

**Ключевые слова:**

литейное машиностроение, литые изделия, технологическое перевооружение, литейные производства, литейное оборудование

Keywords:

foundry engineering, cast products, technological re-equipment, foundry industries, foundry equipment

ИННОВАЦИОННОЕ ВОЗРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЛИТЕЙНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Николай БЕХ, Анатолий ВОЛКОМИЧ

В статье рассмотрены вопросы инновационного развития отечественного литейного машиностроения и литейных производств, их технологического перевооружения, повышения качества литых изделий, необходимые меры господдержки на всех стадиях инновационного цикла.

The article describes the issues of innovative development of domestic foundry engineering and foundry industries, their technological re-equipment, improving the quality of cast products, necessary measures of state support at all stages of the innovation cycle.

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РФ

Развитие машиностроения, совершенство и качество современных машин в решающей мере зависят от совершенства и качества литых изделий.

Литые детали — базовые, ответственные, высоконагруженные, «скелет» машины: блоки и головки цилиндров двигателей, картеры, тормозные барабаны, рамы и балки тележек вагонов, станины, станков, энергетические отливки, трубопроводная арматура, траки гусеничных машин, специальные отливки ВПК, брони и др. На долю литых деталей приходится от 30 до 50% массы машин (рис. 1).

Принципиальное преимущество литых заготовок (разнообразие сплавов, размеров, конфигурации, массы, близость к размерам готовых изделий, высокие эксплуатационные свойства и т.п.) гарантируют сохранение их доминирующей роли и в будущем, высокий и стабильный спрос на отливки и прочные рыночные позиции литейных производств.

Технологическая революция и автоматизация основных литейных производств (последняя четверть XX в.) обеспечила:

- значительное повышение прочностных и эксплуатационных свойств литых деталей (высокопрочные чугуны, усовершенствованные стали и др.);
 - повышение точности отливок — сокращение допусков и припусков (до двух раз);
 - снижение толщин стенок и массы отливок (до 20%);
 - возможности изготовления отливок более дешевыми методами, например изготовление алюминиевых отливок в песчано-бентонитовых формах вместо кокиля.
- В результате перехода к производству и применению в машиностроении точных тонкостенных отливок повышенной сложности:
- появились новые прогрессивные конструкции литых деталей, агрегатов и машин; например компактные тонкостенные блоки и головки цилиндров, литые коленчатые и распределительные валы и двигатели повышенной мощности, усовершенствованные конструкции рам, балок и других железнодорожных отливок и вагоны с повышенными грузоподъемностью, скоростными характеристиками и ресурсом и др.;

→ получили развитие высокоинтенсивные, высокоскоростные методы обработки с применением станков с ЧПУ.

Растущие требования машиностроения к качеству и количеству отливок в сочетании с техническим прогрессом в их производстве стали стимулом и базой для непрерывного развития мирового литейного производства, достигшего в 2014 г. объемов потребления отливок более 100 млн т/год (в том числе в Западной Европе — до 10 млн т, в США — 10 млн т, остальное — Азия, Южная Америка и др.). Следует особо отметить, что страны БРИКС производят 65 млн т, при ежегодном росте ~ в 5%. Из них 46 млн т (70%!) изготавливается в Китае, который от незначительных объёмов в 80-х гг. прошлого века перешёл к гигантской индустрии с более чем 30 тыс. предприятий литейной отрасли. Экспортируя до 10% от общего объёма производимого литья (на сумму более 5 млрд долл. в год), Китай в режиме самокупаемости интенсивно проводит перевооружение литейных производств.

Прямо противоположная картина в Российской Федерации: с конца 80-х гг. прошлого века значимого развития отечественных литейных производств не происходило, в результате, несмотря на существенно большие объёмы природных рудных ресурсов и наличие промышленно-значимых запасов металлического лома, выпуск отливок в РФ снизился более чем в пять раз: с 18,5 млн т в 1985 г. — до 3,8 млн т в 2014 г., число литейных цехов сократилось почти в три раза — с 3,3 тыс. до менее чем 1,2 тыс. Физический и моральный износ основных фондов составляет от 65 до 75%. Количество работников сократилось приблизительно до 300 тыс. чел., а научный кадровый потенциал литейной отрасли близок к исчезновению, снизившись с 8 до 0,2 % (!) от общей численности ученых-машиностроителей.

