направлением в науке. Легирующие элементы могут по-разному воздействовать на сплав. Введение такого элемента, как алюминий повышает жаростойкость, физико-механические свойства. Алюминий является хорошим раскислителем. В то же время оксид алюминия является концентратором напряжения.

Ключевые слова: алюминий, легирование сталей, сталь 38Х2МЮА, сплавы из алюминия, легирующие элементы.

С целью повышения качества выпускаемой продукции на различных предприятиях применяют легирование. Для улучшения физических, химических и механических свойств в сталь вводят различные элементы – легирующие добавки. Легирование позволяет добиться прочности и твердости стали, не подвергая его термической обработке.

Легирование может быть как по всему объему сплава – объемное легирование, так и на поверхности металла – поверхностное легирование.

Получение различных специальных свойств: коррозионная стойкость, жаростойкость, жаропрочность, твердость, стойкость и других – является основной целью легирования. Легированная сталь обладает лучшими свойствами, которых нет у углеродистой стали, и не имеет ее недостатков.

Сталь легируют следующими элементами: никель, хром, алюминий, ванадий, марганец, титан и другие.

В нашей работе мы рассмотрим влияние алюминия как легирующего элемента на свойства стали.

Алюминий известен своей способностью образовывать прочную оксидную пленку, это делает данный металл коррозионностойким. Алюминий стоек к воздействию серы. При этом Al образует сплавы со многими металлами.

Алюминий, широко распространенный в авиационной промышленности, является легким металлом, с высокой теплопроводностью, легко поддающийся формовке, литью, механической обработке.

Аппараты, изготовленные из алюминия, не могут работать под давлением, из-за низкой прочности элемента. Это ограничивает применение алюминия.

Наибольшее распространение при легировании Al получил в качестве раскислителя. Удаление вредных примесей происходит на этапе выплавки, введением алюминиевой проволоки, слитков или гранул. [5]

Стоит обратить внимание, что содержание Al ниже определенного уровня повышает физико-механические свойства стали. Так, при содержании алюминия менее 0.002% ухудшает свойства. При содержании Al в стали 0.02–0.7% – подавляется процесс старения стали.

Такие вредные примеси как азот и кислород снижают пластические свойства, являясь концентраторами напряжения, влияют на образование дефектов при кристаллизации. Введение алюминия позволяет удалить кислород и азот, что способствует уменьшения старения, увеличению ударной вязкости и текучести. [4]

Легирование алюминия в сплавах с высоким содержанием хрома при высокой температуре вызывает хрупкость. Для устранения этого эффекта необходимо проводить термическую обработку сразу после резки.

При высоких температурах на поверхности сталей образуются окислы железа, которые являются хрупкими и непрочными. При повышении температуры процессы образования окалин усиливаются. Окарины увеличивают расход металла. Легирование сталей алюминием позволяет увеличить окалиностойкость. [3]

Алюминий в сплавах также приводит к отрицательным свойствам: есть вероятность образования оксидов алюминия. Соединение алюминия с кислородом образует Al_2O_3 , являющийся концентратором напряжений при последующей переработке в метизном производстве. Повышение концентрации алюминия ухудшает качество поверхности холоднокатаных полос. Эти негативные свойства могут частично нейтрализоваться добавлением кальциевой проволоки (FeCa) [6].

Чистый алюминий является коррозионноустойчивым элементом. Однако алюминиевые сплавы обладают более низкими антикоррозионными свойствами. Особенно подвержены сплавы из алюминия к контактной коррозии.

Приведем примеры марок сталей легированных алюминием.

Способность сталей длительное время работать под напряжением при высоких температурах – является важной для современной промышленности. Термостойкие стали изготавливают на основе железа с добавлением легирующих элементов. Добиться по-

лучения термостойкой стали можно легированием алюминия. Данный сплав отличается прочной решеткой. Также алюминий позволяет получить мелкозернистую структуру, что увеличивает температурный интервал. При длительном воздействии высокой температуры сталь, в основе которого железо, начинает окисляться. Легирование алюминием позволяет также противостоять стали окислению. Примерами термостойких сталей, легированных алюминием, могут быть: 1X13Ю4, 05X27Ю5, 15X6СЮ, X18СЮ, X6СЮ, ХН35ВТЮ и пр.

Низкоуглеродистые стали – стали содержащие до 0.25% углерода обладают малой твердостью, прочностью и высокой пластичностью. Для придания твердости в сталь вводят алюминий.

Стоит отметить, что алюминий применяется при изготовлении мощных постоянных магнитов. Введение 12–15% алюминия позволяет улучшить магнитные свойства сплавов.

