УДК 669.71/339.5

В.А. Гнатуш, канд. техн. наук, независимый аналитик, e-mail: vgnatus@gmail.com
В.С. Дорошенко[1], д-р техн. наук, ст. науч. сотр., e-mail: doro55v@gmail.com

[1]Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев, Украина

Рост производства алюминиевого литья в начале XXI века

Представлен анализ мирового рынка алюминиевых отливок в 2000–2017 гг., а также текущие тенденции в производстве, торговле, литейных технологиях и литейных сплавах. Мировой рынок отливок из алюминиевых сплавов в начале XXI века характеризуется динамизмом и возрастающим трендом. Несмотря на локальный во времени экономический кризис, в период с 2000 по 2017 гг., производство алюминиевых отливок в мире увеличилось в 2,4 раза. Основным потребителем таких отливок является транспортная отрасль (доля 75 % в 2011 г.), в том числе автомобилестроение – 57 %. Странами лидерами по производству алюминиевых отливок являются Китай, США и Япония. Литейное производство автомобильной отрасли использует прогрессивные технологии, которые постоянно совершенствуются, о чем свидетельствуют приведенные примеры отливок. Ученые создают новые технологии и литейные сплавы с повышенными эксплуатационными характеристиками, как, например, технология Rotocast, сплавы системы Al-Ce-X. Известно расширение технологии литья по газифицируемым моделям с кристаллизацией металла под давлением. Опережающий рост выпуска отливок из алюминиевых сплавов в мире при некотором сокращении производства отливок из железоуглеродистых сплавов также подтверждает тематика исследований и инноваций в литейном производстве, в частности, Американской литейной ассоциации. Показаны примеры сложных по конструкции отливок из алюминиевых сплавов для моторостроения и другие корпусные детали, преимущественно полученные литьем под давлением. Значительную номенклатуру отливок из алюминиевых сплавов освоено Физико-технологическим институтом металлов и сплавов НАН Украины. Большинство таких отливок из алюминиевых сплавов изготовлено по газифицируемым моделям (ЛГМ-процесс). Эту технологию успешно развивает отдел под руководством проф. О.И. Шинского.

Ключевые слова: *рынок, отливки, алюминий, тенденции, производство, технологии, сплавы.*

Мировой рынок отливок из алюминиевых сплавов в течение XXI века характеризуется возрастающим трендом, несмотря на экономический кризис 2008–2009 годов. Как свидетельствуют данные «Modern Casting», в 2017 г. объем их производства составил 19,1 млн т, что в 2,4 раза превышает показатель 2000 г. (рис. 1). Очевидно, спрос потребителей на алюминиевые отливки стимулирует производство первичного алюминия. Этот тезис подтверждает и значение коэффициента корреляции между этими показателями, который составляет 0,95.

Примечательно, что после 2009 г. определенный баланс на мировом рынке между спросом и предложением первичного алюминия в годовом измерении в некоторой степени сдерживает повышение цен на Лондонской бирже металлов (ЛБМ, LME) на этот товар (см. рис. 1.)

Рассмотрим показатели основных стран производителей. В течение последних пяти лет (2013–2017 гг.) существенных изменений в топ-10 мировых производителей отливок из алюминиевых сплавов не случилось (табл. 1), что свидетельствует о стабильности рынка.

Рис. 1. Динамика мирового рынка первичного алюминия и алюминиевых оливок

Первую тройку крупных производителей алюминиевых отливок формируют Китай, США и Япония, которые своей долей по итогам 2017 г. занимали, соответственно, 38,3; 8,8 и 7,8 % мирового производства. К наиболее динамичным странам мира в сегменте алюминиевых отливок за последние пять лет следует отнести Турцию (+ 40,7 %), Китай (+ 40,4 %) и Мексику (+ 36,2 %).

Торговля алюминиевыми отливками. Согласно Украинской классификации товаров внешнеэкономической деятельности (УКТ ВЭД), алюминиевые отливки размещены в группе 76 (Другие изделия

Таблица 1

Рейтинг мировых производителей отливок из алюминиевых сплавов в 2013 и 2017 гг. [1, 2]

