

34.32
В 57

СССР
ГУУЗ • НКТП

Т Р У Д Ы

СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Проф. Л. П. ВЛАДИМИРОВ

ПРОФИЛЬ И РАЗМЕРЫ ВАННЫ МАРТЕНОВСКОЙ ПЕЧИ

ИЗДАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА СИБИРСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

1938

Г. СТАЛИНСК

1938

НАУЧНАЯ РЕДАКЦИЯ
ТРУДОВ СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

- Проф.-докт. Н. А. Костылев — металлургия чугуна
 - Инж. Д. С. Хорунов
 - Проф. Л. П. Владимиров — металлургия стали
 - Инж. Е. К. Вяткин
 - Проф. Ю. В. Грдина — металловедение
 - Инж. Т. М. Голубев — прокатное дело
 - Доц. А.
 - Инж.
 - Э. Х
 - Доц.
 - Проф.
 - Инж.
 - Доц.
 - Доц.
- 12/
- 407
- о
- о
- кие печи
- материалы
- телемеха-

Ответс
ин

R.S.L. KEMEROVO

LIBER



60981

3147
СССР
ГУУЗ • НКТП

ТРУДЫ

СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

34.32
В 54

43585
Кафедра металлургии стали

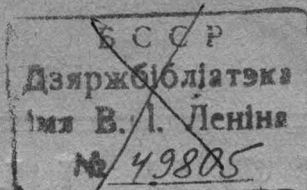
Проф. Л. П. ВЛАДИМИРОВ

ПРОФИЛЬ И РАЗМЕРЫ ВАННЫ МАРТЕНОВСКОЙ ПЕЧИ

3-55
ИЗДАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА СИБИРСКОГО
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
г. СТАЛИНСК

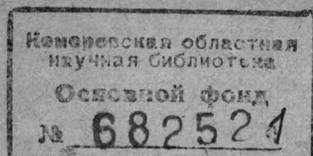
1938

1938
ПРОКЛЕП



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
I. Вместимость ванны	3
Введение	3
Глубина ванны	4
Вместимость ванны	7
Ложные пороги	8
Спуск шлака	11
Объем ванны	12
II. Устойчивость ванны	14
Углы откосов	14
Топография пода	18
Пишет ли огненный перст профиль печи?	19
III. Профиль ванны	22
Существующие способы определения профиля ванны	22
Определение профиля	28
Схема расчета	32
IV. Расчет ванны	32
Максимальная глубина ванны	32
Объем ванны	33
Пример расчета ванны	40
Соотношения размеров ванны	42
Заключение	48
V. Пути дальнейшего развития мартеновских цехов	49
Выводы	53



1966 г.

Технический редактор Е. И. Бутакова.

Тираж 350 экз. Печ. лист. 3 1/2, учет. ав. 5 л.

Сдано в набор 28/II 1938 г.

Подписано к печати 28/VI-1938 г.

Статформат 148×210.

Печати. зн. 57152 в одном печ. листе.

Типография № 1, Новосибирского Облисполкома. Зак. № 776.

Удостоверена № 10608 от 28/VI-1938 г.

ПРОФИЛЬ И РАЗМЕРЫ ВАННЫ МАРТЕНОВСКОЙ ПЕЧИ

I. ВМЕСТИМОСТЬ ВАННЫ

Введение

Весь опыт мартенования за последние годы с достаточной очевидностью показал, какие резервы мы имеем в отношении использования существующих конструкций мартеновских печей. Как на больших, так и на малых печах глубину ванны оказалось возможным увеличивать, не только не теряя, но, наоборот, значительно выигрывая в производительности печи*. Почему же мощное развитие стахановского движения в мартеновском производстве совершенно не подтвердило существовавших ранее указаний на необходимость иметь ванну глубиной не более 350 — 400 мм?***

Потому, что старые, ложные представления о передаче тепла в ванне мартеновской печи и о механизме передачи кислорода фришующих реагентов примесям металла, представления, по существу уже опровергнутые современными теоретическими данными**, продолжали тяготеть над конструкторами, потерявшими в значительной мере связь не только с практикой эксплуатации конструируемых печей, но, подчас, и с новейшим развитием теории мартеновского процесса.

