

Качество разовых песчано-глинистых форм по технологии Сейатцу-процесс на АФЛ фирмы HWS-Sinto

В статье дается информация о современном методе уплотнения форм ПГС Сейатцу-процесс в сравнении с другими, ограниченными в своих свойствах, методами формовки. Описаны примеры применения, преимущества и действительные образцы форм сложных отливок.

Ключевые слова: модернизация литейного производства, Сейатцу-процесс, качество форм по ПГС.

The article provides information on the modern method of compaction of greensand molds using Seiat-su-process in comparison with other molding methods, which have significant limits in their properties. Examples of applications, advantages and actual samples of molds for difficult castings are described.

Keywords: modernization of foundry production, Seiat-su-process, quality of greensand molds.

В литейном сообществе при обсуждении технологических аспектов часто поднимается вопрос об отличии литейных форм из песчано-глинистых смесей (ПГС) по технологии Сейатцу-процесс. Литейщики иногда сталкиваются с недостоверной информацией, как будто любые формы ПГС, полученные разными способами их уплотнения, могут быть одинаковы по качеству и точности — независимо от методов их предварительного и окончательного уплотнения на разных типах формовочного оборудования, иногда даже и без предварительного этапа уплотнения.

Особо следует отметить, что современная технология Сейатцу-процесс имеет колоссальные преимущества перед другими ранее известными и часто используемыми вариантами формообразования — такими как встряхивание с подпрессовкой, двустороннее прессование и пр. Эти преимущества подтверждены как непосредственно результатом (качество форм), так и тем бесспорным фактом, что Сейатцу-процесс в последние три десятилетия это самый часто используемый метод уплотнения форм ПГС на автоматических формовочных линиях (АФЛ) литейных заво-

дов различных отраслей промышленности во многих странах мира.

Актуально Сейатцу-процесс прочно занимает лидирующую позицию, оставляя далеко позади все другие методы и способы уплотнения форм по ПГС. Этому легко найти подтверждение, просто сравнив референт-листы (списки поставок) каждого производителя АФЛ за последние 30 лет. Конечно, после своего появления данная технология была защищена патентным законодательством, однако в последующем были и неудачные попытки создать аналог этой технологии, которые, однако, не увенчались успехом из-за ограничений и применяемых оригинальных «ноу-хау» в использовании специальных клапанов воздушного потока для предварительного уплотнения форм.

Показательно широкое использование в XXI веке немецких АФЛ с технологией Сейатцу-процесс на литейных заводах Китая. Рынок Китая является одним из самых крупных потребителей новейших образцов литейного оборудования из Германии — стержневых автоматов и автоматических формовочных линий. Так, за последние 15 лет немецкой фирмой HWS-Sinto на литейные заводы Китая было поставлено более 70 АФЛ по инновационному Сейатцу-процессу.

По конкретным данным из референт-листов, фирма HWS-Sinto производит в Германии и ежегодно отгружает в Китай большую часть опочных АФЛ (иногда даже по 13 и 14 АФЛ в год, как 2013—2014 гг. соответственно) — или в среднем по годам каждую вторую-третью производимую АФЛ. При этом в Китай поставляются в основном самые передовые модели высокоскоростных АФЛ — средняя производительность от 110 до 220 форм в час. Часто это литейные заводы по выпуску ответственных литых автокомпонентов.

Сейатцу-процесс (предварительное уплотнение воздушным потоком и последующее

уплотнение многоплунжерной прессовой головкой) был разработан инженерами концерна Sinto. Эта технология была специально разработана для *повышения качества сложных форм*

ПГС (рис. 1—3), чтобы гарантировать равномерную прочность и плотность полуформ по всему объему и соответственно для протяжки *особо высоких элементов* без их «подрыва».