Топ 2013	Страна	2013		Топ 2017	Страна	2017		2017 к 2013, %
		Производство, тис. т	Доля, %			Производство, тис. т	Доля, %	
1	**Китай**	**5200,0**	**33,86**	**1**	**Китай**	**7300,0**	**38,27**	**140,4**
2	США	1682,0	10,95	2	США	1679,1	8,80	99,8
3	**Япония**	**1382,0**	**9,00**	**3**	**Япония**	**1489,7**	**7,81**	**107,8**
4	Индия	950,0	6,19	4	Индия	1305,4	6,84	137,4
5	**Германия**	**885,7**	**5,77**	**5**	**Германия**	**1137,1**	**5,96**	**128,4**
6	Италия	695,7	4,53	6	Италия	856,4	4,49	123,1
7	**Мексика, 2011**	**600,5**	**3,91**	**7**	**Мексика**	**817,9**	**4,29**	**136,2**
8	Россия	600,0	3,91	8	Россия	725,0	3,80	121,0
9	**Корея Республика**	**560,9**	**3,65**	**9**	**Корея Республика**	**629,4**	**3,30**	**112,2**
10	Польша	340,0	2,21	10	Турция	380,0	1,99	140,7
	Вместе	**12896,8**	**83,98**		**Вместе**	**16320,0**	**85,55**	**126,5**
	Другие 27 стран	2460,6	16,02		Другие 27 стран	2756,3	14,45	112,0
	Всего	**15357,3**	**100,00**		**Всего**	**19076,3**	**100,00**	**124,2**

алюминиевые) по коду 7616 99 10 00, к которому нет свободного доступа. Поэтому с определенной погрешностью можно исследовать торговлю по группе 7616, в которую входят крепежные изделия из алюминия (гвозди, болты и т. п.), ткани, решетки, сетки и ограждения из проволоки, а также алюминиевые отливки.

Сравнительный анализ рейтингов стран производителей и экспортеров/импортеров по 2017 г. (табл. 2) позволяет выявить определенные закономерности. Так, лидером среди экспортеров товаров по коду УКТ ВЭД 7616 является Китай (16,8 % мирового экспорта), а далее – Германия (10,5 %) и Италия (9,1 %). Следует отметить, что указанные страны занимают видное место и среди производителей алюминиевых отливок. Так, Китай – на первом месте, а Германия и Италия, соответственно, – на пятом и шестом местах.

Высокое 7 место среди экспортеров изделий из алюминия занимает сосед Украины – Польша (713,2 млн USD). В то время как Украина – только 63 место с объемом 3,96 млн USD. Импорт Украины в 2017 г. достиг 39,98 млн USD (43 место). Таким образом, импорт в Украину товара из алюминия по коду УКТ ВЭД 7616 в 10 раз превышает экспорт.

Литейные сплавы и технологии. Движущей силой мировой литейной промышленности является автомобильная промышленность. Представленный Metal Bulletin Research аналитический обзор свидетельствует, что на мировом рынке в 2011 г. 75 % алюминиевого литья потреблял транспорт, в том числе

Таблица 2

Сравнительные рейтинги мировых производителей отливок из алюминиевых сплавов, а также экспортеров и импортеров товаров по коду УКТ ВЭД 7616 в 2017 г.

Топ 10	Страны производители	Производство отливок, % (т)	Страны экспортеры	Экспорт товаров (код 7616), % (USD)	Страны импортеры	Импорт товаров (код 7616), % (USD)
1	**Китай**	**38,27**	**Китай**	**16,76**	**США**	**11,74**
2	США	8,80	Германия	10,49	Германия	10,80
3	**Япония**	**7,81**	**Италия**	**9,14**	**Франция**	**6,23**
4	Индия	6,84	США	7,41	Китай	5,01
5	**Германия**	**5,96**	**Франция**	**4,47**	**Мексика**	**4,58**
6	Италия	4,49	Австрия	4,14	Тайланд	3,64
7	**Мексика**	**4,29**	**Польша**	**4,05**	**Великобритания**	**2,68**
8	Россия	3,80	Тайвань, Китай	3,25	Польша	2,54
9	**Корея Республика**	**3,30**	**Чехия**	**3,14**	**Вьетнам**	**2,51**
10	Турция	1,99	Испания	2,97	Нидерланды	2,50
	Украина	**0,01**	**Украина**	**0,02**	**Украина**	**0,27**

Примечание: Исходные данные от Modern Casting [2] и International Trade Centre [3]

57 % – автомобильная промышленность [4]. Например, автопроизводитель Toyota Motor Corp. увеличила общий объем своей пятилетней программы капиталовложений для производственных и сборочных предприятий США почти до 3 миллиардов USD и объявила о новых проектах стоимостью 749 миллионов долларов в пяти местах. Эти инвестиции следуют за первоначальной программой капиталовложений на сумму 10 млрд USD, намеченной на 2017 г. В проекты включено расширение и обновление двух металлообрабатывающих заводов, находящихся в собственности Toyota, Bodine Aluminium Troy (MO) и Bodine Aluminium Jackson (TN). В частности, новые инвестиции в 62 млн USD в Bodine Aluminium Troy пойдут на оборудование для дополнительного производства 864 000 головок цилиндров для новой глобальной архитектуры Toyota (TNGA). 900 специалистов Bodine Missouri в настоящее время изготовляют более 3 млн головок цилиндров в год, которые производятся для каждой Toyota и Lexus, производимых в Северной Америке.

