

УДК 621.74

**Алюминиевые сплавы с повышенным содержанием железа  
и возможные области их использования**

Немененок Б. М., Калининченко В. А.

Белорусский национальный технический университет

Силумины наиболее распространены среди алюминиевых сплавов в литейном производстве. Применительно к алюминиевым сплавам, выплавляемым из лома и отходов, наиболее остро стоит проблема нейтрализации вредного влияния железа, содержание которого в чушках составляет 1,1-1,3%. В процессе плавки алюминиевых сплавов в широко применяемых чугунных тиглях содержание железа может увеличиваться до 2,5% и даже выше [1]. Накоплению железа способствует и использование алюминиевого лома, особенно содержащего стальные вкладыши и не удаленные перед плавкой элементы крепления. Легирование алюминия и его сплавов железом, а так же переработка железосодержащих отходов (лома), в значительной мере ограничивается неспособностью алюминия образовывать в широком интервале твёрдые растворы, что приводит к появлению в структуре интерметаллических соединений в виде грубых включений.

По статистическим данным VDS (Германия) в 1998 году немецкой промышленностью потреблялось 612 381 тонн первичного и 453 328 тонн вторичного алюминия, по сравнению с 730 700 тоннами первичного и 405 100 тоннами вторичного алюминия на 1980 год [2]. При таком количестве вторичных металлов и сплавов необходимо разрабатывать и применять новые технологии и возможности использования вторичных сплавов обогащённых примесями, в том числе и железом. Однако кроме отрицательного воздействия на алюминиевые сплавы, нельзя не отметить и положительную роль железа особенно для специального применения и (или) специальных процессов обработки. В качестве полезного влияние железа в алюминиевых сплавах можно указать производство жаропрочных, износостойкие и др. сплавов со специальными свойствами, применения для раскисления сталей, изготовления литых модификаторов (при высокой скорости затвердевания) для изменения размера зерна, уменьшения внутренней

диффузии ряда легирующих элементов таких как Si, Mg, Cu и т.д., компактирования частиц для нужд и процессов порошковой металлургии.

Исходя из этого роль железа в алюминиевых сплавах можно представить как [3]:

1. как вредное влияние по ГОСТ 1583 –89 «Сплавы алюминиевые литейные» из 38 перечисленных сплавов содержание железа колеблется от 0,05% (для АМгблч) до 1,4% (для Ак8М3) Как меры борьбы с нежелательными примесями используются: а). Разбавление (при наличии чистого алюминия), б) Фильтрация, в) центрифугирование, г) модифицирование

2. Полезное влияние железа в алюминиевых сплавах: а) жаропрочные, износостойкие и др. сплавы, б) раскисление сталей и сплавов, в) изготовление литых модификаторов при высокой скорости затвердевания (для изменения размера зерна, уменьшения внутренней диффузии ряда легирующих элементов таких как Si, Mg, Cu и т.д.), г) производство сплавов особого назначения, д) компактирование частиц для нужд и процессов порошковой металлургии

В силуминах железо образует соединения различного состава ( $FeAl_3$ ,  $Al_3SiFe$ ,  $Al_4Si_2Fe$  и др.), которые при затвердевании имеют грубокристаллическое строение и поэтому значительно снижают механические свойства отливок, особенно пластичности. При содержании железа свыше 0,8 % формируются первичные кристаллы  $Al_3SiFe$  и  $FeAl_3$  [4].

Нейтрализовать в определенной мере негативное влияние железа на механические свойства силуминов возможно за счет введения элементов-компенсаторов, подавляющих образование включений иглообразной фазы ( $Al_9SiFe$ ). К таким элементам относится марганец, образующий в силуминах с железом фазу  $\beta Al_{15}Si_2(FeMn)_3$ , которая ослабляет эффект охрупчивания. Однако при суммарном превышении марганца и железа 0,8% могут появиться первичные кристаллы фазы  $Al_{15}Si_2(FeMn)_3$ , которые заметно ухудшают обрабатываемость отливок резанием. В качестве компенсаторов могут применяться хром, ванадий, никель и другие подобные элементы [1].