Это сказалось и на методах расчета, которыми пользуются в проектных организациях и во вузах для определения вместимости и размеров ванны мартеновских печей. В результате применения этих методов расчета глубина

* а) Проф. Л. П. Владимиров и Б. А. Андреев, Об увеличении глубины ванны и повышении производительности мартеновских печей, „Советская металлургия“ № 9, 1936.

б) Проф. Л. П. Владимиров и Г. Н. Бесхмельницкая, Связь между садкой, теплонапряжением и производительностью мартеновских печей „Теория и практика металлургии“ № 5, 1937.

** Акад. М. А. Павлов, Определение размеров доменных и мартеновских печей, стр. 120, 1932.

*** Н. Schenck, Физико-химия металлургических процессов, чч. 1 и 2.

всех существующих печей оказалась недостаточной, и в настоящее время почти все печи Советского Союза переделаны или переделываются на большую глубину.

В основе существующих методов расчета лежит площадь пода, выбирая которую, конструктор получает, уже как зависимую переменную, глубину ванны. Так как выбор площадей пода производился ранее по известной таблице М. А. Павлова*, а последняя на протяжении уже 10-15 лет представлялась явно устаревшей, то в выборе площадей пода в дальнейшем не было какой-либо закономерной последовательности, и в результате печи с одинаковыми площадями пода подчас имели совершенно разную глубину и различные условия работы**.

В настоящее время глубину ванны нельзя уже рассматривать как функцию площади пода, как величину, получающуюся в зависимости от размеров выбранной площади пода. Сейчас нужно говорить о максимальной глубине ванны, о максимальном использовании площади ванны. В свете этих соображений максимальная глубина ванны должна стать основой расчета, а общий размер площади пода — функцией ее.

Как может быть решен этот вопрос?

Его следует решать в зависимости от выгодности увеличения глубины ванны одновременно с двух точек зрения:

- 1) с точки зрения передачи ванне тепла и
- 2) с точки зрения вместимости ванны и устойчивости откосов ее.

Первый вопрос решается нами в отдельной работе***. Второй подвергнем углубленному анализу.

Глубина ванны

Прежде всего необходимо внести уточнение в терминологию.

Понятию о глубине ванны придают в мартеновской технике весьма разнообразные значения. Если попытаться

* Акад. М. А. Павлов, Определение размеров доменных и мартеновских печей, стр. 120—124, 1932.

** Труды Уральского съезда деятелей по мартеновскому производству, 1926 и Всесоюзное совещание мартеновцев, 1936.

*** Проф. Л. П. Владимиров, Попытка теоретического определения оптимальной глубины ванны мартеновской печи, „Советская металлургия“ № 10, 1937.

классифицировать последние, то нетрудно увидеть, что термин «глубина ванны» имеет подчас до шести различных значений, а именно:

а) Глубина ванны как конструктивный размер:

1. Максимальная глубина ванны (расстояние от уровня порогов до низшей точки пода печи).

2. Глубина ванны в середине печи (расстояние от уровня порогов до пода по оси печи).

б) Глубина ванны в спокойном состоянии (величина не конструктивная, а эксплуатационная).

3. Глубина слоя металла в ванне в спокойном состоянии.

4. Глубина слоя металла и шлака в ванне в спокойном состоянии.

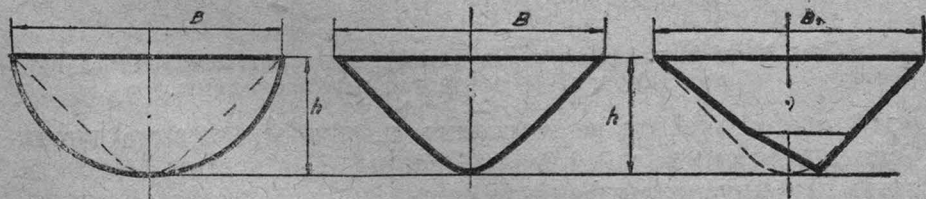
в) Глубина ванны во вспученном состоянии.