В Европейской автомобильной промышленности для изготовления отливок используют традиционные сплавы систем Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn-Mg, Al-Zn-Si-Mg, Al-Cu, Al-Si-Mg, Al-Si-Cu (-Mg). Наиболее распространенными являются сплавы на базе системы Al-Si. Сплавы Al-Si-Mg используются для автомобильных колес, конструкционных отливок и деталей подвески, требующих достаточно высокой прочности и пластичности. Сплавы Al-Si-Cu (-Mg) применяются для изготовления компонентов силовых агрегатов, таких как блоки двигателей, головки цилиндров, поршни и отливки, где прочность при высоких температурах и (или) износостойкость более важны, чем пластичность [5].

Рассмотрим один из примеров инновации в области автоматизации плавки и литья алюминиевых сплавов. Около трех лет назад австрийский производитель алюминиевых автомобильных колес подал заявку на установку для нового процесса плавки и обработки, интегрированных с операцией литья. По данным сайта Foundry Management & Technology (www.foundrymag.com), новый способ является «инновационным процессом литья, который будет обеспечивать механические свойства и критерии производительности, выходящие за рамки традиционных процессов литья под низким давлением». Для этого проектно-инжиниринговая фирма Future Metals Technologies GmbH разработала проект шахтной печи, которая сохраняет энергию плавления за счет загрузки материалов, предварительно нагретых направленным потоком газа от продуктов горения в печи. Печь способна плавить как слитки A356, так и лом колес со скоростью 1200 кг/ч, а также может потреблять стружку из алюминиевого сплава, полученную в процессе обработки колес, и расплавлять ее со скоростью 800 кг/ч. Все выбросы от плавления стружки улавливаются и рециркулируются. Уровень, с которого расплавленный алюминий автоматически доставляется по требованию и при заданной температуре в литейную установку, находится на высоте примерно 3,5 м. Также решены вопросы непрерывной дегазации и поддержании точных температур литья в течение всего процесса.

Для передачи колес или слитков в печь был разработан электрический погрузочный элеватор, а ванна для выдержки в печи была расширена до 5000 кг с добавлением «кармана» для размещения насоса и вихревого блока. Разработчики выбрали двухкамерный насос для высокотемпературных систем, который допускает различные характеристики перекачивания металла: он не только способен изменять скорость между циркуляцией и образованием вихря, но и позволяет использовать вторую улитку для альтернативного выхода металла через изолированный трубопровод в литейную печь. Насос обладает достаточной пропускной способностью для достижения подъемной высоты 3,5 м с перекачиванием металла автоматически на основе лазерного датчика уровня металла в литейной печи, чтобы доставлять металл порциями по 200 кг и поддерживать его постоянный уровень. Насос создает вихрь для плавления стружки с линии обработки колес. Автоматический шнек в накопительном бункере передает стружку в вихрь для быстрого плавления при погружении с контролированием лазерными мониторами уровня металла.

Печь для литья и выдержки установлена на высоте около 2,5 м над полом, имеет вместимость 2300 кг и нагревается пятью вертикальными погружными нагревателями. Короткое удлинение корпуса печи до положения разливки помогает подавать металл в камеру разливки с помощью системы стопорных стержней, приводимой в действие разливочной машиной. Эта оригинальная установка за более двух лет эксплуатации представила пример инновационного ответа на специфичные требования литейного завода, как высокопроизводительная установка без ручной обработки металла, который отвечает техническим и качественным требованиям производителя колес премиум-класса.

В последние годы на рынке литейных алюминиевых сплавов появились принципиально новые сплавы системы Al-Ce-X. Следует отметить, что редкоземельные металлы (РЗМ) имеют комплекс физико-химических свойств, которые комплексно-положительно влияют на эксплуатационные свойства алюминиевых сплавов. Препятствием широкого применения РЗМ в промышленных алюминиевых сплавах является их высокая стоимость. Наиболее дешевым из них является церий, цена на который чистотой 99 % в I квартале 2019 г. составила 10–30 USD/кг на условиях FOB-Китай. В США исследованы механические свойства и микроструктуры линейки алюминиевых сплавов, легированных церием, в литом и термообработанном (T6) состояниях. Опубликованные данные свидетельствуют о том, что при нормальных условиях сплав Al-12Ce-0.4Mg имеет предел прочности при растяжения 200 МПа, а сплав Al-12Ce-4Si-0.4Mg после T6 – 252 МПа. Сплав Al-8Ce-10Mg при нормальных условиях имеет прочность при растяжении 227 МПа, а при 260 °C – 130 МПа. Установлено, что церий стабилизирует механические свойства

