



УДК 621.74

Поступила 07.09.2017

ПОДГОТОВКА АЛЮМИНИЕВОЙ СТРУЖКИ ДЛЯ ПЕРЕПЛАВА PREPARATION OF ALUMINUM CHIPS FOR RECASTING

М. А. САДОХА, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», г. Минск, Беларусь, ул. Машиностроителей, 28.
Тел. +375 29 778-84-65

M. A. SADOKHA, OJSC «BELNIIILIT», Minsk, Belarus, 28, Mashinostroiteley str. Tel. +375 29 778-84-65

В статье представлены варианты технологических приемов очистки алюминиевой стружки от СОЖ, масел и влаги. Подробно рассмотрен вариант сушки стружки в сушилке барабанного типа.

The article presents the options of technological methods for cleaning of aluminum chips from coolant, oils and moisture. The option of drying the chips in drum drier is drilled down.

Ключевые слова. Стружка, алюминиевый сплав, очистка, сушка, переплав.

Keywords. Chip, aluminum alloy, cleaning, drying, recasting.

Суть всех процессов очистки стружки – удаление с ее поверхности воды, масла и других жидких компонентов с целью обеспечения максимального выхода металла при последующем переплаве. Одним из вариантов очистки стружки является ее отмывка. Для отмывки очень влажной стружки от масла и СОЖ (при содержании более 6%) применяют центрифуги непрерывного действия, которые изготавливают как с вертикальным, так и с горизонтальным расположением ротора. Опробован способ удаления масел и эмульсий, входящих в состав СОЖ, путем промывки стружки горячей водой. Среди других процессов очистки стружки от влаги и масла наибольшее распространение получила технология сушки стружки.

Процесс сушки может быть разделен на две условные стадии, которые в зависимости от конструкции сушильной установки могут быть последовательными, частично пересекающимися или полностью совпадающими в пространстве и времени:

1. Удаление с поверхности стружки легкоиспаряющихся органических веществ путем перевода их в газообразное состояние. Этот процесс требует низкой температуры и безокислительной атмосферы для предотвращения возгорания паров в установке.

2. Удаление с поверхности стружки тяжелых углеводородных соединений, для чего они должны быть преобразованы в более легкие соединения. Этот процесс требует присутствия кислорода и более высокой температуры. При этом температура должна быть ниже точки активного окисления стружки, т. е. примерно до 540 °С.

Условия выполнения каждой из стадий накладывают определенные ограничения на процесс сушки и делают его успешным при соблюдении ряда технологических параметров. Рассмотрим возможные варианты сушки и представим техническое описание установок для их реализации (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Варианты сушки стружки

Вариант	Выполнение 1-й и 2-й стадий сушки		Вид процесса
	в пространстве	во времени	
1	В одном месте	Не одновременно	Периодический
2	В разных местах	Одновременно	Непрерывный
3	В разных местах	Не одновременно	Периодический
4	В одном месте	Одновременно	Периодический