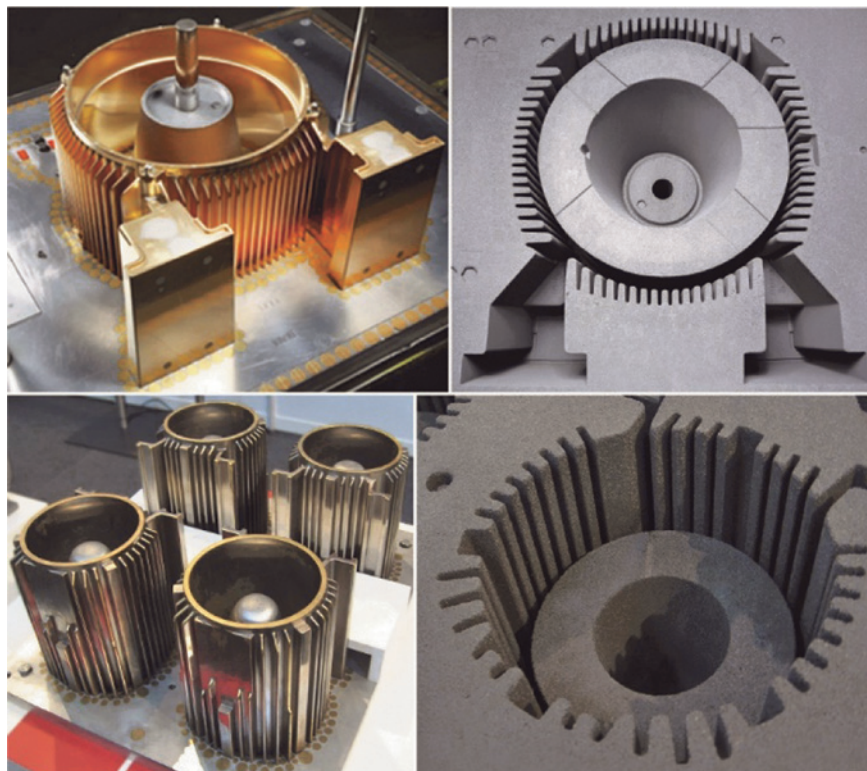


Рис. 1. Примеры особо сложных форм и моделей для отливок корпус электродвигателя. Фото с заводов ЕС — формы выполнены на АФЛ с уплотнением форм ПГС по технологии Сейтцу-процесс

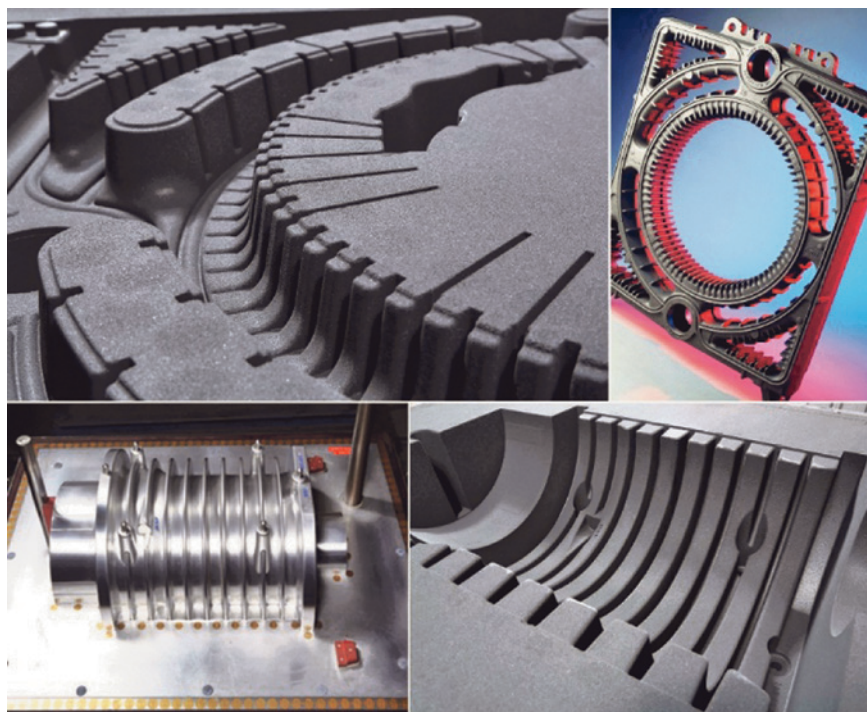


Рис. 2. Модели и формы для получения отливок секций отопительных радиаторов (завод Olsberg, Германия)