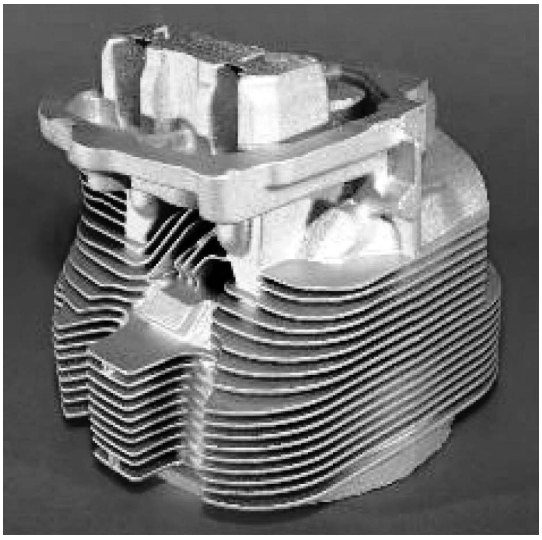


Рис. 2. Головка блока цилиндров отлита из сплава Al-8Ce [7]

Рис. 3. Головки цилиндров отлиты в песчаную форму с использованием сплава системы Al-Ce-Mg [7]

Al-Si сплавов при высоких температурах в диапазоне 200–400 °С. Поэтому их рекомендуют применять вместо стали и чугуна для деталей моторной группы, эксплуатируемых при высоких температурах (рис. 2, 3) [6, 7].

Коммерциализация сплавов системы Al-Ce-X, главным образом, зависит от стоимости церия [6]. При его стоимости менее 10 USD/кг вероятен интерес со стороны автомобильной промышленности. Если церий будет стоить в диапазоне от 10 до 20 USD/кг, то такие сплавы будут применять для техники военного назначения, чтобы уменьшить вес деталей с достаточной прочностью. Использование церия со стоимостью более 20 USD/кг может быть сосредоточено на коммерческих рынках, а также рынках авиационной и космической техники. Возможно также использование сплавов системы Al-Ce-X вместо титана. Согласно отчету USGS [8], в 2018 г. среднегодовая цена титановой губки на рынке США составила 9,2 USD/кг. Есть данные о том, что от 25 до 30 % изделий на рынке титана (4000 т в год) используются для работы в диапазоне от 150 до 315 °С, находится в пределах рабочих температур сплава системы Al-Ce-X [6].

Перспективным технологическим направлением повышения конкурентной способности алюминиевых литейных сплавов является использование наночастиц (nanoparticle Casting). Исследование различных вариантов этой технологии проводилось с начала 90-х годов XX века в исследовательских центрах США, Египта, Израиля, Украины и других стран. Полученные результаты свидетельствуют о том, что литейные алюминиевые сплавы – наночастицы находятся в начале своего «жизненного» цикла, и далеко не все их возможности определены и реализованы, особенно на уровне коммерциализации.

Европейская алюминиевая ассоциация проанализировала, какие литейные технологии используются в Европейской автомобильной промышленности для изготовления ключевых деталей двигателей [9]. По этим данным, при изготовлении алюминиевого блока цилиндров больше применяется литье под давлением, стержневая блок-система и литье под низким давлением (табл. 3).

При изготовлении алюминиевых головок цилиндров наиболее распространены такие технологии, как гравитационное литье и литье под низким давлением [10] (см. табл. 3). Гравитационное литье предусматривает плавное заполнение литейной формы расплавом под действием гравитации, а для обеспечения направленной кристаллизации сплава применяется холодильник в нижней части формы. Технология Rotocast, которая разработана и запатентована в Германии, предусматривает изготовление алюминиевых отливок

Таблица 3

Использование литейных технологий в европейской автомобильной промышленности [9]

Алюминиевый блок цилиндров двигателя			Алюминиевые головки цилиндров		
Технология литья	2000, факт	2006, оценка	Технология литья	2000, факт	2006, оценка
Литье под высоким давлением	**72**	**68**	**Гравитационное литье**	**79**	**72**
Форма как стержневая блок-система	11	17	Литье под низким давлением	14	15
Литье под низким давлением	**12**	**7**	**Литье по газифицируемым моделям**	**4**	**5**
Литье по газифицируемым моделям	1	6	Форма как стержневая блок-система	2	4
Гравитационное литье	**4**	**2**	**Rotocast**	**1**	**4**
Всего произведено, млн шт.	4,5	8,3	Всего произведено, млн шт.	16,5	18,8