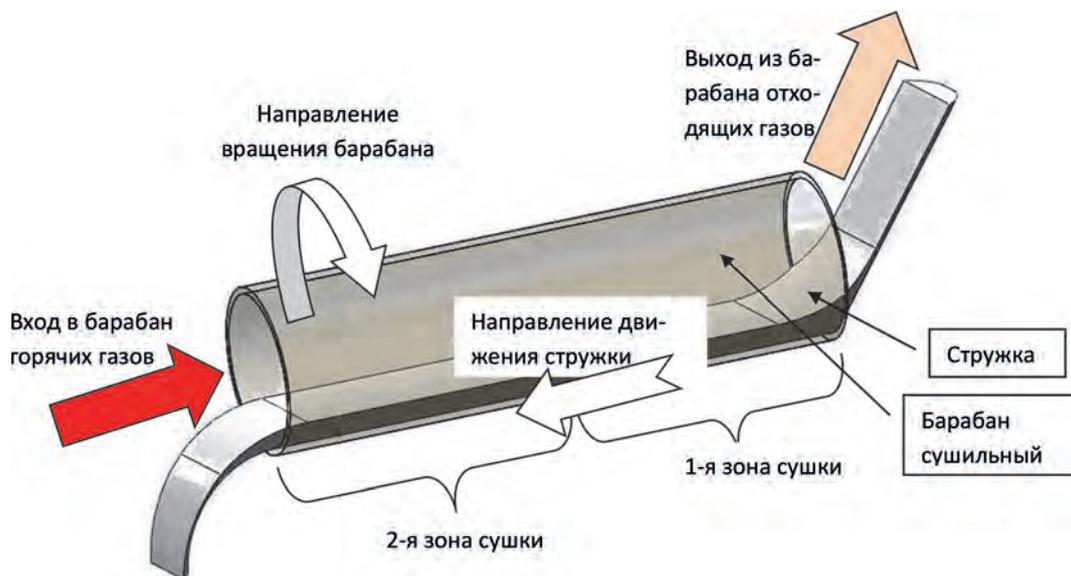


Рис. 1. Технологическая схема сушки стружки в барабанном сушиле с противотоком

Первый вариант сушки стружки представляет собой периодический процесс, при котором какой-то ограниченный объем стружки в контейнере или корзине загружают в сушильный агрегат, где происходит постепенное ее нагревание со скоростью, обеспечивающей раздельное во времени протекание обеих стадий сушки. Этот вариант отличается низкой производительностью и высокой энергоемкостью и может быть использован при обработке относительно небольших объемов стружки в местах ее образования для переработки в условиях собственного производства.

Второй вариант реализуется путем непрерывного перемещения стружки из первой зоны во вторую с помощью специального транспорта, например, пластинчатого транспортера, шнека и т. п. Однако наибольшее применение нашел вариант барабанной сушки потоком горячих газов. В этом случае обеспечивается условие постоянного перемешивания стружки и единый источник энергии для поддержания температуры на заданном уровне в обеих зонах, что обеспечивает относительно низкий расход энергии и высокий коэффициент полезного действия агрегатов.

Третий вариант реализуется крайне редко, так как он носит периодический характер и в отличие от первого варианта требует перемещения стружки в контейнере из одного сушильного агрегата в другой, в каждом из которых идет реализация различных стадий сушки. Этот вариант достаточно сложен с точки зрения организации процесса, требует управления пересекающимися транспортными потоками и повышенного расхода энергии.

Четвертый вариант сушки по организации аналогичен первому, однако он практически не используется, так как для его реализации требуется в отличие от первого варианта создавать в печи безокислительную среду или осуществлять вакуумирование. Эти технологии для очистки обычной стружки после механической обработки экономически будут не оправданы. В настоящее время такие процессы обработки отходов алюминия развиваются достаточно активно и используются некоторыми зарубежными компаниями для извлечения алюминия из упаковочных материалов, содержащих в своем составе алюминиевую фольгу. В развитых странах на долю упаковки уже теперь приходится до 20% получаемого вторичного алюминия.

Таким образом, для сушки алюминиевой стружки в промышленных масштабах наиболее приемлемым является второй вариант, причем в варианте барабанного сушила. Технологии и оборудование, основанные на данном принципе, нашли наибольшее распространение в мире. Остановимся на данном процессе подробнее.

Установлено, что наиболее целесообразно использовать технологическую схему, основанную на противотоке, т. е. поток стружки движется навстречу потоку горячих газов (рис. 1). В этом случае наиболее подходящая зона барабанного сушила для реализации второй стадии сушки – зона выгрузки стружки из барабана, где в него входят наиболее горячие газы от газовой или иной горелки, и присутствует значительное количество кислорода за счет подсоса атмосферного воздуха, а стружка уже очищена от легкоиспаряющихся органических веществ.