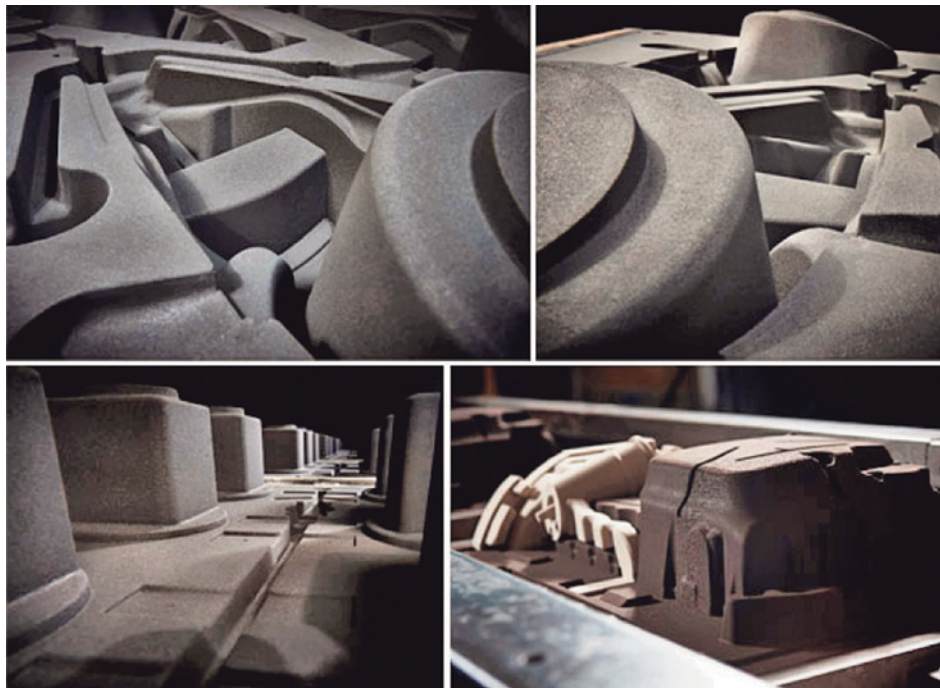


Рис. 3. Некоторые примеры полуформ, выполненных по Сейатцу-процессу

Соответственно, достигнув по технологии ПГС методом инновационного уплотнения Сейатцу-процесс качества, которое удовлетворяет требованиям самых сложных форм и отливок, любой литейный завод автоматически имеет гарантию получения высшего качества *любых* форм и, соответственно, *отливок* по ПГС на современном этапе развития технологии песчано-глинистой формовки.

По сути, Сейатцу-процесс сегодня это стандарт изготовления отливок мирового автопрома, получаемых в формах ПГС.



Рис. 4. КамАЗ — 4 отливки «тормозного барабана» в одной форме. Размер опок 1500×1100×400/400 мм. На КамАЗ работают две АФЛ фирмы HWS-Sinto по Сейатцу-процессу

Например, не раскрывая всех конфиденциальных технических и технологических ноу-хау заводов, использующих технологию Сейатцу, а также все дополнительные возможности технологии, приведем только некоторые характерные примеры, включая опыт освоения сложных в изготовлении форм в условиях отечественного литейного производства.

Литейный завод «КамАЗ» изготавливает очень сложные в технологическом плане отливки, в т.ч. тормозные барабаны для грузовиков. Сложность таких деталей в том, что это высокая тонкостенная отливка, и форма имеет *высокие «болваны»*, а сами отливки к тому же должны располагаться близко друг к другу и к краю опоки (рис. 4). Опыт «КамАЗ» здесь во многом показателен, т.к. отечественные специалисты-технологи полностью освоили преимущества технологии Сейатцу-процесс, при которой во время протяжки не происходит подрыва формы, а высокие болваны во время протяжки, кантования, транспортировки и сборки формы не повреждаются. На отливке после заливки таких качественно уплотненных форм не образуется пригара.

У других заводов России таких возможностей нет — сразу 4 отливки тормозных барабанов для грузовых а/м в одной форме при мак-

симально плотном их расположении в форме изготавливает только литейный завод КамАЗ (рис. 4).

На АФЛ по Сейатцу-процессу с многоплунжерной прессовой головкой литейный завод гарантированно получает идеальный отпечаток модели, т.к. этот процесс изначально разрабатывался для производства *отливок с самой сложной геометрией*, таких как «Корпус электродвигателя» (рис. 1). Важно отметить, что отливка корпуса электродвигателя по Сейатцу-процессу в большинстве случаев формируется вообще без стержней или с одним небольшим боковым стержнем. И внешние и внутренние поверхности оформляются самой формой. При высоте отливок корпус электродвигателя до 900...950 мм протяжка выполняется *по длине ребер (вдоль оси отливки)* — обратите внимание на их веерное расположение, что невозможно получить по технологии ХТС и/или при протяжке полуформ ПГС в направлении боковых ребер (перпендикулярно оси отливки), или же возможно с использованием сложных боковых стержней как более дорогой вариант.

Сегодня Сейатцу-процесс с успехом применяется на десятках литейных заводов по всему миру, производящих корпуса электродвигателей (рис. 1), в т.ч. в России на заводе ELDIN (Ярославский электромашиностроительный завод).

Процесс уплотнения формовочной смеси происходит следующим образом: пространство полуформы, состоящее из держателя подмодельной плиты, самой плиты с установленной моделью, опоки и наполнительной рамки, автоматически заполняется необходимым предварительно дозированным количеством формовочной смеси за счет открывания жалюзийных затворов бункера-дозатора. Затем бункер-дозатор передвигается под ленточный питатель расходного бункера смеси, а прессовая головка передвигается на позицию над пространством формы. Стол машины поднимается и прижимает держатель подмодельной плиты с опокой и наполнительной рамой к прессовой головке таким образом, что все пространство формы оказывается герметично закрытым. Затем происходит кратковременное открытие клапана воздушного потока Сейатцу. Воздушный поток проходит сквозь формовочную смесь от контрлада полуформы в сторону модели

