

Сколько отливок производят в мире?

Место металлов среди конструкционных материалов

Гнатуш В. А., Дорошенко В. С., ФТИМС НАНУ, г. Киев

Представлен анализ мирового рынка металлических отливок в 2000-2017 гг., а также тенденции и прогнозы на перспективу. Дана информация как о странах-лидерах, так и о типичных представителях второй половины мирового литейного рейтинга. Отмечены направления развития литейной технологии, способы оптимизации литых конструкций и показаны примеры высококачественных отливок.

Мировой рынок отливок из сплавов черных и цветных металлов в XXI веке, несмотря на финансовый кризис 2008-2009 годов, характеризуется возрастающим трендом. Последние статистические данные за 2017 г. позволяют констатировать, что по сравнению с 2000 г. суммарное производство металлических отливок в мире увеличилось с 64,8 до 109,9 млн. т или в 1,7 раза [1, 2] (рис. 1). Если сравнивать показатели 2017 г. и 2016 г., то рост составил 5 %. Это практически пропорционально росту выпуска машин и механизмов, в которых преобладают детали из металлов.

Следует отметить, что для суммарных данных на рис.1 ряд стран в переписи Census of World Casting Production — 2017 представлены статистическими данными за предыдущие годы [2]. В частности, это Босния и Герцеговина (2016), Хорватия (2016), Канада (2015) и Украина (2015). Россия показана статистикой

по чугунам, стали и цветным металлам без сегментации. Хотя эти страны, кроме России, не входят в мировой «Топ-10», однако в итоге несколько снижается точность анализа мировой индустрии литья.

Тем не менее, полагаем, что оценочно в 2018 г. производство отливок в мире несколько притормозится и составит 109...111 млн. т, а в 2019 г. прогнозно — 111...113 млн. т (рис. 1). В определенной степени это коррелирует с замедлением глобальной экономики. Так, если по данным Мирового банка (World Bank) в 2017 г. реальный ВВП в мире увеличился на 3,1%, то в 2018 г. он ожидается на уровне 3,0 %. В 2019 г. прогнозно рост мирового ВВП уменьшится до 2,9 %, а в 2020 г. — до 2,8 % [3].

Рассмотрим выпуск отливок по странам — производителям литья. Сравнительный анализ географии мирового производства отливок в 2013 и 2017 гг. указывает на ряд ха-

рактерных тенденций. По-прежнему, с большим отрывом бесспорным лидером рынка является Китай, который укрепил свои позиции увеличением доли за отчетный период с 43,1 до 45 % (табл. 1) [1, 2]. На второе место переместилась Индия (11 %), оттеснив на третье место США (8,8 %). Следует отметить, что суммарное производство отливок «Топ-10» стран в 2017 г. увеличилось на 6,2 % против уровня 2013 г. и составило 96,2 млн. т. В целом же, в 2017 г. в мире литейщиками произведено 109,9 млн. т отливок, или на 6,4 % больше, чем в 2013 г.

Примечательно, что литейное производство ряда стран, которые, если выражаться спортивным языком, спуртуют на дистанции, показало значительный рост. К ним, в первую очередь, относится Мексика, которая, используя инвестиционные программы, за 2013-2017 гг. увеличила производство отливок почти в 1,8 раза и заняла почетное 7 место в литейном «Топ-10». Далее следует упомянуть Индию — рост на 23 %, Италию — рост на 14 % и

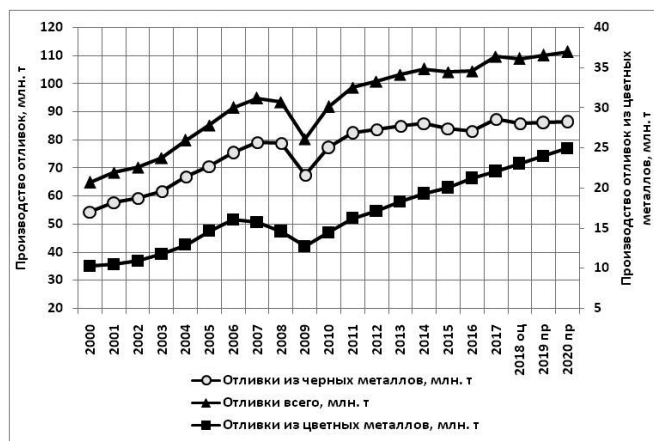


Рис. 1. Динамика производства отливок в мире, по материалам Modern Casting, США (для нижней кривой вертикальная ось показана справа; данные за 2018 г. — оценочно, на 2019, 2020 гг. — прогнозы).

