

Рис. 3. Зависимость средней плотности формы от удельной работы падающих тел

смеси и удельную работу A_s , которая изменялась за счет изменения m_n , была подобрана оптимальная толщина падающей плиты (рис. 3), равная 15 мм, что соответствует $A_s = 800 \text{ Дж/м}^2$. Далее путем интерполяции предыдущих результатов была построена кривая для определения толщины плиты для опок большей высоты (рис. 4).

Результаты исследования позволяют утверждать, что предлагаемый вариант гравитационного способа получения литейных форм имеет право на существование, тем более, что в этом случае снижается цикловое время получения формы до 20 секунд против 24 секунд в действующем варианте и упраздняется,

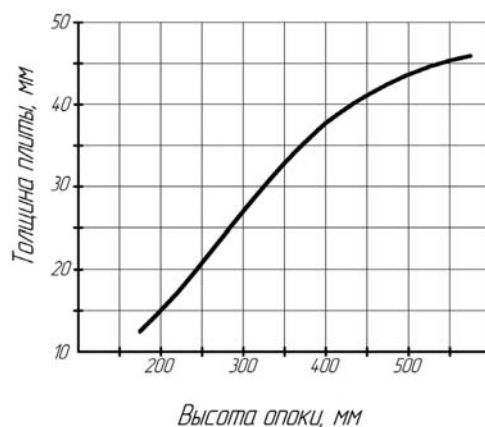


Рис. 4. График определения толщины плиты в зависимости от высоты опоки

в данном случае энергоемкий, процесс прессования.

Поскольку в проведенных испытаниях получаемая плотность формы на пределе возможного ($1,85...1,90 \times 10^3 \text{ кг/см}^3$), создаются условия снижения высоты падения кома.

Сдерживающими факторами использования гравитационной установки являются вентиляция опоки и невозможность использования опок с крестовинами. Первое решается путем сверления сквозных отверстий диаметром 10-15 мм, равно расположенных по площади плиты, и выполнением в плите под опокой щелей глубиной не более 1 мм с выходом внутрь формы на 10-15 мм.

И.А. Мельников

Производство по Сейатцу-процессу тонкостенных чугунных отливок с требованиями герметичности на примере секций котлов

Россия — страна с особым климатом, годовая амплитуда температуры, т. е. разность в температурах самого теплого и самого холодного месяцев в году, может составлять 50 и более градусов. Так, на западной окраине Европейской территории России она равна 23–25°, в Западной Сибири 40–45°, в Восточной Сибири 45–55°, а в районе Верхоянска (Якутия) 60–65°. На берегу Охотского моря годовая амплитуда снижается до 30–35°, в районе Владивостока — до 28–30°. По этой причине проблема отопления особенно актуальна в России. Ее необходимо постоянно решать в первоочередном порядке, иначе «зима опять наступит неожиданно». Один из основных узлов системы отопления — котел, который в т. ч. состоит из нескольких

В статье представлен опыт ведущих европейских заводов по выпуску литых чугунных секций котлов и радиаторов отопления и дается обоснование выбора технологии для этих ответственных отливок.

Ключевые слова: секции котлов, радиаторы, герметичность отливок, Сейатцу-процесс.

Melnikov I. Production of thin-section hydraulic sound castings by Seiatu-process illustrated by boiler sections. The article presents the experience of leading European plants producing cast iron boiler sections as well as heating radiator and proves the technology choice for these critical castings.

Key words: boiler sections, radiators, hydraulic sound castings, Seiatu-process.



Рис. 1. Отливка (GIFA 2007) и соответствующая полуформа секции крупного котла завода Buderus, Германия, полученная по технологии Сейатцу-процесс на АФЛ фирмы HWS-Sinto, Германия.

наборных секций-теплообменников. Эти секции в свою очередь представляют собой литые чугунные детали, получаемые в песчано-глинистых формах (рис. 1). При этом секции котла — это детали, периодически требующие замены, так как они могут выходить из строя по причине образования накипи (из-за повышенной жесткости воды), прогорания межсекционных уплотнителей или термического шока котла (т.е. образования микротрещин за счет резкого перепада температур из-за попадания в разогретый чугунный котловой блок — теплообменник холодной воды). Если этот процесс пустить на самотек, то, в конце концов, это грозит разрывом котла.