Сложившаяся в результате глубокая технологическая отсталость большинства отечественных литейных производств, оснащенных устаревшим оборудованием начала и середины XX в., не позволяет изготавливать отливки по современным и возрастающим требованиям модернизируемого машиностроения и препятствует его развитию (например, локализации производства автокомпонентов, прогрессу в железнодорожном и др. видах транспорта, энергетическом машиностроении, эффективному применению станков с ЧПУ и высокопроизводительных технологий механообработки и т.д.), возрастает явный и скрытый импорт высокотехнологичных отливок (до 50% и более), многократно сократился экспорт отливок (до 1% от выпуска литья). Отсталые отечественные литейные производства оказались неконкурентными.

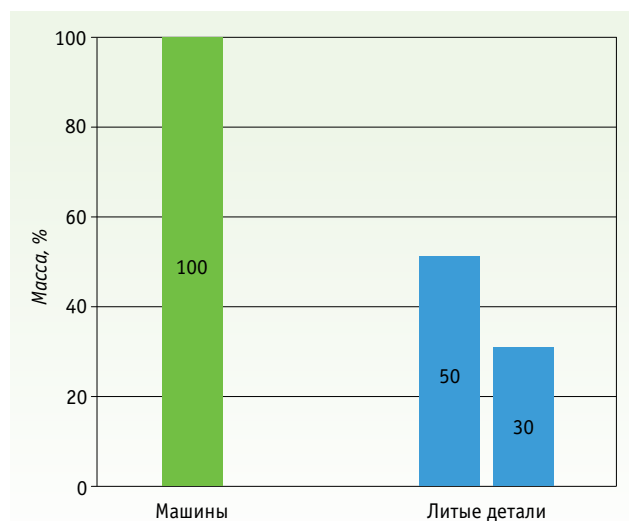


Рис. 1. Литые детали в машиностроении

Дальнейшая деградация отечественных литейных производств может вызвать мультипликативный эффект глубочайшего кризиса промышленности в целом, обесценит усилия и вложения государства в развитие отечественного машиностроения и, особенно, станкостроения. Это приведет к недопустимому углублению зависимости от импорта отливок, деталей, агрегатов и машин, увеличит риски для национальной безопасности страны.

Неотложная задача — техническое перевооружение отечественных литейных производств.

ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

1. Глубокое переоснащение отечественной литейной промышленности с задачей обеспечения ее конкурентоспособности возможно на базе:

- лучших зарубежных практик — материалов, технологий, оборудования, проектов;
- отечественной техники, материалов, проектов.

Основная масса отливок производится в сырых разовых формах. Однако для этих процессов в настоящее время современные автоматические литейные линии (АЛЛ) в России не производятся, в связи с чем практика вынужденно идет по первому пути. Так, например, закупки российскими предприятиями импортного литейного оборудования (в основном в Германии, Италии и США), запасных частей, расходных и технологических материалов составляли в последние годы до 1 млрд долл. в год.

Однако, как показывает опыт, обеспечить при этом реальную конкурентоспособность создаваемых литейных производств в абсолютном большинстве случаев не удастся (качество отливок ниже, а себестоимость — выше зарубежных аналогов).

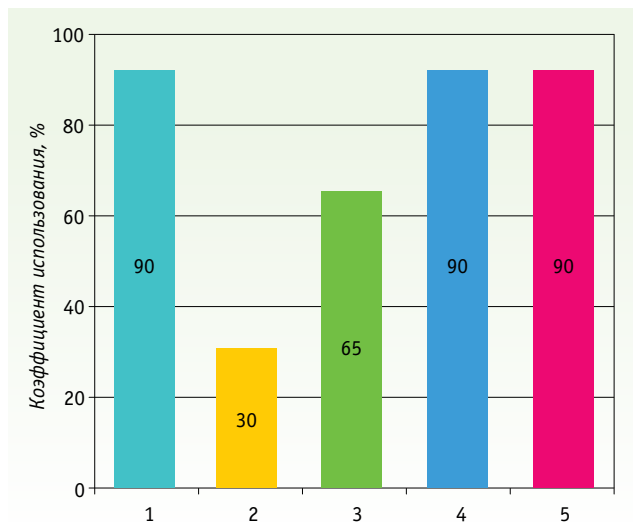


Рис. 2. Коэффициент использования автоматических и механизированных литейных линий (средний по выпуску годного литья):