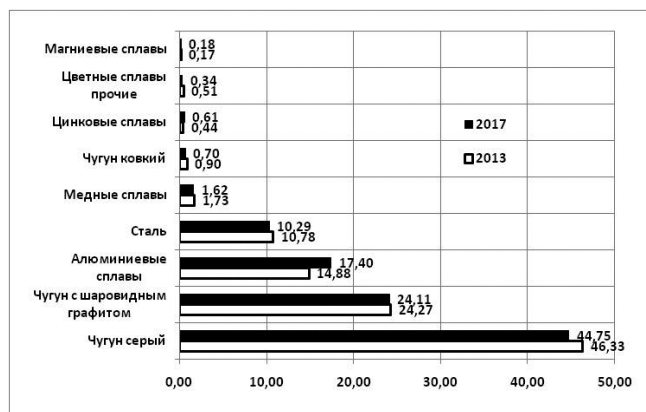


Рис. 2. Структура производства литья в мире по виду металла в 2013 и 2017 гг., (%) [1, 2].

Таблица 1. Рейтинг мировых производителей отливок в 2013 и 2017 гг. [1, 2]

Топ 2013	Страна	2013		Топ 2017	Страна	2017		2017 к 2013, %
		Производство, млн. т	Доля, %			Производство, млн. т	Доля, %	
1	Китай	44,500	43,11	1	Китай	49,400	44,96	111,0
2	США	12,250	11,87	2	Индия	12,055	10,97	122,9
3	Индия	9,810	9,50	3	США	9,668	8,80	78,9
4	Япония	5,538	5,36	4	Германия	5,482	4,99	105,7
5	Германия	5,187	5,02	5	Япония	5,454	4,96	98,5
6	Россия	4,100	3,97	6	Россия	4,225	3,85	103,0
7	Бразилия	3,071	2,97	7	Мексика	2,909	2,65	~176,1
8	Республика Корея	2,562	2,48	8	Республика Корея	2,536	2,31	99,0
9	Италия	1,971	1,91	9	Италия	2,243	2,04	113,8
10	Турция	1,543	1,49	10	Бразилия	2,216	2,02	72,2
	Всего	90,532	87,70		Всего	96,188	87,55	106,2
	Прочие 26 стран	12,698	12,30		Прочие 28 стран	13,676	12,45	107,7
	Итого	103,230	100,00		Итого	109,864	100,00	106,4

Китай — рост на 11 %. В этот перечень следует отнести и Германию с ее ростом в 6 % (табл. 1).

Итак, лидер мирового рынка — Китай. Отмечается [4], что в отраслевом измерении наибольший вклад в увеличение выпуска отливок в 2017 г. внесли машиностроение (+15,2 %), производство железнодорожной техники (+14,3 %) и автомобилестроение (+7,1 %). На последующих местах производство продукции для ГМК (+2,3 %) и сельскохозяйственной техники (+0,8 %). В отчетном году страна экспортировала 1,8 млн. т отливок, что составляет 3,6 % годового производства. Таким образом, более 90 % производимых отливок в Китае используется на внутреннем рынке и для изготовления конечной продукции, большая часть которой экспортируется на рынки других стран.

К концу 2017 г. в литейной отрасли Китая функционировали 95 национальных литейных стандартов и 79 промышленных стандартов [4]. Базу национальных стандартов формируют 21 стандарт касательно чугунов, 20 — для литейных сталей, 18 — для цветных металлов, 14 — для литья по выплавляемым моделям, 9 — для литья под давлением, 7 — литейные материалы и 6 — общие процессы. В 2017 г. был добавлен национальный стандарт GB/T 34904-2017 «Ductile Iron Castings Ultrasonic Testing» (Ультразвуковой контроль отливок из ЧШГ).