Известно, что по общеевропейской практике «львиную долю» чугунных отливок потребляют заводы мирового «автопрома». В Германии производство отливок для автопрома составляет около 80 %. Так, автоматические формовочные линии (АФЛ) фирмы HWS-Sinto, Германия по Сейатцу-процессу работают на литейных заводах по выпуску автокомпонентов для ведущих автоконцернов мира, например Fritz Winter (около 600 000 тонн отливок в год), Luitpoldhütte (около 60 000 т/год на 500 сотрудников, оборот 90 млн. Евро), Eisenwerk Brühl (около 250.000 т/год на 1460 сотрудников, оборот 267 млн. Евро), Tyru (около 800 000 т/год), Georg Fischer (более 600 000 т/год на около 4 500 сотрудников), Brembo, Volvo и др. [1-4] Но широкий спектр чугунных отливок, получаемых по технологии формообразования Сейатцу-процесс, не ограничивается только лишь литыми автокомпонентами. Один из важных сегментов — это производство тонкостенных чугунных отливок секций котлов (см. рис. 1) и радиаторов отопления квартир. Фирма HWS-Sinto, Германия модернизировала или поставила новые современные АФЛ на многие ведущие заводы по производству этих ответственных отливок.

Именно опыт заводов — лидеров мирового литейного производства по конкретной номенклатуре отливок дает гарантированный ответ и рекомендации по вопросу выбора самой эффек-

тивной технологии изготовления разовых песчано-глинистых форм.

Анализ большого числа литейных заводов Европы, которые обеспечивают отливками сборочные предприятия по производству котлов, показал, что они в основном оборудованы АФЛ по технологии предварительного уплотнения воздушным потоком с последующим многоплунжерным прессованием (Сейатцу-процесс). К котельным тонкостенным отливкам предъявляются специальные требования, которые обеспечиваются на современных АФЛ — например, по точности сборки форм во избежание разностенности, качеству поверхности.

Преимущества Сейатцу-процесса для обеспечения качества литейных форм по ПГС

- Равномерно высокая твердость формы, что является предпосылкой для изготовления отливок высокой размерной точности. Сравнение между встряхиванием с подпрессовкой (а тем более с нижним прессованием) наглядно показывает более равномерное уплотнение по объему формы, полученной по Сейатцу-процессу.
- Меньше стержней. Во многих местах форм возможна формовка сложных контуров моделей и крайних болванов из-за равномерной твердости формы.
- Уменьшение формовочного уклона. Расход металла и затраты на механическую обработку отливок уменьшаются по причине уменьшения формовочных уклонов на 0,5° и ниже (иногда без уклонов).
- Лучшее использование плоскости разъема отливками. Возможно более плотное расположение моделей на подмодельной плите, так как допускаются меньшие расстояния между моделями и опокой — больше отливок в одной форме.
- Уменьшение затрат на очистку и окончательную обработку отливок. Это обусловлено тем, что методом Сейатцу производятся высококачественные отливки с равномерным качеством в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти без брака поверхности, заусенцев и т. д.
- Сейатцу-процесс — гуманная технология. Воздушный поток полностью заменяет встряхивание, поэтому уровень шума снижается ниже отметки 85дБ (А). Способ Сейатцу работает без динамических нагрузок на фундамент. Это означает: снижение затрат на фундамент, уменьшение повреждений и снижение затрат на техобслуживание.
- Отсутствует износ моделей, так как воздушный поток по поверхности модели создает эффект «псевдосмазки».

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48



Рис. 2. Завод Buderus. Типовая модельная плита с вентилями для отливки крупной секции котла на АФЛ с технологией уплотнения форм по Сейатцу-процессу.