- 1 — США, Западная Европа (АЛЛ);
- 2 — СССР — 1989 г. (АЛЛ);
- 3 — лучшие отечественные АЛЛ конструкций НИИ тракторсельхозмаша, НИИ автопрома, Горьковского автозавода — 1989 г.;
- 4 — механизированные линии в СССР — 1989 г.;
- 5 — гибкие литейные линии — Россия (прогноз)

Анализ показывает, что сложившееся положение является следствием фундаментальных закономерностей и особенностей технического развития литейной техники и производств.

2. Анализ опыта эксплуатации в СССР более 300 АЛЛ (данные за 1989 г. — последний год полноценной работы промышленности СССР) показывает (рис. 2), что:

- реальная производительность (средний выпуск форм по годным отливкам в единицу времени) зарубежных АЛЛ в СССР была значительно (в среднем в три раза) ниже, чем в США и Западной Европе; более высокие результаты показывали отдельные заводы (ВАЗ и др.) и лучшие отечественные линии;
- производительность устаревших механизированных линий в СССР была наивысшей в мире и значительно (более чем приблизительно в три раза) превосходила среднюю производительность зарубежных АЛЛ в нашей стране.

3. Литейные линии и производства имели характерные особенности:

- механизированные — технологическая и кинематическая гибкость, пластичность, помехоустойчивость; высокая приспособленность к отечественным условиям эксплуатации и персоналу; высокая системная надежность, однако низкое качество и высокая трудоемкость отливок;

- автоматические зарубежные — высокое качество и низкая трудоемкость отливок, однако высокая технологическая и кинематическая жесткость, высокая чувствительность к случайным помехам и разнообразным отклонениям, крайне высокие требования и низкая приспособленность к российским условиям эксплуатации и социально-психологическим особенностям (менталитету) персонала; низкая системная надежность;
- лучшие отечественные автоматические 1989 г. — сохранение в конструкциях элементов гибкости, однако недостаточное качество отливок и устарелость технологических и конструктивных решений для XXI в.

4. Выводы:

- одна из основных причин фактической неконкурентоспособности абсолютного большинства отечественных автоматизированных литейных производств — «отторжение» в отечественной практике современных зарубежных «жестких» автоматических литейных линий (линий поколения);
- задача — создание гибких автоматических литейных линий и производств нового III поколения, сочетающих особенности автоматических (малолюдность, производительность, качество отливок) и механизированных линий (гибкость, помехоустойчивость, приспособленность к отечественным условиям эксплуатации, высокая системная надежность);
- дальнейшее повышение точности и качества отливок должны обеспечиваться гибкостью техпроцессов — оптимизацией технологических режимов изготовления каждой отдельной отливки с учетом ее индивидуальных особенностей (рис. 3).

ГИБКИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЛИНИИ И ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Переход от жестких систем к гибким — мировая тенденция развития техники.

Переход литейных производств на новый технологический уклад — гибкие производства — следующая ступень их естественного развития.

Решение этой задачи — необходимое условие обеспечения конкурентоспособности отечественных литейных производств.

Будущее за гибкими литейными системами, однако создать их на существующей технологической основе (уплотнение форм прессованием под высоким давлением с возможным дополнительным воздушным воздействием) невозможно.

