

А.В. Блохин, доц., канд. техн. наук;
М.Н. Пищов, доц., канд. техн. наук;
А.М. Лось, ст. преп.,
В.А. Шыкер, студ.
(БГТУ, г. Минск)

АЛЮМИНИЕВЫЙ РЕЦЕРКУЛЯТ КАК ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

Сегодня сплавы на основе алюминия являются вторыми по применяемости, уступая только сплавам на основе железа. Динамика роста производства и потребления алюминия впечатляют: если в начале XX века производство алюминия едва достигало 10 тыс. т, то к середине XX века – более 600 тыс. т. По данным Международного института алюминия [1] производство первичного алюминия сегодня достигло свыше 100 млн. т в год и продолжает неуклонно расти. Так, если в 2001 г. в мире было произведено около 24 млн. т первичного алюминия, в 2010 г. – 40 млн. т, а в 2021 – почти 140 млн. т (рис. 1).

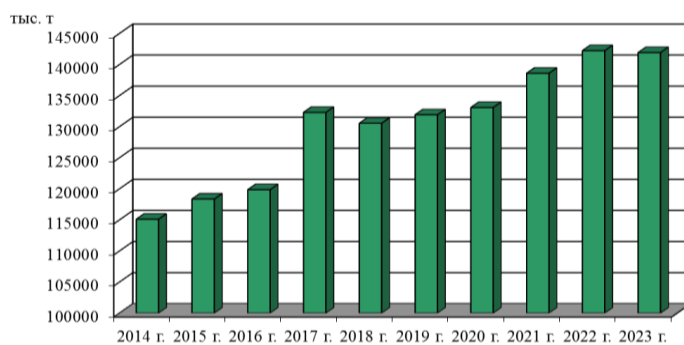


Рисунок 1 – Мировое производство первичного алюминия в 2014-2023 гг.

В мировой практике в настоящее время активно используют два процесса получения алюминия:

- первичного алюминия из глинозема методом электролиза;
- вторичного из лома и отходов производства путем их переплавки. Главным достоинством первого процесса является высокое качество продукции, главным недостатком – высокий расход электроэнергии. Несмотря на то, что в течение 20-го столетия энергозатраты на электролиз снизились в среднем с 50 до 14 кВт·ч/кг алюминия, их доля в себестоимости продукции составляет 25-30%. Кроме того, примерно 15% себестоимости включают затраты на углеродные аноды.

Серьезным недостатком классической технологии получения первичного алюминия является также выделение больших количеств угарного газа и двуокси углерода в результате сгорания углеродного анода. В мире постоянно ведутся работы по устранению отмеченных

недостатков. Так, по данным корпорации «РУСАЛ» [2], наиболее перспективной видится технология, предусматривающая применение инертного анода из алюминиевой бронзы. Применение таких электродов позволит эффективнее использовать электроэнергию и улучшить экологическую обстановку за счет полного исключения выбросов парниковых газов и полиароматических углеводородов (в производстве по классической технологии на одну тонну алюминия расходуется до 500 кг угольных анодов). Ожидается, что применение такого подхода позволят снизить расход энергии до 9-10 кВт·ч/кг.

В мире наиболее крупными потребителями алюминия и, соответственно, поставщиками его скрапа, являются: транспорт, строительная и пищевая промышленность, машиностроение (таблица 1).

Таблица 1 – Образование скрапа при производстве и применении изделий из алюминия [4].

Отрасль	Изделия	Жизненный цикл, лет	Образование скрапа в производстве, %	Коэффициент сбора лома изделий, %	Соотношение деформируемых и литейных сплавов
Транспорт	Пассажирский самолет	25-30	100-122	85-90	90/10
	Автомобиль	12-15	25-43	50-85	20/80
Строительство	Оконная рама	40-50	11-18	85-95	100/0
Пищевая промышленность	Банка для напитков	0,2-0,5	30-33	20-91	100/0
	Фольга	0,2-1,0	10-20	10-30	100/0
Машиностроение	Бытовая техника	7-10	40-70	50-85	50/50

Широкое применение алюминия и сплавов на его основе в транспортном машиностроении определяется высокими показателями удельной прочности, повышенной коррозионной стойкостью, а также способностью к демпфированию колебаний и большому поглощению энергии. Особенно важны эти показатели при производстве легковых автомобилей. В связи с этим темпы использования изделий из алюминиевых сплавов в легковых автомобилях имеют устойчивую тенденцию к росту. Тенденция к увеличению доли цветных, в частности, Al – сплавов, в общем объеме выпуска отливок вызвана, прежде всего, развитием автомобильной и авиационной индустрии. Так, по данным [3] если в 1990 году на один автомобиль расходовалось в среднем 50 кг этого материала, то к 2005 году эта цифра выросла до 130 кг, а в 2020 г. она достигла 205 кг [5].