ЗАВОД BUDERUS, ГЕРМАНИЯ

Немецкая компания Buderus является символом качества, долговечности и престижа. История компании началась в 1731 г. на небольшом заводе с производства чугуна для его дальнейшей переработки, а также чугунных элементов для печей и очагов. В конце 19-го века завод начинает производство секционных чугунных котлов. В течение двадцатого столетия Buderus, постоянно расширяя номенклатуру выпускаемой продукции, стал одним из крупнейших

европейских производителей отопительной техники. Котлы фирмы Buderus отличаются высокой стойкостью к внешним агрессивным факторам и обладают достаточным качеством, чтобы служить не один десяток лет.

В зависимости от размера детали, на литейном заводе Buderus (сегодняшнее название: Bosch Thermotechnik) ее отливают на одной из двух формовочных линиях HWS-Sinto, Германия по Сейатцу-процессу с размерами опок 1120x880x220/220 мм или 2000x1500x250/250 мм (рис. 2, 3). Развес производимых отливок — от 7 до 300 кг.

Стоит отметить, что Buderus (Bosch Thermotechnik) специализируется не только на производстве секций котлов, но и выпускает, например, вентилируемые тормозные диски, корпусное литье, отливки для судостроения, сельхозтехники (рис. 4) Таким образом, следует учитывать максимальную гибкость и универсальность АФЛ по Сейатцу-процессу, а главное — независимость от конъюнктуры рынка отливок. Это особо ярко демонстрирует пример выпускаемой номенклатуры отливок следующего рассматриваемого литейного завода Olsberg, который выпускает не только секции котлов, но и одновременно является лидером по выпуску отливок ребристых корпусов электродвигателей высотой до 900 мм.