Индия. Основными потребителями отливок в стране являются трактор- и автомобилестроение (32 %), а также строительная техника. Ожидается повышение спроса со стороны индийской военной промышленности, а также в сегменте электромобилей. Экспорт отливок Индией в 2017-18 финансовом году (ф.г.) составил 2,731 млрд. USD или на 15,4 % больше, чем в 2016-17 ф.г. Основными рисками для литейной отрасли Индии являются: увеличение затрат на материалы; недостаток квалифицированной рабочей силы; отсутствие энергообеспечения по конкурентным ценам; слабый спрос на продукцию; замедление экономики Китая, а также протекционизм и торговые войны [4, 5].

США. Американское литейное общество (American Foundry Society) информирует о том, что в 2018 г. продажи литейной отрасли США продукции достигли 33,1 млрд. USD, тем самым превысив на 10 % уровень 2017 г. Ожидаемый рост в 2019 г. составит 1,9 % до 33,7 млрд. USD. Прогнозируется, что как в краткосрочной перспективе до 2021 г., так и в долгосрочной перспективе до 2027 г. ежегодный прирост продаж продукции будет на уровне 2,4 %. Литейная отрасль США имеет производственные мощности 15,2 млн. т и прогнозируемую загрузку 82 % в 2019 г. [4, 6].

Мексика. Литейный сектор промышленности страны завершил 2017 г. с оборотом 7,8 млрд. USD и

производством 2,9 млн. т отливок. Непосредственно в производстве отливок занято более 50 тыс. работников и еще 100 тыс. являются вспомогательным персоналом. Следует отметить, что 72,2 % производства отливок в Мексике связано с автомобилестроением, 9 % — со строительной техникой, 6 % — с сельскохозяйственной техникой и 5 % — с железнодорожной техникой. При этом 42,5 % отливок потребляются внутри страны, а остальные экспортируются в США, Японию, Германию, Республику Корею и другие страны Центральной Америки и Европы. Поразительно то, что в Мексике с населением примерно 122 млн. чел. (2015), функционируют 26 заводов по производству легковых автомобилей и 13 — грузовых автомобилей известных мировых брендов. Определено, что в стране спрос на литье под давлением составляет 3,3 млрд. USD, а на отливки из черных металлов — 9,7 млрд. USD [4].

Турция. В 2017 г. страна заняла 11 место в мировом литейном рейтинге. Литейный сектор, который формируют 932 предприятия, произвел 2,155 млн. т (+13,5 %) отливок на сумму 4,5 млрд. EUR. В отчетном году стоимостью турецкого экспорта отливок составила более 3 млрд. EUR при объеме поставок более 1,3 млн. т или примерно 60 % произведенных отливок. На литейных предприятиях страны работает 34 тыс. чел., причем больше половины продукции произведено частными



Чугун - 21%

Алюминий - 30%

EHS/Silica - 32%

Сталь - 10%

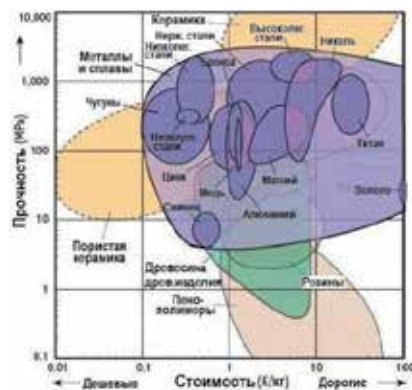
Аддитивное производство - 5%

Литье по газифицируемым моделям - 2%

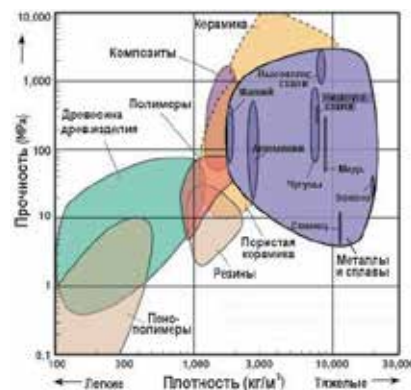
Рис. 3.
Тематика исследований в области инноваций AFS в 2018 г. [7].