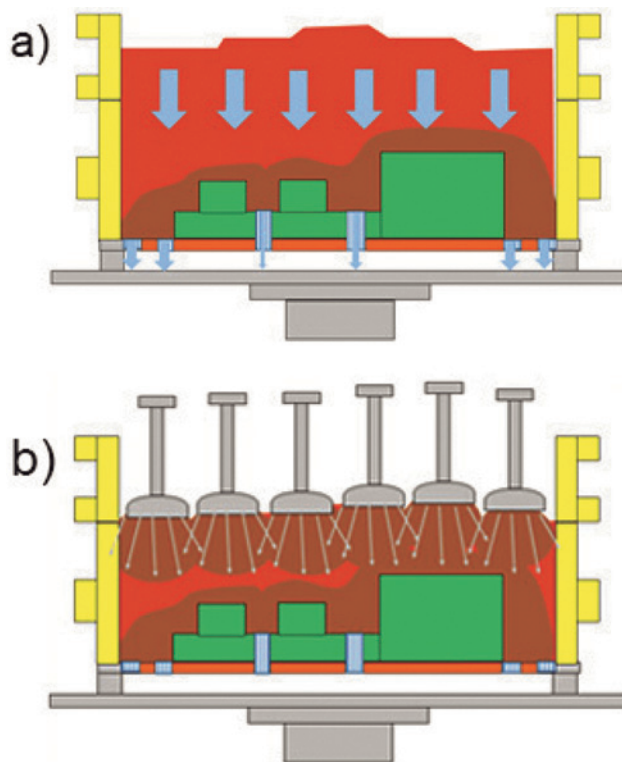


Схема 1. Этапы уплотнения форм. смеси по технологии Сейатцу: а) предварительное уплотнение — воздействие воздушного потока на формовочную смесь создает уплотнение смеси по контурам модели, создавая идеальный отпечаток (темным цветом выделены области, где достигается наибольшее уплотнение); б) последующее уплотнение — воздействие многоплунжерной прессовой головки на формовочную смесь

и уходит через венты в держателе подмодельных плит и/или в самой подмодельной плите. Дополнительное прессование сверху многоплунжерной прессовой плитой производит окончательное уплотнение формы. Во время процесса уплотнения бункер-дозатор снова заполняется смесью. Протяжка модели происходит путем опускания стола машины. Одновременно в исходное положение передвигаются бункер-дозатор смеси и прессовая головка.

При прохождении формовочной смеси в сторону модели воздушный поток оказывает на каждую частицу смеси усилие, направленное вниз (схема 1). Частицы песка протекают вместе с потоком воздуха в нижние части формы и глубокие карманы на модели. В направлении потока вниз с каждым слоем смеси возрастает плотность смеси (схема 2), так что по контурам модели плиты достигается наивысшее уплотнение. Последующее

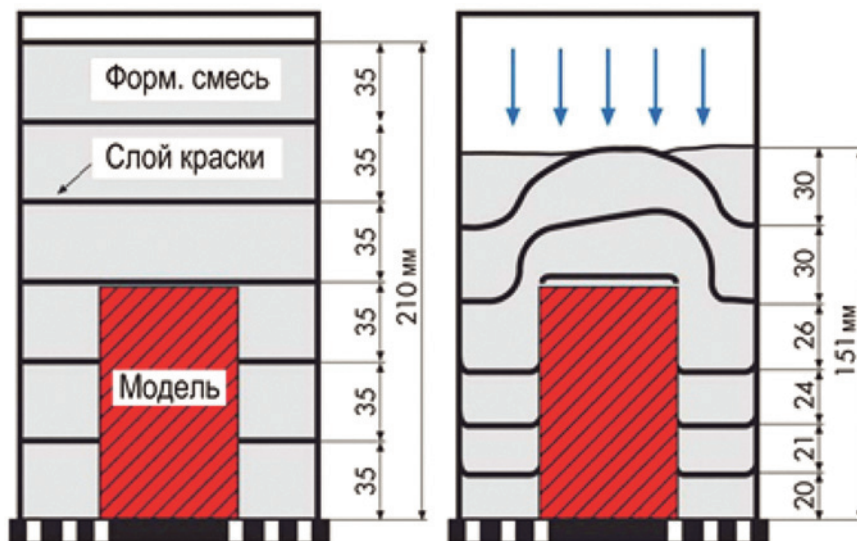


Схема 2. Воздействие воздушного потока на формовочную смесь

гидравлическое прессование сверху многоплунжерной головкой завершает уплотнение формы.

Особо следует отметить возможность дополнительного воздействия воздушного потока также в момент работы многоплунжерной прессовой головки для более равномерного распределения смеси и повышения газопропускной способности форм.

Для пояснения получаемого благодаря воздушному потоку превосходного результата предварительного уплотнения был проведен эксперимент (схема 2). В форме на расстоянии 35 мм друг от друга были размещены несколько слоев краски. Под воздействием воздушного потока расстояние между слоями краски у модельной плиты сократилось до 20 мм и до 30 мм — в верхней части формы. В результате последующего прессования достигается равномерность всей формы и в дальнейшем соответствующее качество отливок.

Отдельного внимания заслуживает результат, достигаемый при формовке высоких болванов (схема 3). Светлым цветом отмечены зоны слабого уплотнения, темным цветом — зоны с максимальным уплотнением формовочной смеси. После воздействия воздушного потока на формовочную смесь (предварительное уплотнение) область болванов уже имеет высокую степень уплотнения. Последующее уплотнение многоплунжерной прессовой головкой дает оптимально уплотненную по всему объему форму с созданием идеального отпечатка.