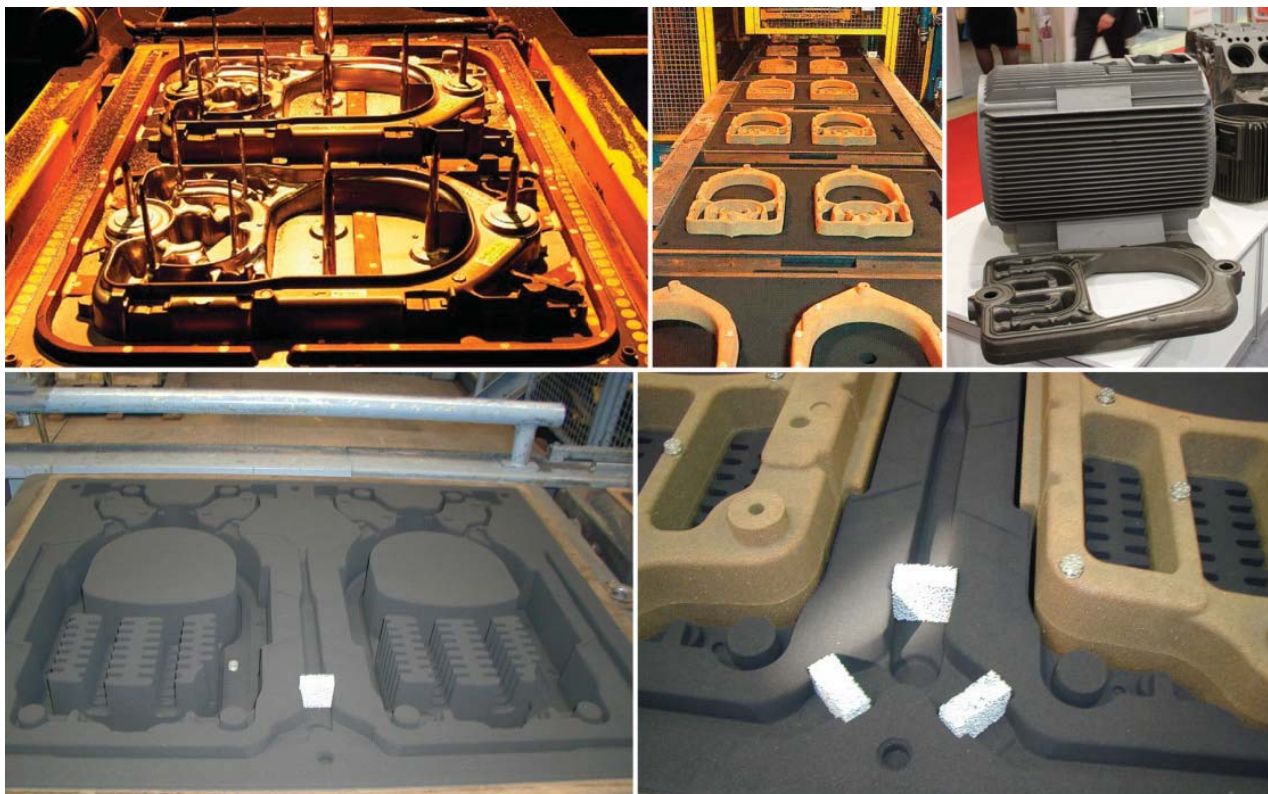


Рис. 3. Завод Olsberg. Расположение двух типов моделей средних секций на АФЛ по Сейатцу-процессу завода Buderus; полуформы на участке простановки стержней, жеробек и фильтров; готовая секция котла на выставке Литмаш 2014 на фоне корпуса электродвигателя высотой 950 мм.



Рис. 4. Различные отливки по Сейтцу-процессу завода Buderus (сейчас BoschThermotechnik).

Это наиболее сложные отливки без применения внутренних и наружных стержней — по уплотнению форм и их протяжке.

OLSBERGER HÜTTE, ГЕРМАНИЯ

Литейный завод Olsberger Hütte со своей многовековой историей (первое упоминание завода в г. Ольсберг относится к 1495 г.) является одним из самых старых семейных предприятий Германии. Литейные цеха Olsberg предоставляют обширному кругу своих клиентов литые детали серийного и единичного ручного производства из серого и высокопрочного чугуна весом от 1 до 8 000 кг. Сегодня Olsberg — один из ведущих производителей в Германии по широкому ряду различных видов продукции. Спектр поставок охватывает как простые отливки, так и конструктивные группы вплоть до смонтированных узлов (рис. 5).

Литейные цеха Olsberg изготавливают отливки из чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом большими, средними и малыми сериями. Завод Olsberg специализируется на сложном тонкостенном литье, таком как корпуса электро-

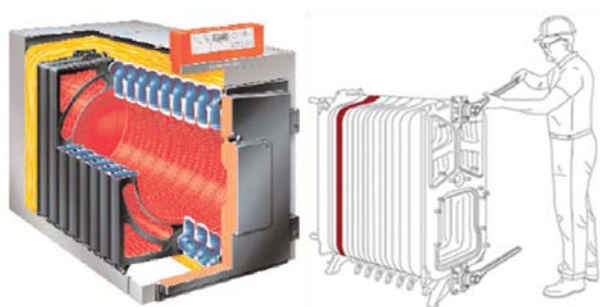


Рис. 5. Тонкостенные (до 4 мм) отливки (завода Olsberg) секций корпусов котлов Viessmann. Схема замены секции завода Buderus.

двигателей, коробки передач и насосов с чистой, гладкой поверхностью.

Серийное производство отливок 100-500 кг (рис. 6) на заводе Olsberg осуществляется на двух автоматических формовочных линиях фирмы HWS-Sinto, Германия (рис. 7). Первая формовочная линия с размером опок 965x715x260/260 мм поставлена в 1977 и модернизирована в 1987 гг. Производительность этой линии составляет 140 форм в час. Вторая формовочная линия с размером опок 1500x1100x500/500 мм поставлена фирмой HWS-Sinto в 1994 и модернизирована в 2004 г. В настоящее время ее производительность составляет 35 форм в час.