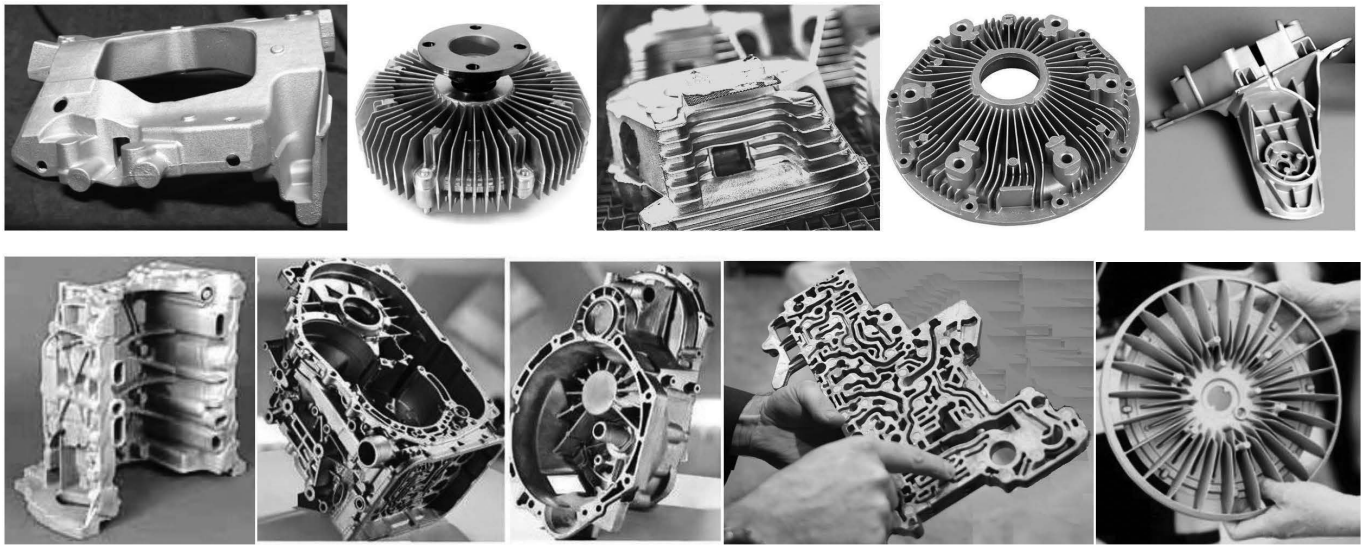
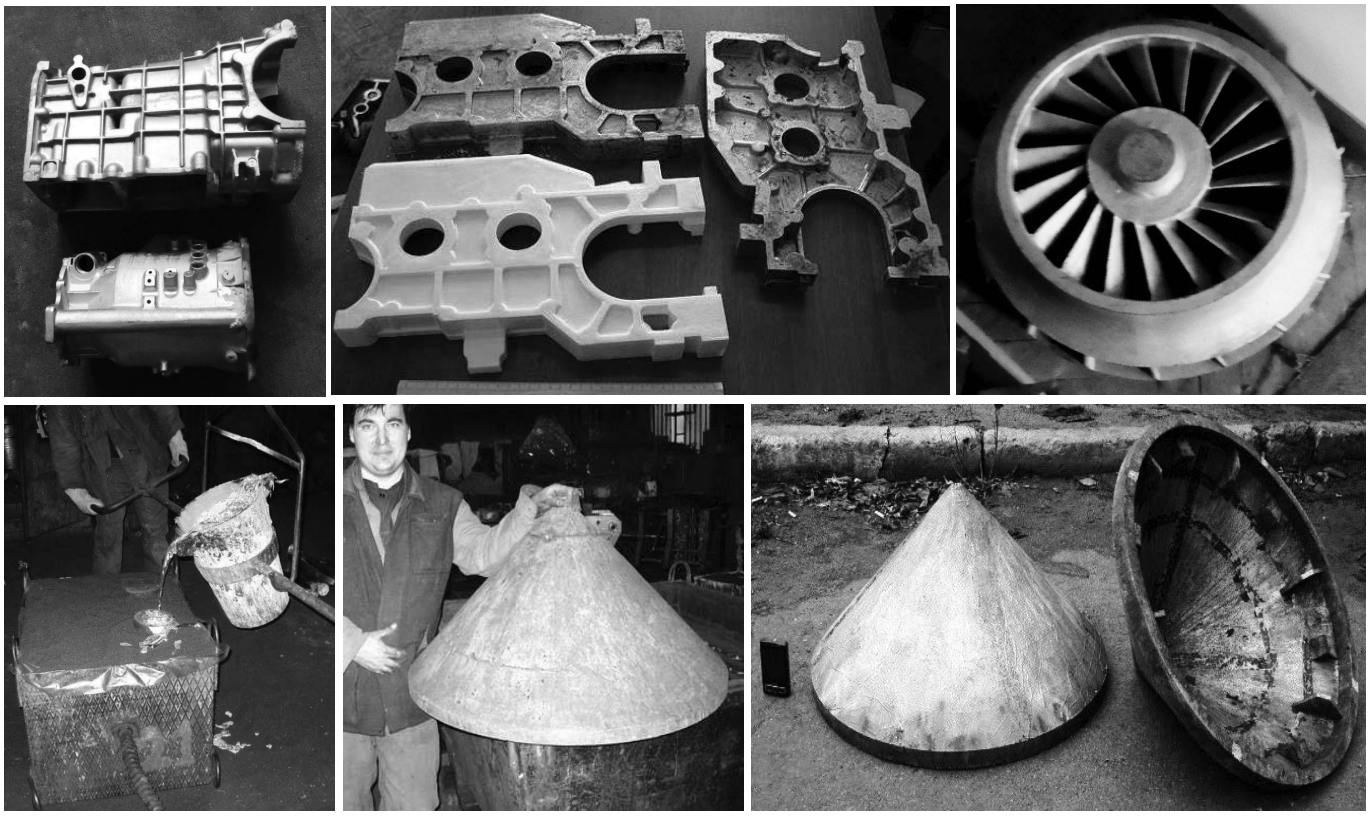