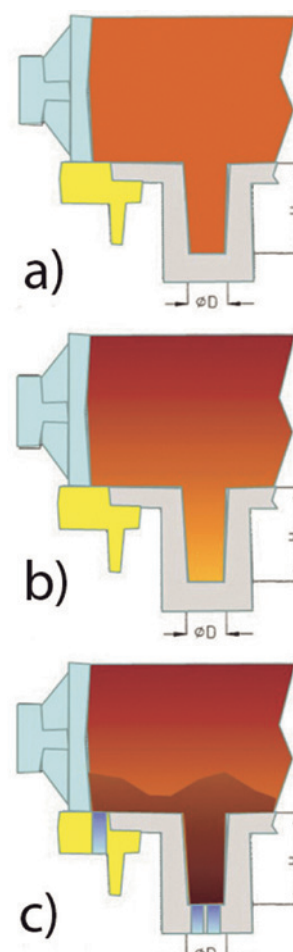


Схема 3. Формовка высоких болванов: а) Заполнение формовочной смесью без уплотнения; б) Только верхнее прессование — без предварительного уплотнения воздушным потоком. Уплотнение смеси в зоне болвана недостаточное; в) Сейтцу-процесс: уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием многоплунжерной прессовой головкой

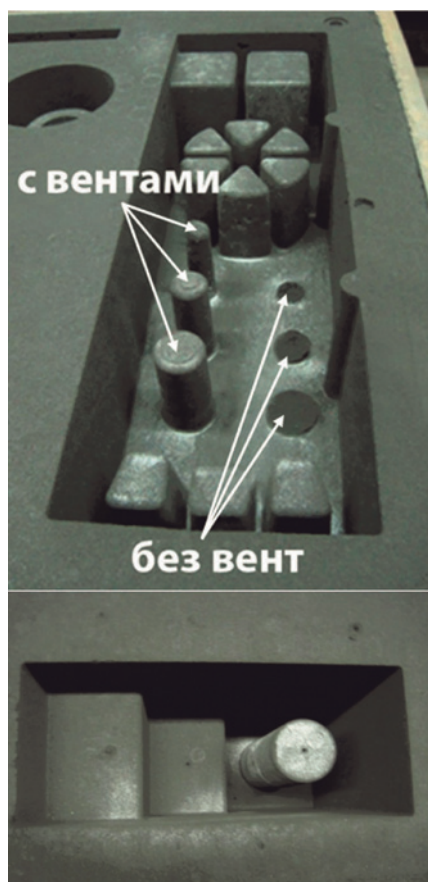


Рис. 5. Формовка болванов, где не использовалось уплотнение воздушным потоком, дала отрицательный результат (все болваны обломаны). При формовке с воздушным потоком все болваны сохранены

В доказательство преимуществ Сейатцу-процесса делались эксперименты с формовкой высоких болванов — как наиболее сложной задачей для формообразования (рис. 5).

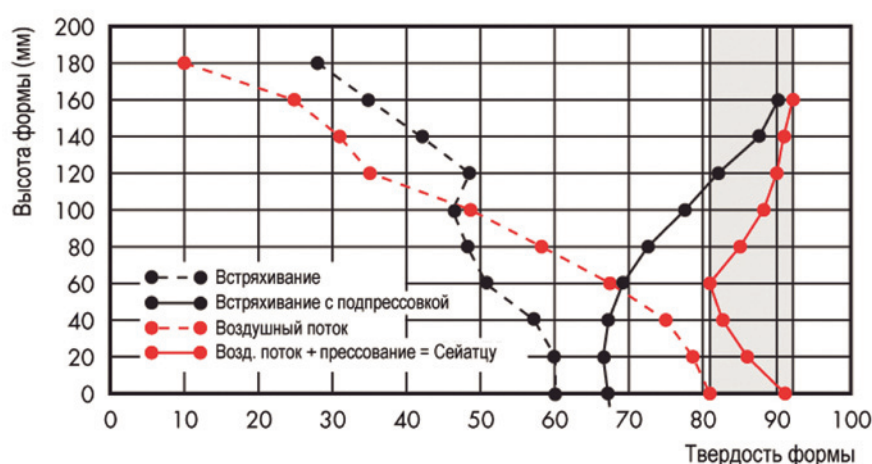
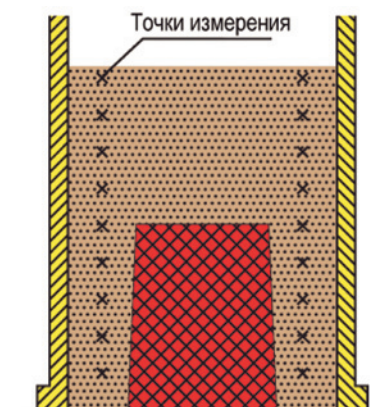


График 1. Результаты испытаний твердости формы по инновационному способу уплотнения песчано-глинистых форм — Сейатцу-процесс и старым традиционным технологиям

В ходе испытаний делались тестовые формовки, создающие самые требовательные условия к технологии (обращаем внимание на отношение ширины болванов к их высоте).