Производство Olsberg признано профессиональным и в области использования стержней для изготовления различных литых изделий. Предпосылкой к этому является высокопроизводительный стержневой участок с пескострельными автоматами, которые работают без простоев и дают отличное стабильное качество поверхности стержней, производимых с высшей повторяемостью точности и других параметров. Стержни для серийного производства изготавливаются по технологии Coldbox-амин-процесс по «холодным» ящикам, что и гарантирует производство стержней с соответствующими заданными параметрами размерной точности. В стержневом отделении работают стержневые пескострельные автоматы производства фирмы Laempe, Германия на 12, 25, 100 литров, соответственно моделей L12, L25 и L100.

WESO, ГЕРМАНИЯ

Weso (входит в группу Viessmann) — один из ведущих литейных заводов Германии с более чем 125-летней историей, специализирующийся на отливках из серого чугуна. Площадь завода: 20 000 м². На производстве занято около 420 сотрудников, включая обслуживающий персонал,



Рис. 6. Секция крупного котла и другие отливки завода Olsberg, Германия, полученные на АФЛ фирмы HWS-Sinto по Сейтцу-процессу.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48



Рис. 7. Современный литейный цех Olsberger Hütte: АФЛ по Сейатцу-процессу (опока 1500x1100x500/500 мм, 35 ф/ч) для чугуновых отливок до 500 кг. Девять ветвей многоэтажного охладителя литейных форм.

в год предприятие производит 27 тыс. тонн годового литья. Годовой оборот — 61,1 млн. Евро.

Завод имеет очень широкую специализацию — помимо отопительной техники Weso, производит детали и компоненты для сельскохозяйственной и железнодорожной техники, моторостроения, насосного оборудования и водопроводной арматуры.

Литейный цех оборудован формовочной линией HWS-Sinto по Сейатцу-процессу с размером 1100x900x200/200 мм и высокой производительностью (180 ф/ч); на этой линии производятся чугуновые отливки весом до 150 кг. Фирма Laempe, Германия поставила для завода Weso за последние почти 30 лет современное стержневое оборудование LKV25; LF40 HB // LM1.5; LF40 HB // LM1.5; L20(40)/LG/LM3 CB/CO2; LL20 CB

ЗАВОД VIADRUS, ЧЕХИЯ

VIADRUS является традиционным чешским изготовителем чугуновых изделий, прежде всего отопительной техники — котлов и радиаторов. На заводе занято 700 сотрудников, годовой оборот составляет 1,5 млрд. Крон — с такими показателями завод является важнейшим чешским производителем отопительной техники. История завода берет начало в 1888 г., когда были созданы первые чугуновые радиаторы.

Как традиционный производитель отливок из чугуна, завод Viadrus производит чугуновые радиаторы, котлы, чугуновые каминные вставки, печи с чугуновой топкой и др. (рис. 8). Существенную часть производимой продукции составляют чугуновые теплообменники OEM и отливки из чугуна по индивидуальным заказам. Сегодня котлы и радиаторы марки VIADRUS относятся к наиболее продаваемым отопительным изделиям в средней Европе — они успешно продаются в более чем 40 странах мира.

Завод оборудован АФЛ по Сейатцу-процессу с размером опоки 1850x1400x300/300 мм и производительностью 20 ф/ч. Для завода Viadrus фирма Laempe поставила современные 100-литровые стержневые автоматы модели L100H.



Рис. 8. Отливки секций котлов и пр. по Сейатцу-процессу чешского завода Viadrus.

Из многих других приведем еще несколько примеров заводов, где производят чугуновые отливки секций котлов и радиаторов по Сейатцу-процессу:

- Remeha Fabrieken B.V., Голландия
- Опока 1200x725x156/156 мм, 25 ф/ч
- BAXI France (бывш. S.I.C.H.), Франция
- Опока 1200x850x250/250 мм, 15 ф/ч
- Georgius Politis and Co. EE Cast Iron Boilers Manufacturing, Греция
- Опока 700x600x150/150 мм, 20 ф/ч
- ЛЛМЗ — Луганский литейно-механический завод, опока 1020x850x200/200 и 350/200 мм, 240 ф/ч (рис. 9, 10)

На фоне бесспорных преимуществ заводов Европы особо следует отметить современный опыт модернизации отечественного литейного завода в г. Луганск по производству тонкостенных чугуновых радиаторов и автокомпонентов. Предприятие ЛЛМЗ ни в чем не уступает заводам Европы, а даже превосходит многие из них по эффективности и конкурентоспособности, располагая в качестве «инструмента» самой передовой в техническом плане из всех пере-

численных АФЛ, а соответственно и потенциальными возможностями получения самых качественных отливок.