Рис. 4. Отливки из алюминиевых сплавов для моторостроения и другие корпусные детали, преимущественно полученные литьем под давлением, из фотогалерей зарубежных сайтов литейной тематики

в кокиль, который вращается вокруг горизонтальной оси. Также известно расширение технологи литья по газифицируемым моделям с кристаллизацией металла под давлением [11]. Тенденцию опережающего роста выпуска отливок из алюминиевых сплавов в мире при некотором сокращении производства отливок из железоуглеродистых сплавов также подтверждает тематика исследований и инноваций в литейном производстве, в частности, Американской литейной ассоциации (American Foundry Society, AFS).

В завершение обзор информации о рынке литья из алюминиевых сплавов резонно дополнить примерами отливок (рис. 4) из фотогалерей на сайте AFS (www.afsinc.org), которые иллюстрируют растущие научно-технологические возможности, сложность отливок и профессиональный уровень литейщиков на сегодняшний день. Такие фото и видео традиционно представляет ряд зарубежных журналов и сайтов литейной тематики как профессиональные достижения той или иной компании, чьи отливки получили награды на конкурсах «отливка года» по виду металла, названию страны или области применения.

Поскольку значительную номенклатуру отливок из алюминиевых сплавов освоено Физико-технологическим институтом металлов и сплавов НАН Украины, то ее по теме этого обзора также уместно проиллюстрировать рядом примеров (рис. 5). Большинство таких отливок изготовлено по газифицируемым моделям (ЛГМ-процесс). Эту технологию успешно