компаниями. Что касается структуры литейного сектора Турции, то 17,4% составляют крупные литейные цеха, 40,2% — малые и средние предприятия и 42,4% — микролитейные. Отмечается, что иностранные инвестиции в литейное производство Турции ниже планируемого уровня. В настоящее время реализуют инвестиционные проекты компании Federal Mogul (США), Maxion (США), Nemak (Канада) и Schweizer Group (Германия). В инвестиционных планах — литейный цех по производству алюминиевых отливок и отливок в песчаную форму для автомобильной промышленности, а также чугунолитейный цех. [4].

Польша. По итогам 2017 г. литейный сектор страны с показателем 1,037 млн. т занял 16 место в ми-



а



б

Рис. 4. Показатель прочности в зависимости от стоимости (а) и от плотности материалов (б) [8].

ровом рейтинге. При этом 46% продукции произведено из серого чугуна, 32% — из алюминиевых сплавов, 15% — из ЧШГ, 5% — из литейных сталей и 2% — из прочих цветных металлов. Литейное производство Польши имеет экспортно-ориентированную направленность. В 2017 г. объем экспорта отливок составил 0,616 млн. т или 59,4% произведенной продукции. Покупателями польских отливок являются компании Германии (более 50% экспорта), Италии, Франции, Чехии и Великобритании. Литейный сектор промышленности Польши формируют 240 цветнолитейных (52,7%), 180 чугунолитейных (39,6%) и 35 сталелитейных цехов (7,7%). По состоянию на 2015 г. занятость в литейном секторе составляла 24,3 тыс. работников, из них более 50% относятся к персоналу средних и малых предприятий. К рискам польского литейного сектора относят: низкую эффективность использования средств, предоставляемых ЕС в качестве инвестиций; дефицит

квалифицированных кадров; новые правовые и кадровые решения в научной и образовательной сфере [4].

Чехия. Произведя в 2017 г. 418,5 тыс. т отливок, страна заняла 20-е место в мировом рейтинге. Следует отметить, что после экономического кризиса в 2008-2009 гг. литейный сектор Чехии сумел стабилизировать свою деятельность. В течение 2011-2017 гг. производство отливок в стране колебалось в интервале от 389,8 до 459,9 тыс. т. Больше всего (42,1%) в отчетном году было произведено отливок из серого чугуна, затем отливок из сплавов легких металлов — 24,1%, стальных отливок — 15,3% и отливок из ЧШГ — 12,4%. Основным потребителем литья является автомобильная промышленность. К рискам отрасли относят нехватку квалифицированных рабочих и уменьшение веса отливок, что негативно сказывается на прибыльности производства [4].

Румыния. По результатам за 2017 г. страна заняла 29 место в мировом рейтинге производителей отливок. Всего было произведено 112,8 тыс. т отливок или, на 2,1% больше, чем в 2016 г. В тоже время следует отметить, что по результатам за 2003-2017 гг. литейный сектор страны характеризуется понижательным трендом: производство снизилось на 33%. В сплавовой структуре за 2017 г. преобладают алюминиевые сплавы (62%), за ними следуют чугун серый (17%), магниевые сплавы (5%), медные сплавы (4,4%) и ЧШГ (4%). Основными потребителями являются автомобильная промышленность (отливки из алюминиевых и магниевых сплавов для группы Renault-Nissan), машиностроение, энергетика и транспорт (отливки ручной формовки из серого или ковкого чугуна, стали или алюминия) [4].

Таблица 2. Прогнозы AFS по объемам производства в США отливок (% в год)

Виды сплавов	2018 - 2027, %	2018 - 2021, %
Алюминиевые сплавы	3,4	2,2
Сталь для литья по выплавляемым моделям	3,3	3,8
Магниевые сплавы	3,3	3,6
Чугун с шаровидным графитом	2,2	2,1
Сплавы цинка и свинца	2,2	2,5
Сплавы никеля, кобальта и титана	1,9	2,5
Чугун с компактным графитом	1,8	1,9
Сплавы меди	1,6	1,6
Чугун серый	1,1	1,3
Сталь	0,7	1,6
Чугун ковкий	-0,7	-0,4

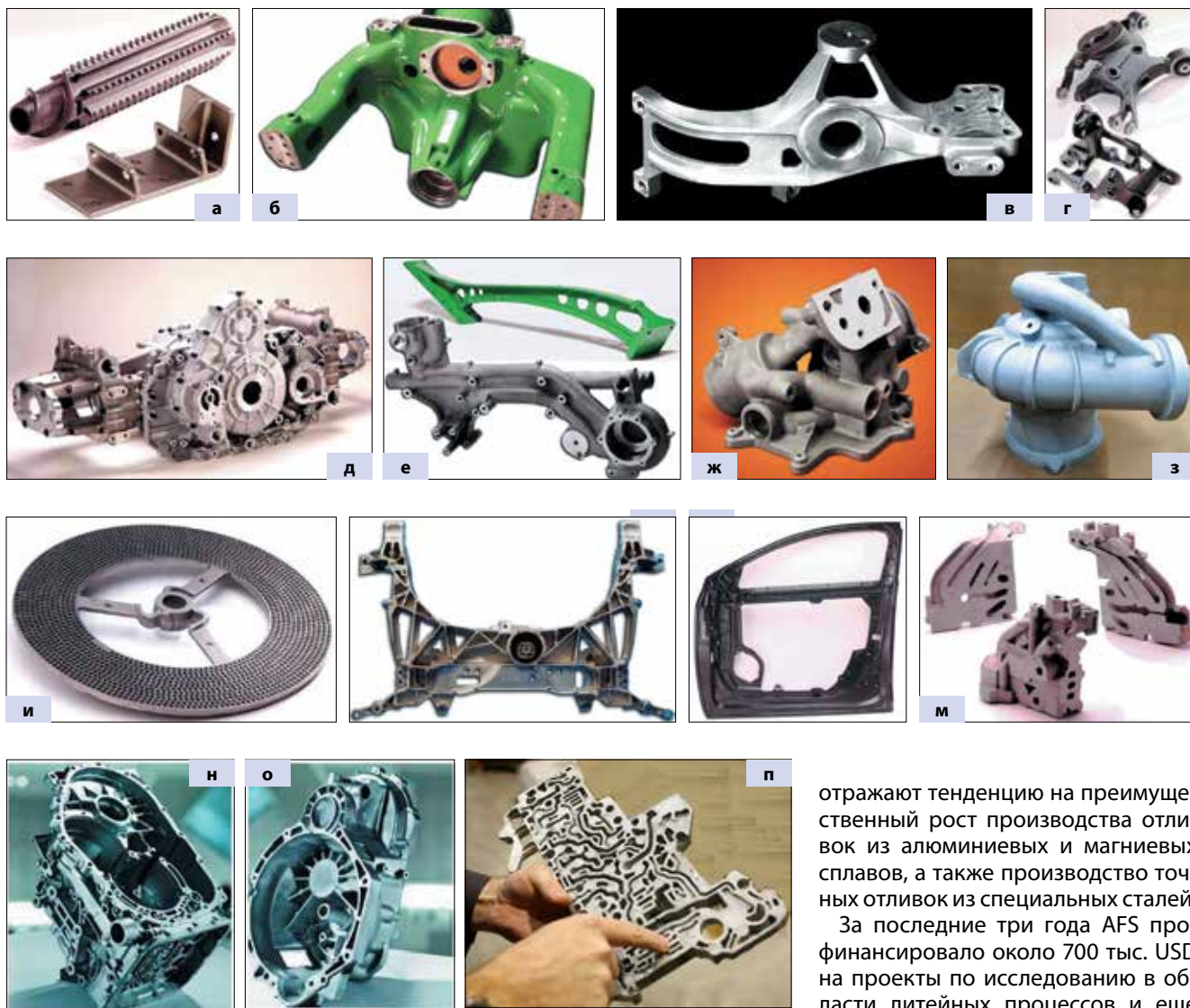


Рис. 5. Отливки из фотогалерей зарубежных сайтов литейной тематики: а – цепной ролик и кронштейн; б – корпус привода трактора; в – стальная подвеска двигателя; г – нижний рычаг и кронштейн кабины тяжелого грузовика; д – картер в сборе; е – штанга и термальный регулятор; ж, з – насосы из алюминиевых сплавов; и – диск из серого чугуна; к – деталь переднего подрамника; л – задняя дверь из магния; м – алюминиевый коллектор; н, о, п – сложные отливки, полученные литьем под давлением алюминиевых сплавов.

Сплавы и технологии. В мировой экономике возрастает спрос на энергосберегающие программы. Об этом свидетельствует такой эффект, как сведения темпов производства отливок из цветных металлов и замедление производства отливок из черных металлов (рис. 1). Анализ данных за 2013-2017 гг. свидетельствуют о том, что за указанный период производство отливок в мире из сплавов цветных металлов увеличилось на 20,7%, а отливок из черных металлов — на 3,0%. Предполагаем, что в 2019 и 2020 гг. мировое производство отливок из цветных металлов, будет увеличиваться примерно на 1 млн. т в год.

Соответствующие изменения в структуре сплавов для изготовления отливок в мировом литейном производстве произошли за период с 2013 по 2017 г. Так, если доля алю-

миниевых сплавов увеличилась с 14,9 до 17,4%, то доля серого чугуна упала с 46,3 до 44,7%, а стали с 10,8 до 10,3% (рис. 2). Таким образом, имеет место процесс расширения сферы использования продукции из алюминиевых сплавов в потребляющих отраслях мировой экономики. [1, 2].

Рассмотренные тенденции по выбору сплавов для отливок также подтверждает тематика исследований и инноваций в литейном производстве с соответствующими прогнозами. В частности, Американское литейное общество (American Foundry Society, AFS) представило краткосрочный (2018-2021 гг.) и долгосрочный (2018-2027гг.) прогнозы роста производства отливок из металлических сплавов в литейной промышленности США (табл. 2) [6]. Эти представленные AFS прогнозы

отражают тенденцию на преимущественный рост производства отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, а также производство точных отливок из специальных сталей.

За последние три года AFS профинансировало около 700 тыс. USD на проекты по исследованию в области литейных процессов и еще на это было пожертвовано 300 тыс. USD от промышленности. Кроме того, AFS также участвует в исследованиях, финансируемых извне, на сумму около 2 млн. USD [7]. Тематика проектов 2018 г. (рис. 3) соответствует степени внимания AFS к отмеченным в прогнозах перспективным направлениям развития литейного производства. Примечательно, что разработкой инноваций по охране окружающей среды, здоровью и безопасности (Environmental, Health and Safety), включая защиту дыхательных органов от диоксида кремния (EHS/Silica), посвящено почти треть затрат — 32% [7]. А исследованию по теме литья алюминиевых сплавов посвящено практически такое же внимание, как и железоуглеродистым сплавам (чугуну и стали).

Описанные результаты выпуска отливок и прогнозы отражают закономерное стремление производить отливки из более прочных металлов с меньшей стоимостью и плотностью для реализации одного из важнейших резервов снижения себестоимости готовой продукции. Продукция начинает свой «жизнен-

ный путь» с проектирования, для создания оптимальных машин и механизмов дизайнеры и конструкторы используют соотношения, например, показанные известными диаграммами (рис. 3) [8]. На них изображен показатель прочности — предел текучести при растяжении для конструкционных материалов, кроме керамики, для которой показана прочность на сжатие (ее предел прочности на разрыв намного ниже), в зависимости от стоимости материалов (рис. 4 а), а также от плотности материалов (рис. 4 б).

Получив чертежи конструкций машин и их деталей, для литых заготовок технологи-литейщики выбирают оптимальные способы литья с учетом следующих показателей. Потери металла при производстве изделий характеризует коэффициент использования металла, представляющий собой отношение массы готового изделия к массе заготовки. Для профильного проката он составляет 0,7; прутков — 0,35; горячей штамповки — 0,45 и свободнойковки — 0,3. Более высокий коэффициент использования металла характерен для литейного производства: для литья в песчаные формы он составляет 0,7; литья в кокиль — 0,75; в оболочковые формы — 0,8; литья по выплавляемым моделям — 0,9 и литья под давлением — 0,95. По этим данным видно, что основной метод экономии материала в литейном цехе — использование современных малоотходных технологий, в частности, специальных способов литья.

Возвращаясь к тенденции расширения литья из легких цветных сплавов отметим, что перспективным технологическим направлением повышения конкурентной способности алюминиевых и магниевых сплавов посредством увеличения их эксплуатационных свойств при нормальных и повышенных температурах является использование наночастиц в технологии их приготовления (nanoparticle Casting). Исследования различных вариантов технологии получения алюминиевых и магниевых сплавов с различными видами наночастиц осуществляются с начала 90-х годов XX века в исследовательских центрах США, Египта, Израиля, Украины и других стран. Полученные результаты свидетельствуют о том, что литейные сплавы с наночастицами находятся в начале своего «жизненного» цикла и далеко не все их возможности вскрыты и реализованы, особенно в направлении коммерциализации.

Кроме упомянутых направлений сугубо литейных инноваций, следующее десятилетие связывают с технологическими изменениями во всей обрабатывающей промышленности. С появлением «информационной эпохи» возникла новая парадигма. Вместо физических, материальных объектов самыми ценными активами становятся данные в цифровой сфере. Информация с экрана компьютера, знания о потребителях, организациях и трендах теперь могут улучшить существующие процессы, повышая их эффективность. Информация способна оказать помощь в принятии решений, устранить усилия и потери времени, связанные с методом проб и ошибок. Данные показывают производителям, что они могут требовать от поставщиков и что могут выставить на рынок без потери дохода. «Жизненный опыт», прославленный старыми и новыми оракулами, теперь частично заменяется и дополняется строгим пониманием, основанном на цифровых данных [9], минимизируя субъективный подход.

В завершение обзора информацию о рынке литья резонно дополнить примерами отливок (рис. 5) из фотогалереи на сайте AFS www.afsinc.org, которые также иллюстрируют возрастающие научно-технологические возможности и профессиональное искусство 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, стране или отрасли применения.

Выводы.

Литейное производство мира с начала XXI века характеризуется возрастающим трендом. Несмотря на экономический кризис, производство отливок в мире с 2000 по 2017 гг. увеличилось в 1,7 раза. Лидером мировой литейной отрасли продолжает оставаться Китай, доля которого превышает 40%. Тренды развития литейной отрасли по странам свидетельствуют о неравномерности темпов изменений их производства. Страны-лидеры наращивают литейное производство, в то время, как страны нижней части рейтинга стремятся стабилизировать производство. Отмечается, что в 2013-2017 гг. темпы производства отливок из сплавов цветных металлов существенно превышают аналогичный показатель для отливок из черных металлов. Прогнозная аналитика AFS на период до 2027 г. относительно литейной индустрии США свидетельствует об опережающих темпах производства отливок из алюминиевых, магниевых сплавов и стали для литья по выплавляемым моделям.

*Гнатуш Виталий Аполлонович,
канд. техн. наук, независимый
аналитик, Украина;
E-mail: vgnatush@gmail.com*

*Дорошенко Владимир Степанович,
канд. техн. наук, ст. научн. сотр.
ФТИМС НАНУ, Украина;
E-mail: doro55v@gmail.com*

Список литературы

1. 48th Census of World Casting Production // Modern Casting, December 2014, p. 17-21.
2. 52th Census of World Casting Production // Modern Casting, December 2018, p. 23-26.
3. Global Economic Prospects. January 2019. World Bank Group. Flagship Report. 264p.
4. WFO Global Foundry Report 2018. Actual Situation of the Worldwide Casting Industry. September 2018. WFO. 107 p.
5. Brief Profile of Indian Foundry Industry. Foundry Informatics Centre. URL: <http://foundryinfo-india.org/>
6. U.S. Casting Sales Reach \$33.1 Billion. Casting Design & Purchasing. Jan/Feb 2019, p. 21-22.
7. AFS 2018 Annual Report modern metalcasting Advances. URL: <https://afsinc.s3.amazonaws.com/2018%20Annual%20Report.pdf>
8. Cambridge University Materials Engineering Department, Cambridge, UK. Material Selection Charts. URL: www-materials.eng.cam.ac.uk.
9. Гнатуш В. А., Дорошенко В. С. Направления совершенствования литейного производства в контексте «Индустрия 4.0» // Промышленность в фокусе. 2017. № 12. С. 38-42.
10. Гнатуш В. А., Дорошенко В. С. Скільки виливків виробляють в світі? Місце металів серед конструкційних матеріалів.