5. Глубина слоя металла в ванне во вспученном состоянии.

6. Глубина слоя металла и шлака в ванне во вспученном состоянии.

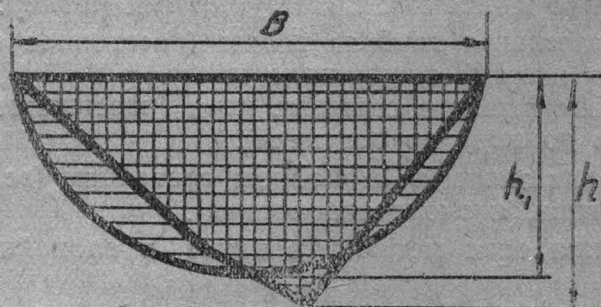
В случае устройства симметричной ванны значения глубины ванны в пунктах 1 и 2 совпадают; что же касается остальных значений глубины ванны, то они в одной и той же печи никогда не имеют тождественных значений.

Для построения профиля печи наиболее существенным является знание максимального значения глубины ванны как конструктивного размера. Однако, рассматривая поперечное изображение различных профилей ванны (асимметричного, сегментообразного, гиперболического), нетрудно установить, что размер «максимальная глубина ванны» еще ничего не говорит ни о степени использования объема ванны по глубине, ни о той толще металла, которую придется прогревать в различных случаях (фиг. 1). Более то-



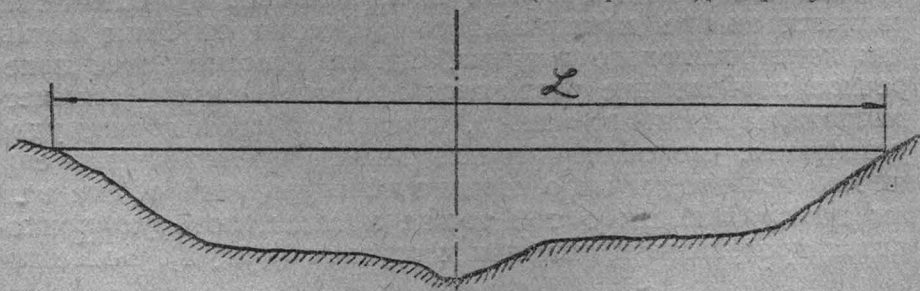
Фиг. 1. Сравнение степени использования объема ванны по глубине в печах с сегментообразным, гиперболическим и асимметричным профилем ванны при одной и той же максимальной глубине ванны и ширине печи.

го, из фиг. 2 следует, что в отдельных случаях может оказаться более трудным прогрев толщи металла в печи с меньшей максимальной глубиной ванны, и наоборот.



Фиг. 2. Случай, когда ванна с большей максимальной глубиной вмещает меньше металла, чем ванна с меньшей максимальной глубиной.

Все это свидетельствует о том, что при рассмотрении и оценке различных печей с различным профилем ванны понятие «максимальная глубина ванны» еще недостаточно характеризует действительные трудности работы таких печей на глубоких ваннах. В особенности это относится к натуральным замерам фактической глубины ванны в середине печи, где, нередко, против выпускного отверстия образуется значительное обнижение пода (см. фиг. 3), в результате



Фиг. 3. Обнижение ванны в центре печи, дающее ложное представление об истинной глубине ванны.

которого создается впечатление о, якобы, весьма значительной фактической глубине ванны. Как видим, фактическую глубину ванны характеризует не только расстояние от уровня порогов до одной из точек пода, но и крутизна и состояние откосов печи, образующих собственно профиль пода.

Поэтому, наиболее правильным было бы ввести понятие о средней глубине ванны. В тех случаях, когда

имеют в виду только поперечное сечение ванны, эту величину можно рассматривать как отношение площади среднего поперечного сечения ванны к ее ширине.

Как покажет дальнейшее изложение, наибольшую среднюю глубину ванны по поперечному сечению дают ванны сегментообразного сечения. Однако это достигается за счет весьма крутых углов откосов печи, что делает практически такой профиль малопригодным. Несколько меньшую среднюю глубину ванны дают печи с гиперболическим сечением ванны, причем это сочетается с возможностью на значительной глубине иметь один и тот же угол откосов (обе ветви гипербол асимптотически приближаются к прямой оси). Наименьшую среднюю глубину ванны дают печи с асимметричными ваннами.