EURACCO

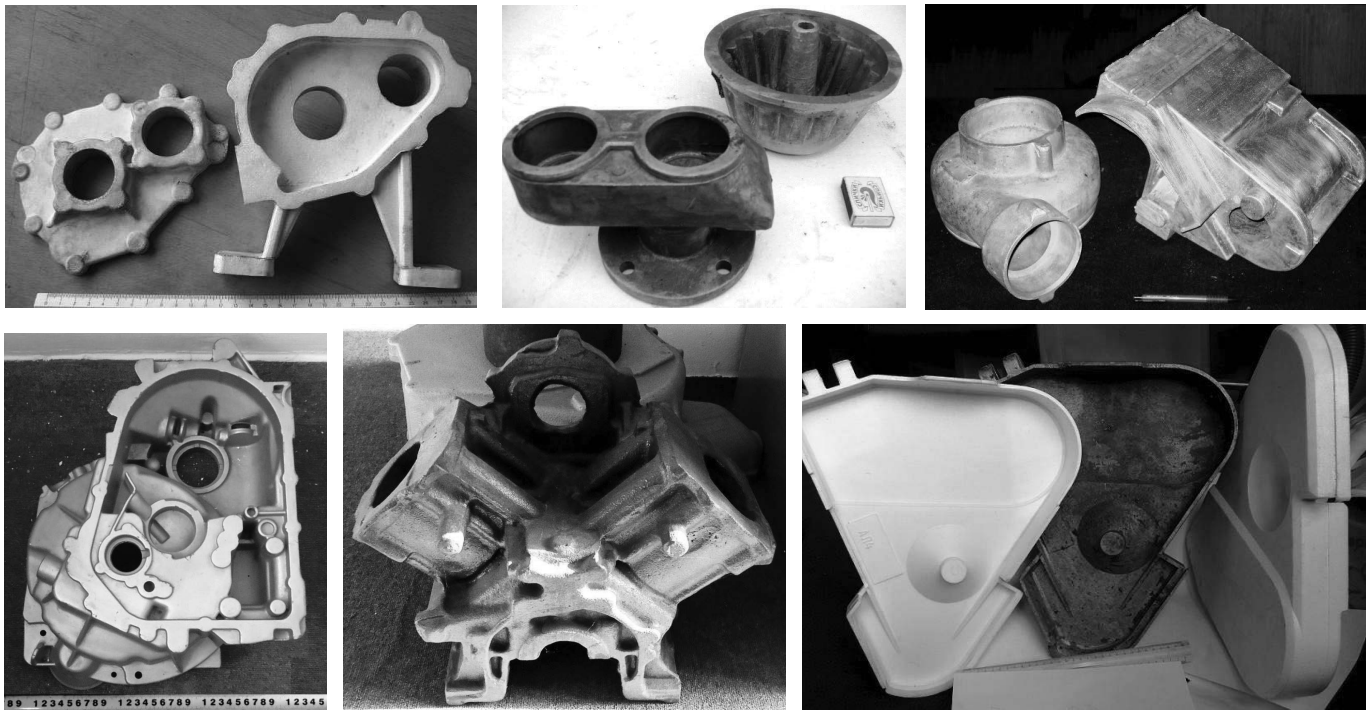


Рис. 5. Примеры отливок из алюминиевых сплавов, изготовленных с участием специалистов отдела физико-химии литейных процессов ФТИМС НАН Украины

развивает отдел физико-химии литейных процессов под руководством д.т.н., проф. О.И. Шинского.

Выводы

Мировой рынок отливок из алюминиевых сплавов в начале XXI века характеризуется динамизмом и возрастающим трендом. Несмотря на локальный во времени экономический кризис, в период с 2000 по 2017 гг., производство алюминиевых отливок в мире увеличилось в 2,4 раза. Основным потребителем алюминиевых отливок является транспортная отрасль (доля 75 % в 2011 г.), в том числе автомобилестроение – 57 %. Странами лидерами по производству алюминиевых отливок являются Китай, США и Япония. Литейное производство автомобильной отрасли использует прогрессивные технологии, которые постоянно совершенствуются, о чем свидетельствуют приведенные примеры отливок. Ученые создают новые технологии и литейные сплавы с повышенными эксплуатационными характеристиками, как, например, технология Rotocast, сплавы системы Al-Ce-X и ряд способов литья под давлением.

ЛИТЕРАТУРА

1. 48th Census of World Casting Production. *Modern Casting*, December 2014, pp. 17–21.
2. 52th Census of World Casting Production. *Modern Casting*, December 2018, pp. 23–26.
3. International Trade Centre. URL: http://www.intracen.org
4. The Global Market for Aluminium Castings to 2021. Prospectus. June 2012. 6 p. URL: www.metalbulletinresearch.com
5. The Aluminium Avtomotive manual. Products – Cast alloys and products. European Aluminium Association. 2002, 37 p. URL: https://www.european-aluminium.eu
6. *Sims Z.C.* et al. Cerium-Based, Intermetallic-Strengthened Aluminum Casting Alloy: High-Volume Co-product Development. JOM, 68 (2016). P. 1940–1947.
7. *Weiss D.* Development and Casting of High Cerium Content Aluminum Alloys. *Global Casting Magazine*. July 2018. Vol. 8, no. 2. P. 22–27.
8. Mineral commodity summaries 2019. US Geological Survey. 204 p. URL: https://usgs.gov
9. The Aluminium Avtomotive manual. Manufacturing – Casting methods. European Aluminium Association. 2002, 82 p. URL: https://www.european-aluminium.eu
10. *Дорошенко В.С., Шейко Н.И.* Литье под низким давлением крупногабаритных гидроплотных деталей. *Литейное производство.* 1990. № 6. С. 13–14.
11. *Дорошенко В.С.* Литье по газифицируемым моделям с кристаллизацией металла под давлением. *Литейное производство.* 2016. № 1. С. 25–28.

Поступила 20.03.2019

REFERENCES

1. 48th Census of World Casting Production. *Modern Casting*, December 2014, pp. 17–21 [in English].
2. 52th Census of World Casting Production. *Modern Casting*, December 2018, pp. 23–26 [in English].
3. International Trade Centre. URL: http://www.intracen.org [in English].
4. The Global Market for Aluminium Castings to 2021. Prospectus. June 2012. 6 p. URL: www.metalbulletinresearch.com [in English].
5. The Aluminium Avtomotive manual. Products – Cast alloys and products. European Aluminium Association. 2002, 37 p. URL: https://www.european-aluminium.eu [in English].
6. *Sims, Z.C.* et al. (2016). Cerium-Based, Intermetallic-Strengthened Aluminum Casting Alloy: High-Volume Co-product Development. JOM, 68 (2016), pp. 1940–1947 [in English].
7. *Weiss, D.* (2018). Development and Casting of High Cerium Content Aluminum Alloys. *Global Casting Magazine.* July 2018. Vol. 8, no. 2, pp. 22–27 [in English].
8. Mineral commodity summaries 2019. US Geological Survey. 204 p. URL: https://usgs.gov [in English].
9. The Aluminium Avtomotive manual. Manufacturing – Casting methods. European Aluminium Association. 2002, 82 p. URL: https://www.european-aluminium.eu [in English].
10. *Doroshenko, V.S., Shejko, N.I.* (1990). Low pressure casting of large-sized hydrolit parts. *Liteinoe proizvodstvo,* no. 6, pp. 13–14 [in Russian].
11. *Doroshenko, V.S.* (2016). Casting on gasified patterns with crystallization of metal under pressure. *Liteinoe proizvodstvo*, no. 1, pp. 25–28 [in Russian].