Рис. 9. Новые готовые отливки тонкостенных чугунных радиаторов ЛЛМЗ, г. Луганск, изготовленные по Сейатцу-процессу на наиболее современной и технической совершенной сверхпроизводительной линии немецкой фирмы HWS-Sinto.



Рис. 10. ЛЛМЗ, г. Луганск, Украина. Участок протановки стержней на АФЛ по Сейатцу-процессу производительностью 240 ф/ч на базе одного формовочного автомата, опока 1020x850x200/200 и 350/200 мм.

Особо следует отметить, что литейное производство в г.Луганске вновь подтвердило статус «пионера» модернизации и освоения самых современных литейных технологий — теперь уже по внедрению самых скоростных опочных АФЛ по ПГС, как и ранее во времена еще СССР освоением одной из первых на европейском континенте АФЛ по ВПФ (вакуумно-пленочной формовки концерна Sinto, 1984 г., опока 1500x1500x400 мм). Тогда на базе данной линии ВПФ была создана лаборатория, результаты которой легли в основу развития вакуумной технологии на многих заводах СССР, в том числе оборонного комплекса, как, например, «Курганмашзавод», где затем была запущена линия ВПФ на 45 ф/час.

Для иллюстрации таких интересных фактов литейных заводов Луганска как лидеров модернизации литейного производства по двум технологиям (ПГС и ВПФ) необходимо показать историю и традиции инновационного развития промышленности в городе.

Луганск (укр. *Луганськ*), население на 1 января 2014 года составило 424 113 человек. Луганск расположен в красивом месте слияния реки Луга́ни с рекой Ольховой́. Поэтому, вопросы экологии при выборе линии ВПФ играли важное значение. Современные шаги по развитию литейного производства в г. Луганске имеют исторические корни. Еще в 1790 г. приглашенный на российскую службу шотландский инженер Карл Гаскойн выполнил поручение и заверил правительство, что «найденные прииски железной руды и каменного угля по освидетельствованию обещают богатейшее количество сих минералов в наилучшем качестве».

14 ноября 1795 г. Екатерина II издаёт указ об основании тоже **первого** на юге империи чугунолитейного завода, с сооружением которого в долине реки Луга́нь и связано возникновение города. Сёла Каменный Брод и Вергунка были первыми населёнными пунктами, принявшими строителей и рабочих Луганского литейного завода. В 1797 г. посёлок, возникший вокруг завода, получил название «Луганский завод». Рабочие и специалисты привлекались из внутренних российских губерний, частично из-за границы. Основной костяк составили мастеровые, поступившие с Олонецкого и Липецкого заводов, а также особо квалифицированные рабочие с Александровского пушечного завода, плотники и каменщики из Ярославской губернии. Весь основной административно-технический персонал состоял из англичан, приглашённых инженером Карлом Гаскойном.

В период войны с Наполеоном Луганский завод стал одним из основных поставщиков пушек и боеприпасов для русской армии. 3 сентября 1882 г. император утвердил положение

1 Комитета министров Российской империи об
2 основании на базе поселка Луганский завод с
3 присоединением селения Каменный Брод го-
4 рода Луганска. В 1900 г. из Луганска вышел
5 на железнодорожные магистрали первый по-
6 строенный здесь товарный паровоз. В начале
7 20-го века Луганск представлял собой крупный
8 промышленный центр России. Здесь насчиты-
9 валось 16 фабрик и заводов, около 40 ремес-
10 ленных предприятий. 31 октября 1931 г. в Лу-
11 ганске был выпущен **первый** в СССР тяжёлый
12 грузовой паровоз, а в 1934 г. — пущен **первый**
13 трамвай.