Результаты исследований компании DuckerFrontier [5] о содержании материалов, используемых при производстве легковых автомо-

билей, однозначно показывают, что удет расти использование алюминия в деталях кузова и шасси в традиционных транспортных средствах, а также в электрифицированных силовых агрегатах и аккумуляторных платформах электромобилей. Автопроизводители будут продолжать увеличивать использование алюминия в новых автомобилях, т.к. тенденция использования широкой номенклатуры материалов, включая сплавы на основе алюминия, при конструировании автотранспорта (легкового, грузового и пассажирского) последние десятилетия остается устойчивым трендом.

Автомобильные фирмы планируют в ближайшее десятилетие довести массу алюминия в автомобиле до 20%. В странах СНГ алюминиевые сплавы применяются недостаточно следствием чего является, что отечественные машины и составляющие их детали тяжелее зарубежных аналогов на 20-25 %. Отсюда удельная мощность снижается, а потребление энергии и топлива увеличиваются, что приводит к ухудшению экологической обстановки в целом.

По данным российской корпорации «РУСАЛ», производство транспортных средств остается наиболее крупным и быстрорастущим рынком сбыта алюминия [6]. Если в 2000 году его потребление в данной отрасли в развитых странах составило 20-25% от общемирового производства, то в 2017 году оно достигло 27 %. В машиностроении в 2016-2017 гг. доля потребленного алюминия составляла 9-9,5%.

Международная конференция Европейского Союза «6-я Рамочная Программа», которая состоялась 25-26 ноября 2002 года в г. Варшава (Польша), определила основные направления развития европейской науки сроком до 2006 года. Согласно этой программе, транспортные средства нового поколения планируется изготавливать более совершенными, надежными и экологически безопасными с использованием при их производстве материалов, способных к 100 % повторной переработке. Большое внимание при этом уделяется использованию алюминия и его сплавов, что нашло отражение в программе «Al-Trans».

По данным фирм, выпускающих большегрузные автомобили Volvo, Scania, Man, Mercedes в грузовом автомобиле можно использовать в среднем до 2000 кг алюминия и его сплавов. Себестоимость таких автомобилей выше, однако эта разница окупается уже после 16 месяцев эксплуатации. Алюминиевые конструкционные материалы все активнее используются при изготовлении подвижного состава железнодорожного транспорта. На сегодняшний день 80 % всех вагонов, эксплуатирующихся в Европе, изготовлены из алюминийсодержащих материалов. Экспериментально установлено, что при замене в вагонах

12 % стальных деталей на алюминиевые, полезная нагрузка увеличивается на 40 %. При широком использовании алюминия в поездах метро и трамваях в 2 раза снижается потребление электрической энергии при разгонах и торможениях. Таким образом, использование алюминиевых сплавов для деталей, работающих в условиях циклического нагружения, постоянно расширяется.

В связи с тем, что новые технологии электролиза требуют значительных средств и времени на их разработку и внедрение, а также в связи с тем, что после их реализации энергозатраты останутся достаточно высокими и будут составлять 17-20 % от себестоимости производства, весьма перспективным является использование вторичного алюминия. Энергозатраты на получение из него сплавов при плавке в электропечах составляют около 0,4 кВт·ч. [7], что в 35 раз ниже, чем при производстве первичного алюминия методом электролиза. Следует отметить, что в развитых странах за период с 1990 по 2000 г. производство первичного алюминия сократилось на 10 % при значительном росте вторичного, обеспечившем рост общего потребления алюминия на 30 %, при этом каждый третий килограмм потребленного металла был получен путем рециклинга [4]. Такая тенденция объясняется высокой стоимостью первичного алюминия. Так, по данным Лондонской биржи металлов (London Metal Exchange) [8], в 1998 г. за одну тонну этого металла просили около 1500 долларов США, то в 2000 г. – стоимость достигала 1600-1700 долларов США за одну тонну. В настоящее время стоимость этого металла остается довольно высокой (рисунок 1.2). В связи с вышесказанным решение проблемы обеспечения возрастающей потребности в алюминии и его сплавах невозможно без рециркуляции алюминийсодержащих материалов, т. е. создания замкнутого цикла использования материалов, который способен неоднократно повторяться.

В настоящее время, скорость рециркуляции стали в мировом масштабе составляет 55 %, а алюминия – 27 %. По мнению многих экспертов, следует стремиться к максимально возможной скорости рециркуляции. Эффективность рециркуляции еще и в том, что она значительно снижает энергетические затраты и позволяет экономно использовать невозобновляемые источники энергии. При общемировом количестве 500 млн. автомобилей и скорости их рециркуляции (замены) 6 % ежегодно образуется более 2,5 млн. тонн вторичного алюминия. Незначительное количество вторичных алюминиевых сплавов поставляют другие отрасли [9]. В настоящее время в Европе около 200 заводов заняты переработкой вторичного алюминия [9]. При этом производство вторичного алюминия по темпам роста опе-

режает получение первичного. Лидерами производства вторичного алюминия являются Германия, Италия, Франция и Австрия, которые перерабатывают до 90 % деталей автотранспорта и до 80 % изделий машиностроения.