Если же иметь в виду наибольшее использование объема всей ванны по глубине (влияние как поперечных, так и продольных откосов), то среднюю глубину ванны следует рассматривать как отношение полного объема ванны к фактической площади ванны на уровне порогов завалочных окон.

Как это будет видно из дальнейшего изложения, наименьшую среднюю глубину имеет ванна, представляющая полость двуполого разностороннего гиперболоида (влияние весьма пологих продольных откосов). Несколько большую среднюю глубину имеет ванна с сегментообразным профилем. Наибольшую среднюю глубину, а значит и наибольшее использование объема ванны по глубине дает ванна, представленная суммой объемов гиперболического цилиндра и эллипсоида.

Определение значений величины средней глубины ванны дано в главе четвертой.

Вместимость ванны

В вопросе о том, что должна вмещать ванна мартеновской печи, до сих пор ясности нет. В старом расчете проф. В. Е. Грум-Гржимайло уровень металла вообще не ограничивался никакими условиями, и обелиск, вмещавший жидкую ванну, был представлен одновременно и передней стенкой печи и ложными порогами ее*.

Расчеты проф. М. М. Карнаухова, проф. Л. М. Фортунато и инж. И. Д. Семикина исходят из необходимости не

* Проф. В. Е. Грум-Гржимайло, Пламенные печи, т. III, стр. 24—27.

поднимать уровень металла выше уровня чугунных порогов печи. Но при этом проф. М. М. Карнаухов* и инж. И. Д. Семикин** ведут расчет на спокойную ванну, в то время как проф. Л. М. Фортунато*** исходит из необходимости не поднимать уровень вспученного металла выше чугунных порогов рабочих окон. Если учесть коэффициент вспучивания, изменяющийся по проф. Л. М. Фортунато от 1,5 до 2,2, в зависимости от состава шихты, то становится очевидным, что разница в объеме и вместимости ванны у этих авторов оказывается довольно большой. Вместе с тем и проф. Карнаухов оставляет значительный запас объема ванны, в то время как инж. Семикин рассчитывает ванну без всякого запаса.

Инж. Б. В. Фронтинский**** исходит из необходимости вмещения до уровня чугунных порогов металла и 10 проц. шлака по весу от металла, но объем металла считает при этом в спокойном состоянии.

Ложные пороги

Таким образом все предложенные до сих пор способы расчета ванны мартеновской печи исходят из обязательного наличия ложных порогов, которые в лучшем случае вмещают и задерживают шлак только при вскипании ванны (Фортунато, отчасти Грум-Гржимайло), а в худшем случае они вынуждены задерживать шлак в течение всей плавки (Карнаухов, Семикин); в некоторых же случаях на долю ложных порогов выпадает участь сдерживать вскипающий и выходящий за уровень чугунных порогов колющийся металл (Карнаухов, Семикин, Фронтинский), что ведет на практике к прорыву ложных порогов и уходу металла на площадку.

Позволительно задать вопрос: почему мартеновские практики пришли повсеместно к устройству на печах ложных порогов? Позволительно также задать и другой вопрос: нельзя ли при конструировании и эксплуатации печей обойтись и вовсе без них?

* Проф. М. М. Карнаухов, Очертания пода мартеновской печи, „Металлург“ № 3, стр. 64—72, 1926.

** Инж. И. Д. Семикин, Форма пода основных мартеновских печей, „Уральский техник“ № 1, 1929.

*** Проф. Л. М. Фортунато, О классификации мартеновских печей и об их тоннаже, „Домез“ № 10—11, 1931.

**** Инж. Б. В. Фронтинский, Определение размеров рабочего пространства мартеновских печей, „Металлург“ № 12, 1935.

Первые мартеновские печи не имели ложных порогов. Лишь с развитием мартеновского дела, когда садку печей стали неизменно увеличивать, недостаточный объем ванны уже построенных печей стали компенсировать ложными порогом. