



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-4-25-29>
УДК 621.74

Поступила 30.11.2023
Received 30.11.2023

СОВРЕМЕННЫЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЦЕХ – ПРОТОТИП ЭНЕРГО–ЭФФЕКТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕЙТРАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА БУДУЩЕГО

С. Л. РОВИН, Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: foundry@bntu.by

В статье рассматриваются задачи развития литейного производства на современном этапе, вопросы его энергоэффективности, материалоемкости и экологичности. Показано, что передовые достижения в области литейных технологий, очистки пылегазовых выбросов, утилизации вторичных энергоресурсов (ВЭР), рециклинга металлов, регенерации материалов, переработки и использования техногенных отходов позволяют говорить о современном литейном цехе как о модели энергоэффективного, экологически нейтрального производства будущего.

Ключевые слова. Литейное производство, энергоэффективность, ресурсосбережение, экология, утилизация отходов, рециклинг.

Для цитирования. Ровин, С. Л. Современный литейный цех – прототип энергоэффективного экологически нейтрального производства будущего / С. Л. Ровин // Литье и металлургия. 2023. № 4. С. 25–29. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-4-25-29>.

A MODERN FOUNDRY IS A PROTOTYPE OF ENERGY-EFFICIENT, ENVIRONMENTALLY NEUTRAL PRODUCTION OF THE FUTURE

S. L. ROVIN, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.
E-mail: foundry@bntu.by

The article discusses the tasks of the development of foundry production at the present stage, the issues of its energy efficiency, material consumption and environmental friendliness. It is shown that advanced achievements in the field of foundry technologies, purification of dust and gas emissions, recycling of secondary energy resources (SER), recycling of metals, regeneration of materials, processing and use of man-made waste, allow us to talk about a modern foundry as a model of energy-efficient, environmentally neutral production of the future.

Keywords. Foundry, energy efficiency, resource conservation, ecology, waste disposal, recycling.

For citation. Rovin S. L. A modern foundry is a prototype of energy-efficient, environmentally neutral production of the future. Foundry production and metallurgy, 2023, no. 4, pp. 25–29. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-4-25-29>.

Литейное производство – основная заготовительная база машиностроения, отливки и детали, полученные обработкой литых заготовок, составляют от 60 до 80 % от массы современного технологического оборудования, автомобилей, железнодорожного транспорта, энергетических установок, специальной техники и других машин и механизмов. В то же время в сознании значительного количества людей литейный цех ассоциируется с опасным, «грязным» и экологически вредным производством. В некоторых случаях такое ложное представление, бытующее в массовом сознании, приводит к принятию ошибочных управленческих решений, направленных вместо модернизации на сокращение объемов литейного производства, закрытие литейных цехов, вынос производства отливок в третьи страны. Такие решения пагубны не только для машиностроения, но и в целом для промышленного производства региона.

В то же время статистический анализ показывает, что ведущие индустриальные страны не сокращают, но постоянно модернизируют литейное производство, повышая его производительность, снижая материалоемкость и энергоемкость, улучшая экологические показатели предприятий. Так, в США, Японии, Южной Корее, ведущих странах Евросоюза (Германии, Италии, Франции, Испании) литейное производство, пережив экономический кризис 2008–2009 гг., практически вернулось к докризисному уровню и пусть небольшими темпами, но продолжает расти даже в тоннаже. При этом увеличивается доля литья из легких цветных сплавов и высокопрочных чугунов по отношению к отливкам из

стали и серого чугуна, происходит снижение массы отливок за счет повышения их качества и улучшения конструкции, с учетом этого можно говорить о постоянном стабильном росте количества отливок, выпускаемых в этих странах. Что же касается развивающихся стран с активно растущей экономикой, то здесь объемы производства отливок за последние 20 лет выросли в разы, причем это относится не только к Китаю, который стал безоговорочным лидером мирового производства литья, но и к таким странам, как Турция, Мексика, Индия, Бразилия, Вьетнам и др. (см. табл.) [1, 2].

Изменения мирового производства отливок в XXI веке

Страна	Объем производства отливок, млн. т		
	2003 г.	2011 г.	2018 г.
США	12,1	11,78	11,8
Япония	6,1	5,45	5,58
Германия	4,7	5,47	5,43
Франция	2,0	2,1	2,2
Италия	2,5	2,02	2,26
Южная Корея	1,78	2,34	2,6
КНР	18,1	41,2	49,4
Индия	4,0	10,1	13,4
Бразилия	2,2	2,94	2,44
Мексика	1,82	2,4	2,91
Турция	0,96	1,35	1,9
Россия	6,2	4,3	4,2
Всего, мировое производство отливок	73,6	93,4	112,7

И в этой тенденции есть не только очевидная экономическая и логистическая взаимосвязь, обусловленная значительной долей литых деталей во всех используемых сегодня машинах и механизмах, но и, как это не парадоксально, – экологическая целесообразность. Ведь, несмотря на сложившиеся негативные стереотипы, современное литейное производство обладает значительным экологическим потенциалом: *литейное производство – единственный вид промышленного производства, основным исходным сырьем для которого служит вторичное сырье – лом и отходы металлов и их сплавов, более того, это единственное производство, способное перерабатывать и повторно использовать практически все собственные отходы, включая свою же бракованную продукцию, и наконец, литейные цеха – единственные структурные подразделения машиностроительных предприятий, в которых можно переработать и использовать не только собственные, но и отходы смежных производств: штампового, термического, сварочного, механообрабатывающего, сборочного и т. д.*

Вопросы обеспечения требуемых условий труда, нормального микроклимата на рабочих местах, безопасности эксплуатации и обслуживания технологических процессов в литейных цехах ничем не отличаются от любых других производств и регламентируются теми же техническими нормативными правовыми актами. Соблюдение и строгое выполнение действующих ТНПА обязательно в литейных цехах так же, как и на любом другом производстве. И при соблюдении этих требований и правил в литейном цехе должно быть также чисто, комфортно и безопасно как на сборочном производстве. Примеры таких литейных цехов можно найти не только в Европе или Японии, есть они и на отечественных предприятиях, достаточно вспомнить, например, литейный цех филиала ЗАО «Атлант» – Барановичский станкостроительный завод, новый чугунолитейный цех филиала ОАО «УКХ Минский моторный завод» в г. Столбцы или литейные цеха ОАО «Гомельский завод литья и нормалей» (см. рисунок).

То же можно сказать и о применяемых технологиях, оборудовании, степени автоматизации производства и трудоемкости выполняемых операций. Конечно, если сравнивать литейный цех, построенный в послевоенные годы, оснащенный оборудованием того же периода, с новеньким металлообрабатывающим цехом, насыщенным новейшими обрабатывающими центрами с числовым программным управлением, лазерным или плазменным раскроем металла и роботизированными сварочными комплексами, то оценка окажется не в пользу «литейки». Но это не означает, что прогресс обошел литейное производство стороной, наоборот масса новейших технологий проходит свою обкатку и первоначальное освоение именно в литейных цехах. И это не удивительно, ведь именно литейное производство способно



Производственные участки современных литейных цехов белорусских заводов:
 а – ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»; б – Филиал ОАО «УКХ ММЗ» в г. Столбцы;
 в – Филиал ЗАО «Атлант» – Барановичский станкостроительный завод

выпускать не только массовые изделия с недостижимой в других процессах производительностью, но и уникальные отливки со сложнейшей геометрией и практически любых размеров от нескольких граммов до сотен тонн из широчайшей гаммы сплавов с самыми разнообразными свойствами. В современном литейном производстве сегодня широко используются и аддитивные, и цифровые технологии, и наноматериалы, и композиты, уже обычной практикой является моделирование технологических процессов и прототипирование, использование технического зрения, дистанционного контроля, управления и диагностики.

Конечно, модернизация производства, замена оборудования, внедрение и освоение новых технологий требуют немалых затрат, но и окупаются такие инвестиции сторицей, ведь литейное производство – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей машиностроения с одним из наиболее коротких сроков окупаемости. Недаром многие ведущие американские, японские, европейские компании, такие, как «Norican Group», «Fritz Winter», «Georg Fischer» и др., каждые 7–10 лет проводят полную модернизацию своих литейных цехов, придерживаясь правила: «систематическое обновление технологического оборудования и технологий – залог экономической эффективности и безопасности производства» [3].

Аналогичным образом выглядит ситуация и с экологическими параметрами литейного производства. Выбросы, образующиеся в процессе реализации литейных технологий, отнюдь не являются уникальными или экстремальными ни по объемам, ни по токсичности. По индексу экологической опасности, рассчитанному по отношению к валовой продукции, литейные цеха находятся даже не в первой десятке, на порядок уступая предприятиям цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, микробиологическим и теплоэнергетическим предприятиям, предприятиям деревообрабатывающей и целлюлозобумажной промышленности. Современные системы пылегазоочистки позволяют эффективно бороться практически с любыми выбросами, улавливать взвешенные частицы даже микронного размера с эффективностью до 99,9 %, обеспечивая снижение концентраций пыли до 2 мг/м³, адсорбировать и обезвреживать практически любые газообразные загрязняющие вещества, включая SO₂, NO_x, углеводороды, CO, диоксины и пр. Надо только уделять вопросам очистки выбросов должное внимание и не игнорировать экологические требования и достигнутый уровень развития техники. При должной системе очистки даже мусоросжигающие предприятия могут находиться в центре города, не ухудшая экологическую ситуацию. Более того в некоторых городах они не только являются важнейшим экологическим и энергетическим объектом, но стали уже туристической достопримечательностью и неотъемлемой гармоничной частью городского ландшафта, как например, мусоросжигательный завод Шпиттеллау в центре Вены [4].

Литейные цеха не являются источниками жидких отходов, не сбрасывают технологические и сточные воды. Отраслевыми нормами проектирования в литейных цехах предусмотрено использование только замкнутых систем водооборота, которые пополняются из хозяйственно-бытовых контуров только для компенсации потерь, связанных с испарением [5].

Стандартной технологической практикой литейных цехов является восстановление и повторное использование формовочных песчано-глинистых смесей и регенерация огнеупорного наполнителя отверждаемых литейных смесей. В большинстве цехов перерабатываются и повторно используются огнеупорные футеровочные и теплоизоляционные материалы. Причем степень регенерации и процент повторно используемых формовочных и футеровочных материалов постоянно увеличивается и на передовых предприятиях достигает 80–90 % и более [5].

Постоянно ведутся исследования, направленные на переработку и утилизацию металлосодержащих отходов: аспирационных металлосодержащих пылей, шламов металлообработки, окалины, металлургических шлаков и т.п. Некоторые из этих дисперсных отходов используются в качестве специальных добавок в формовочные и стержневые смеси (например, для создания легкоотделимого пригара при изготовлении стальных отливок или для изменения теплопроводности стержневых смесей и снижения возникающих в них термических напряжений), в качестве компонентов экзотермических смесей и противопопригарных красок, в качестве красящего пигмента при производстве стройматериалов, в качестве добавок при производстве цементного клинкера, модифицирующих добавок при плавке литейных сплавов и т.п. [6].

Наиболее перспективным направлением решения задачи утилизации такого рода отходов является их рециклинг непосредственно на предприятиях, где они образуются. Такую возможность обеспечивает разработанная в Беларуси технология малотоннажного рециклинга дисперсных железосодержащих отходов в ротационных наклоняющихся плавильных печах (РНП) нового поколения, которая легко может быть интегрирована в структуру современного литейного цеха и создает реальные перспективы перехода к замкнутому обороту не только цветных (что уже практически достигнуто во многих индустриально развитых странах), но и черных металлов, и многократного снижения твердых промышленных отходов [7].

Еще одним важным элементом экологически нейтрального производства является рекуперация и утилизация вторичных энергоресурсов (ВЭР), образующихся при осуществлении пирометаллургических технологических процессов. И этим вопросам в современных литейных цехах уделяется тоже достаточно большое внимание. Топливные нагревательные и плавильные печи в современных цехах, как правило, оснащены системами рекуперации тепла отходящих газов. Существуют технические решения по комплексной утилизации ВЭР, предусматривающие использование тепла дымовых газов электроплавильных печей в параллельных технологических процессах: для сушки песка, подсушки стержней после окраски, прокаливания оболочек при литье по выплавляемым моделям. На некоторых предприятиях тепло, полученное от ВЭР, используется для хозяйственно-бытовых нужд: для подогрева воды, тепловых завес и подогрева приточного воздуха в холодный период года. Значительный эффект обеспечивает использование ВЭР для сушки и предварительного подогрева шихтовых материалов перед плавкой

металлов в электрических и топливных печах отражательного типа [8]. Следует отметить, что утилизация ВЭР не только повышает энергоэффективность производства, уменьшая расход энергоносителей на выпуск продукции и общезаводские энергозатраты, но и способствует улучшению экологических параметров производства, уменьшая объемы и температуру выбросов в атмосферу, что в свою очередь позволяет сократить энергопотребление и затраты на системы аспирации и очистки газов.

Таким образом, современный литейный цех отнюдь не является источником экологической опасности, напротив, это не только необходимая структурная единица, но и своеобразный «санитар» машиностроительных предприятий, обеспечивающий переработку и утилизацию значительного количества образующихся на предприятии отходов.

По сути, литейный цех, оснащенный современным оборудованием и передовыми технологиями, можно рассматривать как прототип энергоэффективного экологически нейтрального производства будущего, важнейшей задачей которого является не только выпуск качественной востребованной продукции, но и минимизация выбрасываемых отходов и негативного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гнатуш, В.А.** Мировой рынок металлических отливок в начале XXI века: производство и страны / В.А. Гнатуш, В.С. Дорошенко // *Литье Украины*. – 2019. – № 3. – С. 8–13.
2. **Марукович, Е.И.** Тенденции развития литейного производства / Е.И. Марукович, М.А. Садоха // *Литье и металлургия*. – 2023. – № 1. – С. 26–31.
3. **Попов, А.** Анализ литейного производства Германии на базе опыта последних проектов Laempe / А. Попов // *Литейщик России*. – 2014. – № 5. – С. 32–37.
4. **Kotschan, M.** The Spittelau incinerator: symbiosis of technology, ecology and art / M. Kotschan // *Plastics Le Mag*. – 2017. – № 3.
5. ОНТП 07–95. Отраслевые нормы технологического проектирования предприятий автомобильной промышленности. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов.
6. **Рудницкий, Ф.И.** Повышение прочности серого чугуна путем введения в расплав дисперсных добавок / Ф.И. Рудницкий, С.А. Куликов, В.А. Шумигай // *Литье и металлургия*. – 2018. – № 3. – С. 43–49.
7. **Ровин, С.Л.** Переработка дисперсных металлоотходов в литейных цехах машиностроительных предприятий / С.Л. Ровин, Л.Е. Ровин // *Литейное производство*. – 2016. – № 10. – С. 30–34.
8. **Ровин, Л.Е.** Сокращение расхода электроэнергии при плавке чугуна и стали / Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин // *Литье и металлургия*. – 2013. – № 3 (Спецвыпуск). – С. 18–31.

REFERENCES

1. **Gnatush V.A., Doroshenko V.S.** Mirovoj rynek metallicheskih otlivok v nachale XXI: proizvodstvo i strany [The world market of metal castings at the beginning of the XXI century: production and countries]. *Lit'e Ukrainy = Casting of Ukraine*, 2019, no. 3, pp. 8–13.
2. **Marukovich E.I., Sadokha M.A.** Tendencii razvitiya litejnogo proizvodstva [Trends in the development of foundry production]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2023, no. 1, pp. 26–31.
3. **Popov A.** Analiz litejnogo proizvodstva Germanii na baze opyta poslednih proektov Laempe [Analysis of the foundry production in Germany based on the experience of the latest Laempe projects]. *Litejskij Rossii = Russian Foundrymen*, 2014, no. 5, pp. 32–37.
4. **Kotschan M.** The Spittelau incinerator: symbiosis of technology, ecology and art. *Plastics Le Mag*, 2017, no. 3.
5. ОНТП 07–95. Otrasleye normy tehnologicheskogo proektirovaniya predpriyatij avtomobilnoj promyshlennosti. Litejnye cehi i sklady shihtovyh i formovochnyh materialov [Industry standards of technological design of automotive industry enterprises. Foundries and warehouses of charge and molding materials].
6. **Rudniczkij F.I., Kulikov S.A., Shumigaj V.A.** Povy'shenie prochnosti serogo chuguna putem vvedeniya v rasplav dispersny'x dobavok [Increasing the strength of gray cast iron by introducing dispersed additives into the melt]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2018, no. 3, pp. 43–49.
7. **Rovin S.L., Rovin L.E.** Pererabotka dispersnyh metallootodov v litejnyh cegah mashinostroitel'nyh predpriyatij [Processing of dispersed metal wastes in foundries of machine-building enterprises]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry production*, 2016, no. 10, pp. 30–34.
8. **Rovin L.E., Rovin S.L.** Sokrashenie rashoda elektroenergii pri plavke chuguna i stali [Reduction of electricity consumption during the smelting of cast iron and steel]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2013, no. 3 (Specvypusk), pp. 18–31.