Установлено, что измельчение железосодержащих фаз наблюдается после легирования расплава марганцем, хромом,

молибденом и дополнительной обработкой расплава элементами VI группы – серой, селеном и теллуром [5]. Такой эффект был обнаружен на силумине (9,7%Si, 1,8%Fe), выплавленном из алюминия марки А 999, полупроводникового кремния и карбонильного железа. Характерные микроструктуры приведены на рисунке 2.

Модифицирование железосодержащей фазы серой или теллуром при соотношении %Fe : %Mn = 2 : 1 способствует увеличению количества фазы с гексагональной решеткой и сопровождается некоторым изменением ее параметра, а включения приближаются к правильным многогранникам. При этом добавки серы и теллура концентрируются в компактных включениях  $\beta_n$ -фазы.

Эффективным способом изменения морфологии кристаллизующихся фаз является затвердевание их в резко неравновесных условиях [6]. При этом создаются условия для измельчения зерна, значительного расширения растворимости в твердом состоянии, подавления роста грубых включений первичных интерметаллидов. Поэтому представляет интерес использовать процесс затвердевания при неравновесных условиях для устранения формирования грубых первичных железосодержащих фаз. Причем, если обеспечить мелкодисперсное формирование железосодержащих фаз, то они смогут выступать в качестве упрочняющей фазы.

Благодаря высокой скорости охлаждения из жидкого состояния перед кристаллизацией капля расплава путем закалки в воду, либо на быстровращающемся охлаждаемом валке железо остаётся в пересыщенном твёрдом растворе и не образует интерметаллических соединений. Полученные гранулы или металлические ленты можно использовать для получения изделий методами экструзии, лигатур для получения специальных сплавов (жаропрочные, износостойкие и др.) или в качестве дробы для очистки алюминиевых отливок от остатков формовочной и стержневой смеси. Замена чугуновой или стальной дробы на алюминиевые гранулы способствует повышению коррозионной стойкости алюминиевых изделий, особенно в условиях морского климата.

Несомненный интерес представляют и вопросы использования алюминиевых вторичных сплавов и отходов для

получения металлических пен. Вспененные материалы, полученные из отходов цветных сплавов или металлов, могут использоваться в изделиях неответственного назначения или не несущих значительных конструкционных нагрузок (например, бампера, наполнители и т.п.)

Главной особенностью вспененных материалов является их высокая пористость при хорошей демпфирующей способности, которая превосходит такие природные материалы как древесина и кость. Металлические пены, несмотря на низкую плотность ( $0,1-0,8 \text{ г/см}^3$ ), характеризуются достаточно высокими прочностными свойствами и жесткостью [6]. Однако, до настоящего времени их широкое использование ограничено как вследствие консервативности применяемых технологий, так и отсутствием изделий, специально разработанных с применением вспененных металлических материалов.

#### Литература

1. Немененок, Б. М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов / Б. М. Немененок. – Мн.: Технопринт, 1999. – 272 с.
2. Dr.-Ing. K. Krone. Aluminium – recycling (Vom Vorstoff bis zum fertigen Legierung). VDS, e.V. Dusseldorf, 2000. – 707 с.
3. Калиниченко, В. А. Возможные варианты применения в литейном производстве алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа / В. А. Калиниченко, Б. М. Неменёнок, Г. В. Довнар // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф., 22–23 апреля 2004. – Т. 1. – С. 168
4. Калиниченко, А. С. Снижение негативного влияния повышенного содержания железа в алюминиевых сплавах / А. С. Калиниченко, Б. М. Неменёнок, В. А. Калиниченко // Литейное производство. – 2004. – № 3. – С. 21–22
5. Bergmann H. W., Nemenjonok V. M., Kalinichenko A. S. et al. Complex grain refining of Al-Si alloys with a high Fe content // Aluminium. – 1996. – V. 72, № 5. – P. 354–356.
6. Калиниченко, В. А., Способы получения вспененного алюминия, области его применения и ряд особенностей механической обработки / В. А. Калиниченко А. С. Калиниченко // Литьё и металлургия. – 2005. – Ч. 1. – № 2. – С. 164–169.