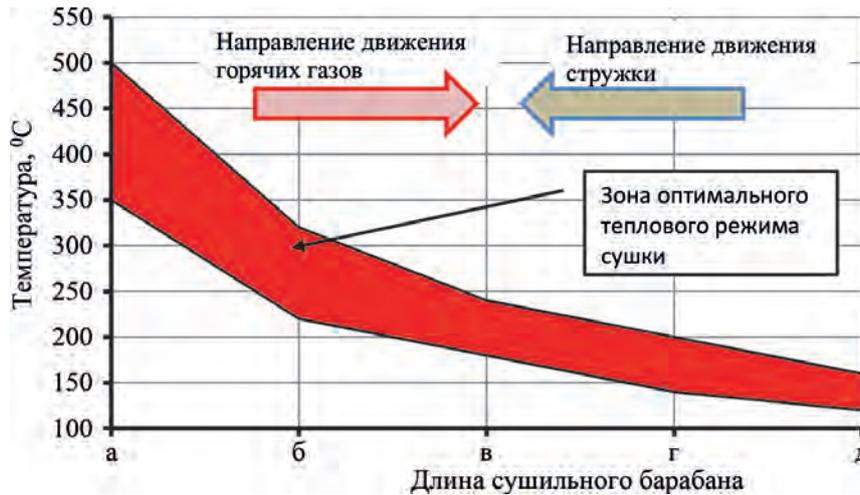


Рис. 2. Схема теплового режима работы сушильного барабана при сушке алюминиевой стружки: расстояние $a-d$ – общая длина сушильного барабана; расстояние $a-b$ – длина зоны второй стадии сушки стружки (удаление тяжелых органических веществ); расстояние $b-g$ – длина зоны первой стадии сушки стружки (удаление легкоиспаряющихся органических веществ и воды)

Далее поток газов, насыщенных парами разложения тяжелых углеводородных соединений, движется по направлению к выходу из барабана, отдавая по дороге тепло движущейся навстречу стружке, что ведет к постепенному снижению температуры газов в барабане. В результате в зоне загрузки стружки в барабан достаточно легко обеспечить температурные условия для протекания первой стадии сушки (температура не должна превышать 160 °C).

Вода, присутствующая в стружке, также испаряется на первой стадии и удаляется из сушила без снижения температуры в сушильном барабане, особенно в зоне протекания второй стадии сушки – это важная особенность системы противотока. Кроме того, присутствующая вода является сдерживающим и блокирующим фактором процесса воспламенения легкоиспаряющихся горючих органических веществ. Благодаря присутствию воды удается снизить температуру отходящих газов до оптимального уровня. В связи с тем что содержание в стружке загрязняющих веществ, как правило, не является постоянным, особенно в условиях централизованной переработки стружки от различных поставщиков, некоторые изготовители оборудования в конструкцию сушила вводят узел водяного душирования второй сушильной зоны с целью регулирования температурного режима без изменения производительности агрегата. При этом душирование включается в автоматическом режиме в зависимости от температуры в определенных зонах сушильного барабана.

Условно температурный режим сушильного барабана для алюминиевой стружки показан на рис. 2.

Температурный режим барабанного сушила при сушке стружки носит ключевой характер в процессе сушки. Анализ схемы теплового режима показывает, что в тепловом отношении при использовании барабанного сушила у нас имеется техническая возможность гибко и независимо регулировать температуру в зонах первой и второй стадий сушки. Так, температура в высокотемпературной зоне сушки (зона второй стадии) определяется режимом работы горелки (расходом топлива). Температура в зоне первой стадии сушки (низкотемпературная зона) поддерживается на максимальном уровне за счет горячих газов, идущих из второй зоны сушки, а понижение температуры в данной зоне может быть обеспечено за счет водяного душирования.

Большое влияние на температурный режим в сушильном барабане оказывают и такие факторы, как интенсивность теплообмена между стружкой и газами, длина сушильного барабана, скорость его вращения, угол наклона, количество и засоренность стружки и др. Так, для обеспечения хорошего перемешивания стружки и максимального контакта стружки с газами на внутренней поверхности барабана выполняются специальные полки, позволяющие поднимать стружку на максимальную высоту и сбрасывать ее вниз. Это позволяет при прочих равных условиях существенно сократить длину сушильного барабана. Скорость вращения и угол наклона барабана напрямую определяют время нахождения стружки в различных зонах сушки и прохождения всего барабана в целом. Засоренность стружки определяет при прочих равных условиях необходимое время нахождения стружки в той или иной зоне, что может существенно влиять на производительность сушильной установки и режимы ее работы.