Received 20.03.2019

Анотація

В.А. Гнатуш, канд. техн. наук, незалежний аналітик, e-mail: vgnatus@gmail.com; **В.С. Дорошенко**[1], д-р техн. наук, ст. наук. співр., e-mail: doro55v@gmail.com

[1]*Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, Україна*

Зростання виробництва алюмінієвого лиття на початку XXI століття

Представлено аналіз світового ринку алюмінієвих виливків в 2000–2017 рр., а також поточні тенденції у виробництві, торгівлі, ливарних технологіях і ливарних сплавах. Світовий ринок виливків з алюмінієвих сплавів на початку XXI століття характеризується динамізмом і зростаючим трендом. Незважаючи на локальну у часі економічну кризу, в період з 2000 по 2017 рр., виробництво алюмінієвих виливків в світі збільшилося в 2,4 рази. Основним споживачем таких виливків є транспортна галузь (частка 75 % у 2011 р.), в тому числі автомобілебудування – 57 %. Країнами лідерами з виробництва алюмінієвих виливків є Китай, США та Японія. Ливарне виробництво автомобільної галузі використовує прогресивні технології, які постійно вдосконалюються, про що свідчать наведені приклади виливків. Вчені створюють нові технології і ливарні сплави з підвищеними експлуатаційними характеристиками, як, наприклад, технологія Rotocast, сплави системи Al-Ce-X. Відомо розширення технології лиття за моделями, що газифікуються, з кристалізацією металу під тиском. Випереджаюче зростання випуску виливків з алюмінієвих сплавів в світі при деякому скороченні виробництва виливків із залізовуглецевих сплавів також підтверджує тематика досліджень та інновацій в ливарному виробництві, зокрема, Американської ливарної асоціації. Наведено приклади складних за конструкцією виливків з алюмінієвих сплавів для моторобудування і інші корпусні деталі, переважно отримані литтям під тиском. Значну номенклатуру виливків з алюмінієвих сплавів освоєно Фізико-технологічним інститутом металів та сплавів НАН України. Більшість таких виливків з алюмінієвих сплавів виготовлено за моделями, що газифікуються (ЛГМ-процес). Цю технологію успішно розвиває відділ під керівництвом проф. О.Й. Шинського.

Ключові слова *Ринок, виливки, алюміній, тенденції, виробництво, технології, сплави.*

Summary

V.A. Gnatush, Candidate of Engineering Sciences, Independent Analyst, e-mail: vgnatus@gmail.com; **V.S. Doroshenko**[1], Doctor of Engineering Sciences, Senior Researcher, e-mail: doro55v@gmail.com

[1]*Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The growth of aluminum casting production at the beginning of the XXI century

The analysis of the global market for aluminum castings in 2000–2017, as well as current trends in production, trade, foundry technologies and foundry alloys are presented. The global market for aluminum alloy castings at the beginning of the XXI century is characterized by dynamism and an increasing trend. Despite the local economic crisis in time, in the period from 2000 to 2017, the production of aluminum castings in the world increased by 2.4 times. The main consumer of such castings is the transport industry (75 % share in 2011), including the automotive industry – 57 %. The countries leading in the production of aluminum castings are China, USA and Japan. Foundry automotive industry uses advanced technologies that are constantly being improved, as evidenced by the examples of castings. Scientists are creating new technologies and foundry alloys with enhanced performance characteristics, such as, for example, Rotocast technology, alloys of the Al-Ce-X system. The expansion of casting technology – Lost Foam casting process with the crystallization of the metal under pressure is known. The outpacing growth in the production of castings from aluminum alloys in the world, with some reduction in the production of castings from iron-carbon alloys, is also confirmed by the topics of research and innovation in the foundry industry, in particular, by the American Foundry Association. Examples are shown of complex construction of aluminum alloy castings for engine building and other body parts, mainly obtained by casting under pressure. A significant range of castings of aluminum alloys has been mastered by Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine. Most of these aluminum alloy castings are manufactured according to Lost Foam casting process (LFC process). This technology is successfully developed by the department under the guidance of prof. O.I. Shinsky.

Keywords

Market, castings, aluminum, trends, production, technologies, alloys.