14 Герб города Луганска состоит из золотого
15 щита, расположенного на пересечении двух окра-
16 шенных в светло-серый цвет кирок, и обрамлён-
17 ного красной лентой. Над щитом — изображение
18 сложенной из серого кирпича короны-крепости.
19 Поле щита имеет жёлтую окраску. В левом верх-
20 нем углу щита на квадрате синего цвета распола-
21 гается личный вензель императрицы Екатерины
22 II, окружённый девятью золотистыми звёздами.
23 На поле щита изображены доменная печь (боль-
24 шая заводская труба тёмно-серого цвета и малая
25 труба из чёрного кирпича с языками червлёного
26 пламени над срезом обеих труб). Слева и справа
27 от печи расположены два черных молотка.

28 *Как продолжение славных исторических*
29 *шагов созидательной деятельности —*
30 *современный неполный перечень построенных*
31 *заводов города Луганск:*

32 ПО «Луганский тепловозостроительный за-
33 вод» (сейчас ПАО «Лугансктепловоз»); Луганский
34 авиационно-ремонтный завод; ПрАТ «Лугцен-
35 трокуз» имени С. С. Монятовского; Луганский
36 машиностроительный завод имени А. Я. Пархо-
37 менко, АП «Луганский завод коленчатых валов»;
38 Завод горноспасательной техники «Горизонт»;
39 Луганский автосборочный завод;

40 Станкостроительный им. Ленина (**первая**
41 **в СССР линия ВПФ**); Луганский литейно-ме-
42 ханический завод (**первая в СНГ скоростная**
43 **опочная линия по ПГС**); ПАО «Луганский элек-
44 троаппаратный завод»; Луганский ремонтно-ме-
45 ханический завод; ОАО «Луганскгормаш»; ПАО
46 «Луганский трубный завод»; Луганский завод
47 трубопроводной арматуры, ЧАО (ТМ Маршал);
48 ЧАО «Луганский патронный завод»

Выводы

Доказано, что АФЛ по Сейатцу-процессу обе-
спечивает возможность получения универсаль-
ной номенклатуры отливок (рис. 11), включая
тонкостенные секции котлов и радиаторы [5, 6].

Заводы мировые лидеры литейного про-
изводства отливок секций котлов применяют
АФЛ по Сейатцу-процессу (практически как
базовую технологию — современный стандарт
отрасли).



Рис. 11. Сейатцу-процесс позволяет производить самый широкий ассортимент отливок.

Отливки секций котлов и радиаторы явля-
ются ответственными, но даже более сложные
ребристые корпуса электродвигателя, отлива-
емые вертикально без стержней, получают по
Сейатцу-процессу [7]. Поэтому данный способ
уплотнения форм обеспечивает требования по
качеству тонкостенных отливок секций котлов
с гарантированным «запасом».

Список литературы

1. Буданов Е.Н. Модернизация литейного производства на бразильском заводе TUPY — пример для автопрома России. // Литейное производство. — 2008. — № 1
2. Буданов Е. Опыт модернизации ведущего литейного производства Германии — завода Fritz Winter // Литейное производство. — 2005. — №5. — С.26-30.
3. Афонаскин А.В. Самая крупная опочная линия в Европе и эффективное литейное производство Georg Fischer. // Литейщик России. — 2007. — №9
4. Голенков Ю.В. Три проекта по Seiatzu-процессу для Mercedes-Benz концерна DaimlerChrysler. // Литейщик России. — 2007. — №9
5. Мельников И.А. Изготовление отливок для гидравлики на двух формовочных линиях HWS в компании Bosch Rexroth. // Литейщик России. — 2007. — №9
6. Буданов Е.Н., Мельников И.А. Производство алюминиевых отливок по Сейатцу-процессу на заводах Голландии // Литейщик России. — 2009. — №9
7. Буданов Е., Современное производство по Сейатцу-процессу сложных отливок типа «корпус электродвигателя» // Литейщик России. — 2006. — №12