Преимущества Сейатцу-процесса

- Равномерная твердость формы является предпосылкой для изготовления отливок высокой размерной точности. Сравнение между встряхиванием с подпрессовкой и Сейатцу-процессом наглядно показывает более равномерную твердость формы, изготовленной способом Сейатцу (график 1).
- Меньше стержней. Во многих случаях отпадает необходимость в стержнях, т.к. возможна формовка сложных контуров моделей и различных болванов благодаря равномерной твердости формы при использовании Сейатцу-процесса (схема 4).
- Уменьшение формовочного уклона. Расход металла и затраты на механическую обработку отливок снижаются благодаря возможности существенного уменьшения формовочных уклонов — и даже менее $0,5^\circ$, а иногда близко к 0° , как например на внутренней стороне корпуса электродвигателя (рис. 6).
- Лучшее использование плоскости разреза отливками. Возможно более плотное расположение моделей на модельной плите, т.к. допускаются меньшие расстояния между моделями и до стенок опок (график 2). Это позволяет производить больше отливок за форму.

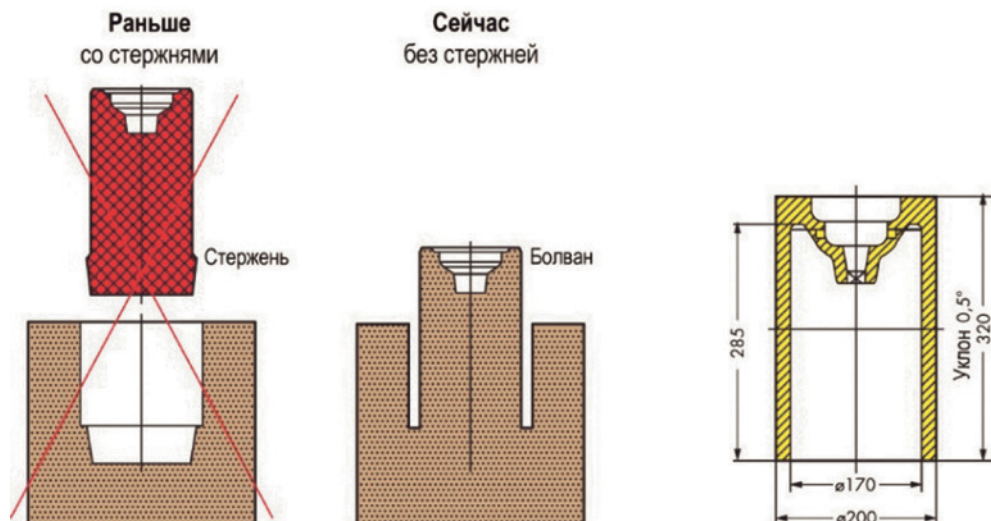


Схема 4. Пример формовки с высоким болваном (отказ от стержней) для отливок типа гильзы цилиндров

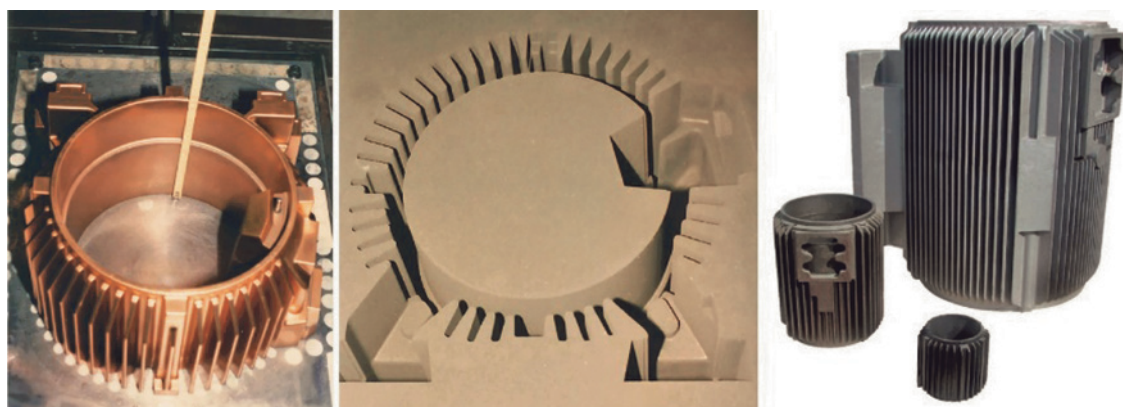
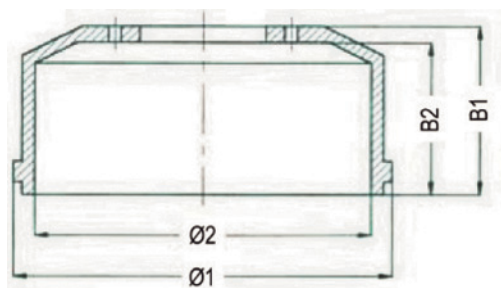


Рис. 6. Форма, модель и отливки с минимальным формовочным уклоном по Сейатцу-процессу, СЧ, корпус электродвигателя (вес от 3,8 до 280 кг; высота до 850 мм, до 700 мм). Завод Olsberg, Германия

- Уменьшение затрат на очистку отливок. В значительной мере уменьшаются затраты на очистку и окончательную обработку отливок. Это обусловлено тем, что по Сейатцу-

процессу производятся высококачественные отливки с равномерным качеством в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти без заусенцев (график 2).



мм кг	Макс. диапазон отклонений						
	-1,2	-0,8	-0,4	0	0,4	0,8	1,2
Ø1							
Ø2							
B1							
B2							
Вес отливки							

■ Воздушный поток + прессование
■ Встряхивание с подпрессовкой

График 2. Сравнение допусков на мехобработку при формовке по Сейатцу-процессу (черным) и методу встряхивания с подпрессовкой (красным) на осесимметричной отливке



График 3. Результаты исследований по газопроницаемости форм в сравнении Сейатцу-процесса с традиционным прессованием без воздушного потока

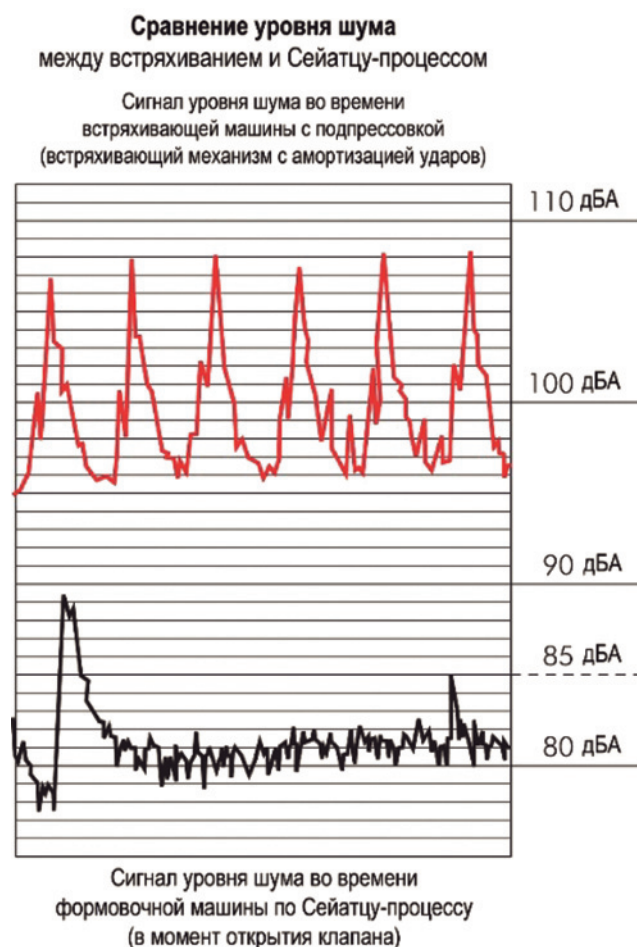


График 4. Сравнение уровня шума между встряхиванием и Сейатцу-процессом

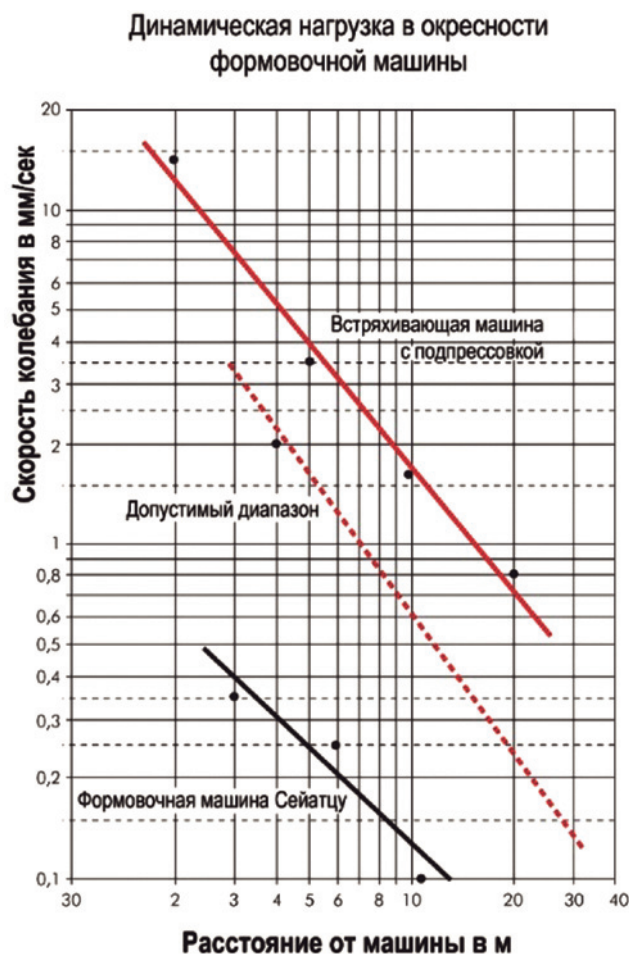


График 5. Динамическая нагрузка рядом с работающими формовочными машинами по различным технологиям уплотнения форм

Закключение

Технология уплотнения разовых песчано-глинистых форм по Сейатцу-процессу на современном этапе развития литейного производства является самой передовой благодаря тому, что изначально при ее создании ставились завышенные требования по качеству и равномерной плотности по объему формы для получения самых сложных в изготовлении отливок в формах по ПГС. Особо следует отметить, что практика широкого применения в мире АФЛ по Сейатцу-процессу бесспорно подтвердила эффективность данного способа изготовления форм по ПГС и немецких формовочных автоматов для его реализации на современных АФЛ производительностью до 250 форм в час.

Истек лимит времени «доработки на отказ» оборудования, действующего еще с советских времен. Факт срочности модернизации отечественного литейного производства очевиден и бесспорен. Следует отметить, что «львиная доля» отливок на заводах мирового литейного производства изготавливается на АФЛ по ПГС-процессу. Разовые сырые формы по ПГС часто продолжают изготавливать по морально устаревшему методу встряхивания, который пока широко применяется в отечественном литейном производстве. При выборе способа изготовления форм целесообразно изучить мировую практику большинства литейных заводов и выбрать самый эффективный и наиболее распространенный в мире. Особо следует отметить, что по опыту внедрения АФЛ на передовых заводах мира за последние десятилетия бесспорным лидером является Сейатцу-процесс. Эта технология уплотнения форм по сути уже стала стандартом при получении различной номенклатуры отливок по ПГС-процессу — например, для мирового автопрома. Отличное качество форм обеспечивается как применением инновационного Сейатцу-процесса, так и их изготовлением на АФЛ фирмы HWS-Sinto, которые являются продуктом традиционно высшего качества немецкого машиностроения.

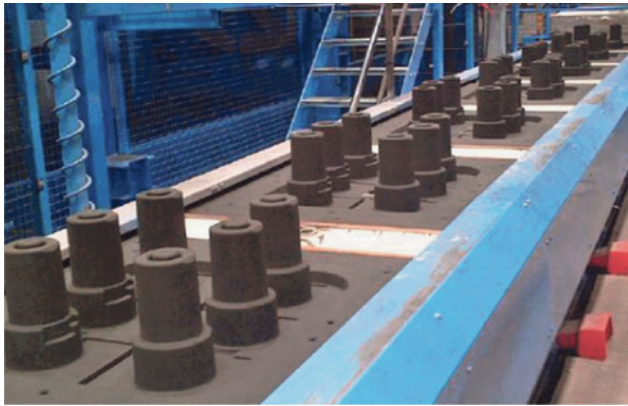


Рис. 7. Формы для отливок насосов завода Hylem, Швеция — ведущего мирового производителя насосов. Обратите внимание на высоту болванов при их небольшой ширине и их на близкое расположение друг к другу в полуформе

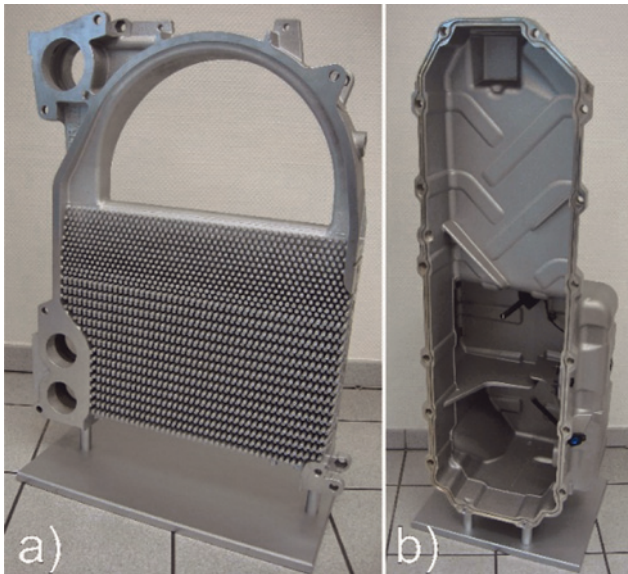


Рис. 8. Алюминиевые отливки по Сейатцу-процессу литейного завода MGG, Голландия: а) отливка с длинными тонкими штырями; б) тонкостенная протаженная отливка

- Гуманная технология. Воздушный поток заменяет встряхивание. Поэтому уровень шума снижается до величины менее 85 дБА, что является важным шагом в сторону улучшения условий труда (график 6). Машины по Сейатцу-процессу работают без динамических нагрузок на фундамент. Это означает более низкие расходы на фундамент и техобслуживание (график 7).