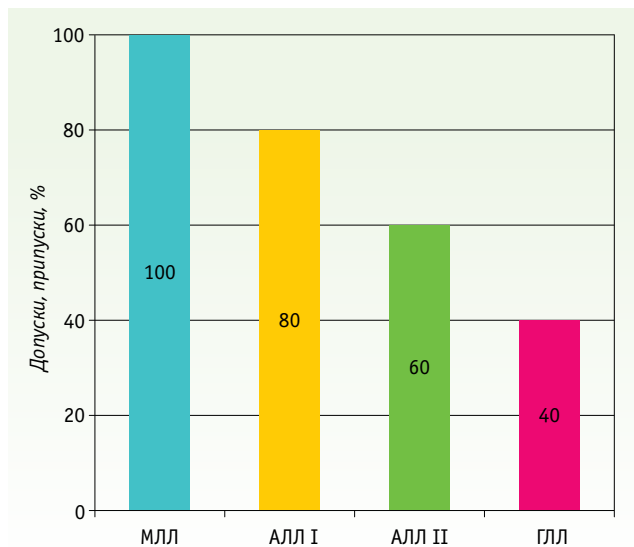


Рис. 3. Точность отливок:

МЛЛ — механизированные литейные линии;
АЛЛ — автоматические литейные линии;
I, II поколения (АЛЛ I, АЛЛ II);
ГЛЛ — гибкие литейные линии;
(АЛЛ III поколения)

Накопленный в России научно-технический задел (Литаформ, ЦНИИТМАШ, МВТУ, ЭКТА, КОМТЕРМ, РЭЛТЕК, Сиблитмаш, Амурлитмаш и др.) позволяет разработать и организовать в РФ серийное производство гибких адаптивных литейных машин и линий нового поколения с существенным опережением зарубежного литейного машиностроения и на их основе создать конкурентоспособные гибкие литейные производства.

Современные и перспективные технические решения по гибким литейным технологиям и оборудованию основаны на развитии более чем 50-летнего опыта и достижений отечественной научно-технической школы, на результатах обширных и углубленных теоретических, модельных и экспериментальных исследований, на положительном опыте применения в промышленности опытно-экспериментальных образцов-прототипов создаваемых гибких машин и линий, с использованием которых изготовлено более 600 тыс. т отливок.

Конкретно:

новые базовые гибкие техпроцессы, материалы, конструкции и системы автоматического оборудования и гибкие комплексные литейные линии третьего поколения:

→ новые интеллектуально управляемые регулируемые процессы изготовления разовых форм из песчано-бентонитовых смесей — импульсно-нижнепрессовый процесс (ИНП) и мультивиброударный процесс (МВУ), существенно опережающие лучшие современные зарубеж-

ные образцы; гибкие автоматические формовочные машины и линии на их основе;

- новый турбовихревой монопроцесс приготовления смесей (ТМП) с автоматическим контролем и регулированием в процессе приготовления состава, температуры, влажности и свойств смесей; смесители и смесеприготовительные линии на их основе;
- новые синтетические формовочные материалы со специальным комплексом оптимальных технологических свойств, обеспечиваемых за счет применения новых, в том числе нанотехнологических, методов и материалов (модификаторы бентонитовых связующих, многофункциональные композиции, разделительные антифрикционные и антиадгезионные, упрочняющие, противопригарные покрытия, краски и др.);
- новые методы получения литейных сплавов с повышенными и специальными свойствами, базирующиеся на применении специальных материалов, вводимых в расплав, в том числе наноструктурированных модификаторов и микролегирующих присадок, в сочетании с современным и новым плавильным оборудованием и специальным оборудованием для внепечной (ковшевой) обработки расплавов, в том числе дуговые печи переменного и постоянного тока, индукционные печи средней частоты и др.;
- новые регулируемые методы термической обработки, в том числе с использованием технологии закалывания в быстродвижущемся потоке воды;
- современные методы и оборудование гибкой интенсивной финишной обработки отливок;
- новые методы контроля отливок, в том числе неразрушающего, бесконтактного и др.;
- новые целостные автоматизированные технологические комплексы изготовления отливок со специальной гибкой пластичной структурой, обеспечивающей повышенную надежность и помехозащищенность производственных процессов;
- новые методы построения и проектирования комплексных литейных линий и на их основе — целостных сложных человеко-машинных технологических систем изготовления отливок, обладающих специальной гибкой пластичной структурой, обеспечивающей повышенную надежность и помехоустойчивость производственного процесса;
- комплексные интегрированные системы интеллектуального и информационного обеспечения и управления (проектирование, мониторинг, диагностика и управление параметрами техпроцессов и оборудования).