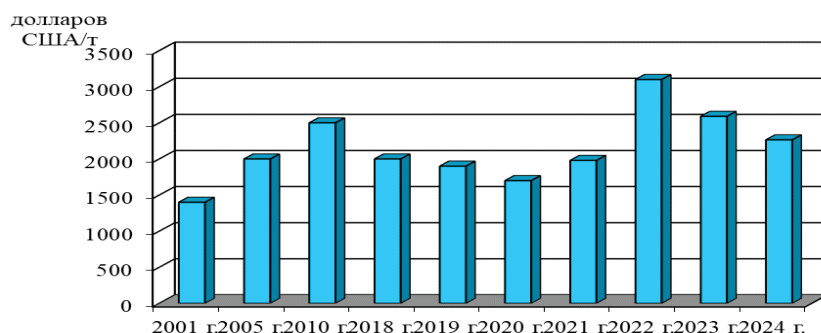


Рисунок 2 – Стоимость алюминия [8] в 2001 -2024 гг.

В настоящее время в Европе около 200 заводов заняты переработкой вторичного алюминия [9]. При этом производство вторичного алюминия по темпам роста опережает получение первичного. Лидерами производства вторичного алюминия являются Германия, Италия, Франция и Австрия, которые перерабатывают до 90 % деталей автотранспорта и до 80 % изделий машиностроения.

Для Республики Беларусь сбор алюминиевого скрапа и эффективная его переработка является актуальной и стратегически важной задачей, т.к. ресурсами, позволяющими получать первичный алюминий, она не обладает. Рост производства, повышение конкурентоспособности изделий вынуждает предприятия наращивать объемы использования сплавов из цветных металлов, в том числе и алюминиевых сплавов. Переработка алюминиевого лома и отходов позволяет частично заменить импорт дорогостоящих первичных алюминиевых сплавов. При этом рынок вторичного сырья в Республике Беларусь за последние 10 лет постоянно развивается. Так, по данным [10], в 2004 г. для переработки на предприятия было поставлено около 3,2 тыс. т отходов алюминия, притом, что среднегодовое количество образования лома алюминия в Республике Беларусь составляло 5-6 тыс. т. Следует отметить, что качественные виды отходов алюминия составляют около 60-70%. По данным РУПП «БелЦветМет» за последние годы заготовка алюминиевого лома и отходов выросла до 10-12 тыс. т. и продолжает расти.

Основной проблемой рециклинга является более низкое качество сплавов по сравнению с полученными из первичного алюминия, а для обеспечения возможности использования вторичных алюминиевых сплавов при изготовлении деталей, работающих в условиях цик-

лического нагружения, необходим большой объем исследований. Поэтому разработка методик ускоренных усталостных испытаний и методов повышения характеристик циклической прочности алюминиевых сплавов являются весьма актуальными. Таким образом, показано, что потребление алюминиевых сплавов неуклонно растет, и существуют объективные предпосылки для его дальнейшего наращивания; в связи с высокой стоимостью первичных сплавов в структуре потребления алюминия весомую долю занимают вторичные сплавы; для более эффективного использования вторичного сырья необходимы исследования влияния различных факторов на характеристики усталости вторичных алюминиевых сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Aluminium Institute [Electronic resource] – Mode of access: https://stats.world-aluminium.org/iai/stats_new/index.asp. – Date of access: 12.02.2011.
2. РУСАЛ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rusal.ru/development/innovations/inert_anode.aspx. – Дата доступа 14.05.2011.
3. Металлы и цены. Ценовой каталог металлопродукции и оборудования [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://metal4u.ru/articles/by_id/203. – Дата доступа 14.05.2011.
4. Макаров, Г.С. Российский рынок вторичного алюминия / Г.С. Макаров // Рынок вторичных металлов. – 2004. – № 5/25. – С.70-73.
5. vc.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vc.ru/money/157659-prognoz-ispolzovaniya-alyuminiya-v-avtomobilnoy-promyshlennosti>. – Дата доступа 31.01.2024.
6. РУСАЛ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rusal.ru/development/innovations/inert_anode.aspx. – Дата доступа 14.05.2011.
7. Плавка алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока / В.С. Малиновский [и др.] // Рынок вторичных металлов. – 2004. №5/25. – С.53–54.
8. London Metal Exchange [Electronic resource] – Mode of access: http://www.lme.com/aluminium_graphs.asp. – Date of access: 10.05.2011.
9. Рязанов, С.Г. Тенденции и проблемы использования вторичных алюминиевых сплавов / С.Г. Рязанов, А.А. Митяев, И.П. Волчок // Nauka i Technologia: Труды VI конференции. – Zakopane. – 2003. – С. 99–102.
10. Довнар, Г.В. Структура и анализ сырьевой базы цветных металлов Республики Беларусь / Г.В. Довнар, А.А. Андриц, А.Н. Степанюк // Литье и металлургия – 2005. – № 2-1. – С. 124–126.