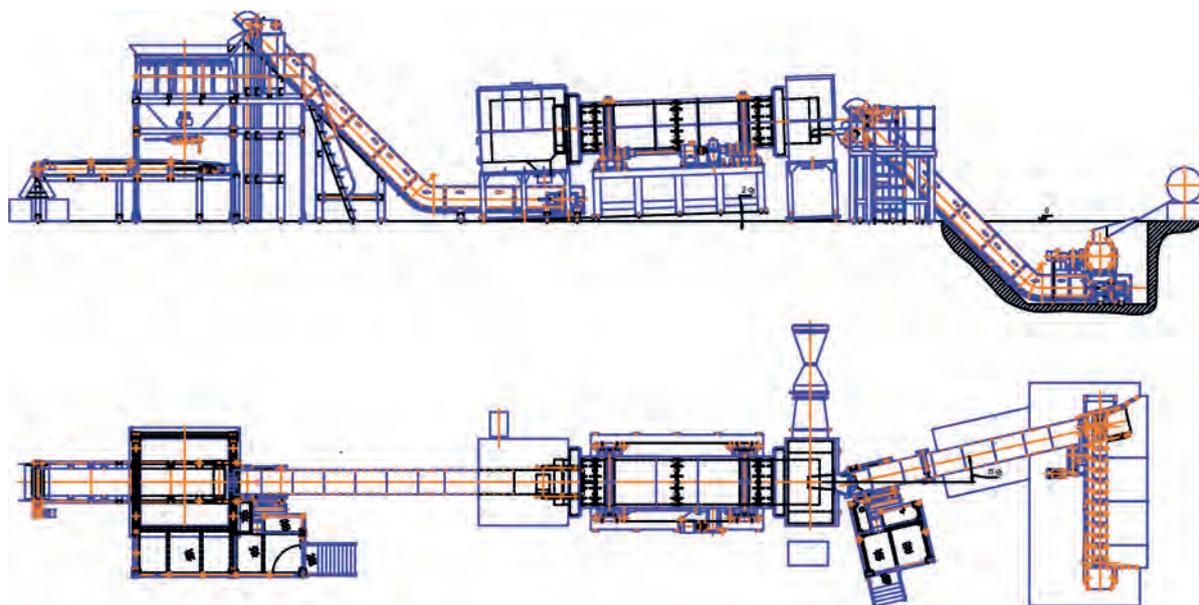


Рис. 3. Схема линии подготовки алюминиевой стружки к переплаву мод. 46178



а



б



в



г

Рис. 4. Общий вид линии подготовки алюминиевой стружки к переплаву мод. 46178 (а, б) и ее отдельные узлы: сушильный барабан (в), магнитный сепаратор (г)

В общем случае производительность сушильной установки алюминиевой стружки (P) на базе сушильного барабана можно представить в виде следующей зависимости:

$$P = f(q_1, q_2, q_3, L, D, \omega, \alpha, Q), \quad (1)$$

где q_1, q_2 – соответственно засоренность стружки легкоиспаряющимися и «тяжелыми» органическими веществами; q_3 – засоренность стружки водой; L – длина барабана; D – диаметр барабана; ω – скорость вращения барабана; α – угол наклона барабана; Q – мощность горелочного устройства.

В ОАО «БЕЛНИИЛИТ» разработана технологическая линия для подготовки алюминиевой стружки к переплаву мод. 46178. На рис. 3 показана схема данной линии, а на рис. 4 – отдельные ее узлы после монтажа. Данное оборудование предназначено для очистки алюминиевой стружки от загрязнений маслом, влагой и отделения железосодержащих включений.

Технические параметры линии мод. 46178 приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики линии мод. 46178

Наименование параметров и размерность	Характеристика
Производительность по сырой стружке, кг/ч	до 620
Расход электроэнергии, кВт·ч/ч, не более	54
Расход газа, м/ч, не более	35
Расход воды, м/ч, не более	10
Расход сжатого воздуха, м/ч, не более	80
Объем бункера-накопителя, дм ³	4654
Габаритные размеры (с АБХУ), мм, не более: длина × ширина × высота	25475×11021×6689
Масса линии (с АБХУ), кг, не более	38100
Масса АБХУ, кг, не более	10800

Работа линии мод. 46178 осуществляется следующим образом.

Загрязненная алюминиевая стружка, проходя через барабанный вращающийся грохот, разделяется на две категории: элементная дисперсная стружка и витая длинномерная стружка. Витая стружка удаляется на дробилку (не входит в состав комплекса). Элементная стружка, проходя по системе конвейеров, попадает на вибрлоток, подающий ее непосредственно во вращающийся сушильный барабан со стороны загрузочной камеры.