Аналогичное развитие — от жестких систем к гибким — получают и технологии, машины и линии для специальных методов литья: по выплавляемым и выжигаемым моделям, под высоким и низким давлением и др.

Создаваемые гибкие литейные линии (ГЛЛ) оснащаются средствами автоматической смены номенклатуры изготавливаемых отливок (смена оснастки и технологических режимов) и рассчитаны на разносерийный характер производства, что особенно важно для литейных цехов ВПК.

Важнейшей неотъемлемой частью гибких литейных производств, обеспечивающих их рыночную мобильность, являются гибкие системы подготовки производства отливок, включающих комплекс систем и оборудования по оперативному проектированию и изготовлению модельно-стержневой оснастки на базе САПР «Отливка», систем компьютерного моделирования процессов литья, аддитивных технологий и средств прототипирования (3D-принтеров) и станков с ЧПУ.

Планируется создание гибких автоматических литейных линий для крупных цехов и гибких компактных автоматических машин и линий для мелких цехов (предназначено малому и среднему бизнесу).

Создаваемые гибкие литейные машины, линии и производства соответствуют самым жестким перспективным экологическим требованиям.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Создаваемое гибкое литейное оборудование нового третьего поколения дешевле и существенно превосходит импортные аналоги второго поколения по техническим характеристикам и эффективности.

Значительно выше эффективность при производстве сложных ответственных высокотехнологичных отливок и деталей. Значительная дополнительная экономия возникает в процессах механической обработки точных отливок с уменьшенными припусками.

Перспективные (программа 2020 г.) потребности российского машиностроения в высококачественных отливках (по перспективным требованиям промышленности) составят 4...5 млн т в год; в том числе чугуновых для автомобиле- и двигателестроения 2,5...3,0 млн т, стальных для железнодорожного машиностроения, трубопроводов, металлургического и др. отраслей промышленности ~ 1,5...2,0 млн т и др. Для обеспечения их производства необходимо модернизировать и развить соответствующие литейные производства, для чего потребуются инвестиции в объеме ~ 500...600 млрд руб., в том числе до двух третей

составят вложения в новое технологическое оборудование. Только литейных автоматических линий и плавильных комплексов потребуется внедрить по 200...250 единиц, кроме того, множество стержневых машин и другого разнообразного технологического и транспортного оборудования. При этом, трудоемкость литья будет снижена приблизительно в два раза и создано 80...100 тыс. высокотехнологичных рабочих мест, сэкономлено до 25% материальных ресурсов (более 1,0 млн т металлошхты и др.) и до 50% энергоресурсов (5,0...6,0 млрд кВт ч.).

Переход отечественных литейных производств на новый технологический уклад — гибкие производства — создаст необходимые предпосылки и условия для успешной и эффективной реализации программы развития отечественного станкостроения — основы промышленного потенциала и промышленной независимости нашей страны.

Важность и перспективность решения задач по возрождению и опережающему развитию отечественного литейного машиностроения и литейных производств отмечались в Протоколах совещаний в Минпромторге России, в решениях съездов литейщиков в г. Казань (2011 г.), г. Екатеринбург (2013 г.) и г. Нижний Новгород (2015 г.), поддерживается российскими ассоциациями литейщиков и станкостроителей, представителями промышленности и др.

Разработаны предложения по инновационному возрождению отечественного литейного машиностроения и развитию литейных производств. Ими предусматривается:

- создание сети инжиниринговых литейных центров — головного (ИЦ «РосИнЛит») в Москве (на базе научно-технических и кадровых потенциалов и заделов ЗАО «Литаформ» и АО «НПО «ЦНИИТМАШ») и региональных филиалов в Твери, Татарстане, Екатеринбурге и др.;
- продолжение и развитие НИОТКР по созданию гибких литейных технологий и оборудования, созданию мощностей по их изготовлению и организации их серийного производства;
- создание в регионах гибких коммерческих конкурентоспособных опытно-промышленных и базовых производств по выпуску прогрессивных литых заготовок и деталей с целью максимальной отработки, снижения рисков, и преодоления барьеров «недоверия» и успешного продвижения оборудования и линий нового поколения на отечественные и зарубежные рынки.