Особое значение алюминий как легирующий элемент имеет в титановых сплавах. Алюминий увеличивает прочность, жаропрочность и окислительную стойкость титановых сплавов, уменьшает плотность и склонность к водородной хрупкости.

Азотируемые стали отличаются высокой выносливостью, износостойкостью, коррозионной стойкостью, твердостью и другими свойствами. Азотируемая сталь, содержащая в своем составе алюминий образует прочные нитриды. Основой для изготовления азотируемых сталей высокой твердостью являются стали: 38X2МЮА и 38X2Ю.

Рассмотрим изменение свойств стали 38X2МЮА с введением Al.

38X2МЮА не склонна к отпускной хрупкости, флокеночувствительна. Сталь обладает плохой свариваемостью. Может эксплуатироваться до 500°C. Плотность при 20°C – 7.71×10^3 кг/м³. 38X2МЮА применяется в ответственных конструкциях: нагруженные детали прецизионных машин и приборов, азотируемые детали, эксплуатируемые при температурах до 450 град. [1]

Алюминий в сплаве 38X2МЮА уменьшает стойкость к деформациям, но в то же время повышает твердость и износостойкость его поверхности.

Таблица 1. Химический состав стали 38X2МЮА

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	Al
0.35–0.42	0.20–0.45	0.3–0.6	≤0.025	≤0.025	1.35–1.65	≤0.3	≤0.3	0.15–0.25	0.7–1.1

Сплав 38X2МЮА является жаропрочной. Алюминий уменьшает размер зерен, способствует получению мелкозернистой структуры, таким образом, увеличивает жаропроч-

ность и повышает прокаливаемость стали. Благодаря этому свойству сталь применяют при изготовлении азотированных деталей: штоки клапанов паровых турбин, работающие при температуре до 450°C, гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания, иглы форсунок, тарелки букс, распылители, пальцы, плунжеры, распределительные валики, шестерни, валы, втулки и другие детали.

Таким образом, влияя на размер зерна стали, алюминий обеспечивает допустимые показатели пластичности и вязкости.[2]

Обобщив вышеизложенное, приходим к выводам:

1. Наибольшее распространение алюминий получил в качестве раскислителя;
2. Алюминий уменьшает размер зерен, придавая повышенную жаропрочность;
3. Введение алюминия позволяет удалить вредные примеси: азот и кислород;
4. При соединении алюминия с кислородом образуется Al_2O_3 , который является концентратором напряжений;
5. Содержание Al ниже определенного уровня повышает физико-механические свойства стали. Однако содержание Al менее 0.002% ухудшает ее свойства. При содержании Al в стали 0.02–0.7% – подавляется процесс старения стали;
6. Алюминий позволяет увеличить окалиностойкость.
7. Широко распространено легирование алюминием термостойким азотируемых и назолегированных сталей.

Литература

1. ГОСТ 4543 – 71- Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2008. с 5.
2. ГОСТ Р 55375–2012- Алюминий первичный и сплавы на его основе. Марки. Москва: Стандартинформ, 2013г., с 9
3. Бойцов В. В. Горячая штамповка, Москва, 1978г. 44 с.
4. Гуляев А. П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
5. Мельникова А. Я. Конструкционные материалы, их свойства и применение: учебное пособие/ Мельникова А. Я., Райский В. В. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – 100с.
6. Утепов Н. Н., Абдеев Р. Г. Решение по контролю гумировочного покрытия при полном диагностировании резервуаров// Создание и модернизация технологий, материалов и аппаратов для инновационного развития экономики / Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения первого ректора БашГУ Шайхуллы Чанбарисова. ответственный редактор Баннова А. В.. 2016. С. 167–168.

Статья рекомендована к печати кафедрой технологических машин и оборудования инженерного факультета БашГУ (к.т.н, доцент Юминов И. П.)

Characteristics of aluminum-staged steels

A. Y. Melnikova*, L. R. Gulemova

Bashkir State University

32 Zaki Validi Street, 450074 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

**Email: meln-alena@mail.ru*

Obtaining an alloy that meets modern industry requirements: strength, low metal content, corrosion resistance, good weldability, etc., is a priority in science. Alloying elements can affect the alloy differently. The introduction of such an element as aluminum improves heat resistance, physical and mechanical properties. Aluminum is a good deoxidizer. At the same time, aluminum oxide is a voltage concentrator.

Keywords: aluminum, alloying of steels, steel 38X2MЮА, alloys from aluminium, alloying elements.