Сушильный барабан установлен под углом 2–3° по отношению к горизонту, что обеспечивает перемещение стружки по барабану в процессе его вращения. Для обеспечения более высокого подъема стружки внутри барабана и лучшего теплообмена между стружкой и горячими газами на внутренней поверхности барабана выполнены продольные полки (рис. 5).

На противоположной стороне сушильного барабана находится топка, в которой установлена газовая горелка. Горячий воздух из топки движется к загрузочной камере через сушильный барабан, контактирует со стружкой, нагревает ее, в процессе чего происходит испарение влаги, масла и СОЖ. Далее газы, насыщенные парами загрязняющих стружку веществ и взвешенными частицами, поступают на очистку.

Высушенная стружка поступает в приемный бункер 1, из которого по ленточному транспортеру 3 передается к магнитному сепаратору 4 (рис. 6).

Стружка, поступающая из приемного бункера, хаотично располагается слоем различной толщины на ленточном транспортере. Она имеет в своем составе ферромагнитные и слабомангнитные частицы, различающиеся по своему фракционному составу, некоторые частицы поступают в виде биметалла, некоторые – в виде пылевидной фракции, прилипшей к крупным частицам. Для полного удаления железосодержащих компонентов агрегат магнитной сепарации до попадания в барабан сепаратора снабжен встряхивателем 2, 5 и щелевым дозатором 6. Находящаяся на ленточном транспортере стружка, проходя через щелевой дозатор, укладывается ровным слоем, что позволяет в дальнейшем более эффективно отделять примеси. Основное назначение встряхивателя стружки, который состоит из магнита 2 с переменной магнитной индукцией или магнита 2 с механическим возбудителем 5 – осуществить перераспределение магнитных и немагнитных частиц стружки на транспортере, нарушить связь примесей пылевидной фракции, дополнительно намагнитить слабомангнитные примеси.



Рис. 5. Внутренняя конструкция сушильного барабана

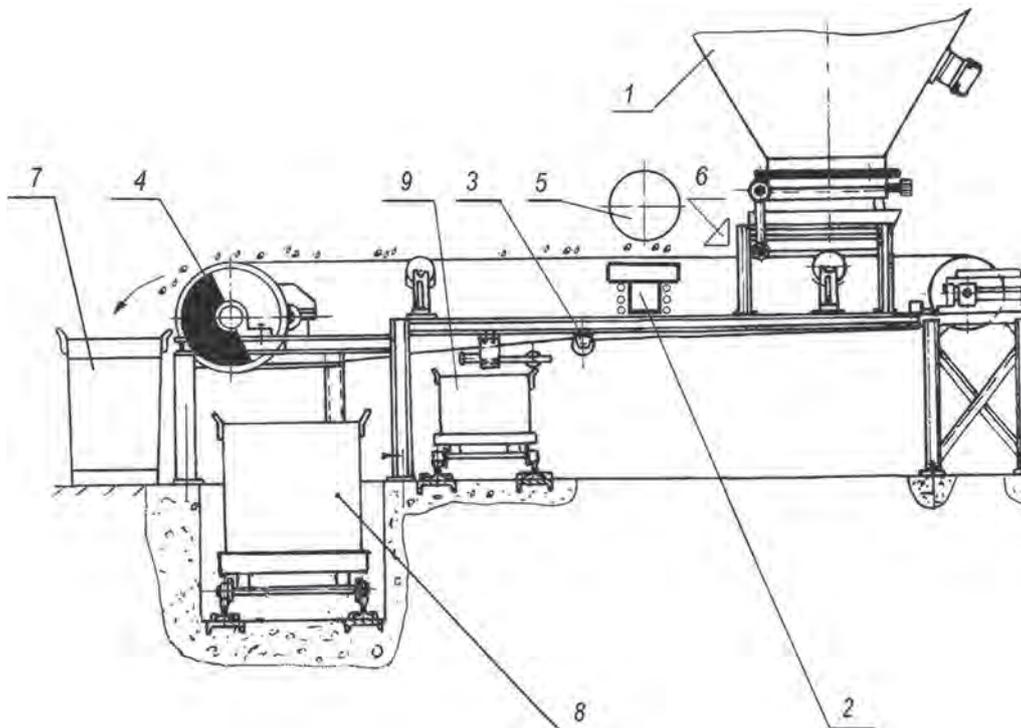


Рис. 6. Устройство магнитной сепарации: 1 – бункер; 2,5 – встряхиватель; 3 – транспортер; 4 – магнитный сепаратор; 6 – щелевой дозатор; 7– 9 – тара