В настоящее время в Тверской области принято решение о создании опытно-экспериментального гибкого литейно-механического завода с объемом инвестирования ~ 6,5 млрд руб. (в ценах на 01.07.14 г.)

и решение о первоначальном финансировании с 2015 г. в объеме 1,0 млрд руб. (ООО «Промтехлит»).

ВЫВОДЫ

Переход к новому технологическому укладу — гибким литейным технологиям, оборудованию и производствам — позволит сделать следующий шаг в повышении качества, эксплуатационных свойств, точности и сложности отливок, увеличить реальный выпуск отливок, снизить себестоимость отливок и литых деталей и обеспечить импортозамещение, импортонезависимость и реальную конкурентоспособность отечественных литейных производств. Тем самым будут созданы предпосылки и пути решения задачи развития отечественного литейного машиностроения и высокотехнологичного экспорта гибкого литейного оборудования и высококачественных точных отливок.

Необходимо организовать систематическую совместную работу, направленную на анализ и рас-

смотрение проблем, формирование целенаправленной технической политики, разработку и реализацию Программы (дорожной карты) инновационного развития отечественных литейного машиностроения и литейных производств с определением необходимых мер господдержки на всех стадиях инновационного цикла: НИОТКР, разработка и организация производства гибких литейных машин и линий, создание конкурентных гибких производств отливок и литых деталей.

Николай Иванович БЕХ —

*доктор технических наук, профессор,
председатель Наблюдательного совета
ЗАО «Литаформ»*

Анатолий Александрович ВОЛКОМИЧ —

*кандидат технических наук, профессор,
генеральный директор ЗАО «Литаформ»,
Заслуженный металлург РФ*

Повышение качества вагонных отливок

В литейном цехе АО «НПК «Уралвагонзавод» в рамках модернизации линии безопочной формовки по технологии холоднотвердеющих смесей завершился монтаж нового оборудования: смесителя, кантователя и выбивных решеток. В ближайшее время специалисты фирмы-изготовителя настроят системное обеспечение и тогда можно будет проводить консультации или ремонты дистанционно. После запуска новинок в разы возрастет производительность линии и улучшится качество вагонных отливок.

Модернизируемая в настоящее время линия была запущена в 2008 г., после чего так и не удалось добиться желаемой производительности — шесть форм в час. Оценка работы показала, что необходимо устранить ряд существующих проблем. Смеситель, который по паспортным характеристикам должен был выдавать 60 т смеси в час, что обеспечило бы заполнение десяти форм, таких результатов не дал. Также кантователь, способствующий извлечению полуформ из модельных комплектов, и выбивные решетки с повышенной производительностью, благодаря которым заготовка отделяется от формы. Эти операции были строго нормированы по времени, но его было недостаточно, чтобы качественно соблюсти тех-

нологию безопочной формовки. Тогда было принято решение о ее модернизации. Сегодня смонтированы смеситель и кантователь, установлены две новые выбивные решетки. Первая изготовлена компанией, проводившей модернизацию, и вторая — результат труда конструкторов Уралвагонзавода. Уже подписана вся необходимая документация. Остались небольшие нюансы, их устранят в ближайшее время специалисты фирмы-изготовителя. Модернизация не повлияет на технологию работы линии безопочной формовки. Это полностью замкнутый цикл. Песок, смешанный и регенерированный, будет поступать в новый смеситель, далее к нему присоединятся специальные химические вещества. Полученная смесь будет подаваться в модели. За 25 мин модель дойдет до раскантовки. За это время полуформа внутри модели достигнет манипуляционной прочности и ее можно извлекать, не повредив конструкцию. После ряда операций полуформы верха и низа соединятся и отправятся на заливку металла. Выбивка полученной металлической заготовки на выбивных решетках, согласно технологии холоднотвердеющих смесей, будет производиться не раньше, чем через шесть часов.

www.uvz.ru