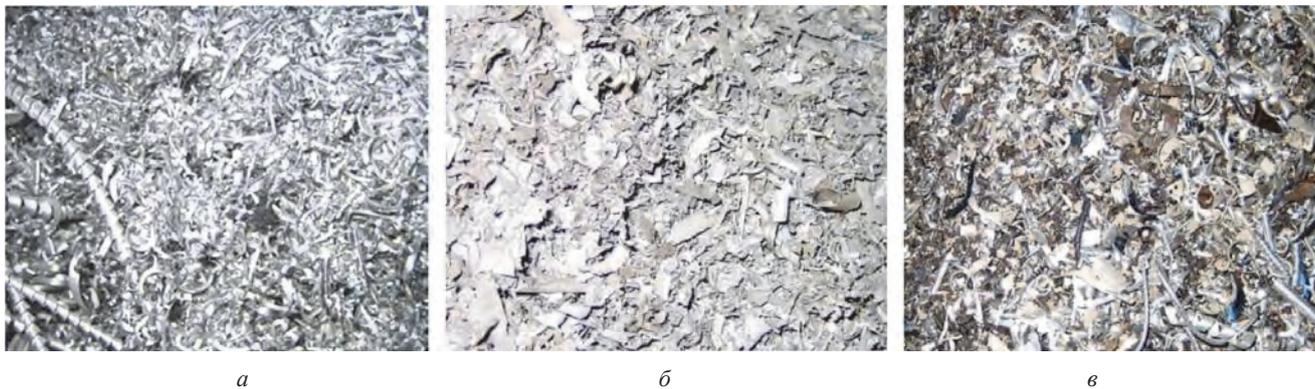


Рис. 7. Внешний вид стружки: а – до сушки; б – после сушки; в – магнитосодержащий отсев

Встряхиватель может быть выполнен в виде магнита с переменной магнитной индукцией или в виде магнита и механического встряхивателя (например, немагнитной щетки). В первом случае встряхивание происходит за счет импульсного намагничивания, создаваемого напряженностью магнитного поля. Во втором случае – при механическом нарушении сплошности слоя стружки и направленного магнитного поля.

После прохода стружки через встряхиватель ферромагнитные и слабомагнитные частицы преимущественно находятся внизу слоя стружки и поэтому при попадании в поле действия барабана сепаратора притягиваются к нему. В этом случае вероятность попадания ферромагнитных частиц в тару 7 для очищенной алюминиевой стружки сводится к нулю. Отсепарированные частицы и частицы, прилипшие к транспортеру, под действием силы тяжести, выходя из поля действия магнита или скребкового досборника, попадают в отдельную тару 8, 9.

В основу работы барабанного сепаратора могут быть положены различные принципы, сепарирование может осуществляться с помощью электромагнита, а также при помощи магнита постоянного тока. Практика показала, что наиболее эффективным является использование магнита постоянного тока, изготовленного на основе редкоземельных металлов (Nd-Fe-B) с $(BH)_{\max} > 290 \text{ К} \cdot \text{Ам/м}^3$ и обеспечивающего магнитную индукцию на поверхности магнитного барабана до 90 мТл. Магнит выполнен в виде части (половины) цилиндра, закрепленного на неподвижной оси внутри вращающегося барабана. Фер-

ромагнитные частицы притягиваются к барабану и удерживаются в нем до момента поворота барабана на 180 °С. Затем магнитное поле исчезает и частицы падают в тару.

Эффективность работы линии сушки установки мод. 46178 подтверждается результатами, полученными при сушке сильно засоренной алюминиевой стружки (табл. 3). Внешний вид стружки до и после сушки представлен на рис. 7.

Т а б л и ц а 3. Результаты сушки стружки на установке мод. 46178

Показатель	До сушки	После сушки
Содержание воды,%	0,8–2,0	0,2
Содержание масла,%	7,6–15,0	0,6
Содержание железосодержащих элементов, %	7,0–20,5	0,8
Выход сухой стружки,%	84,6–62,5	–

Литература

1. Волочко А. Т., Садоха М. А. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. Минск: Беларуская навука, 2011. 387 с.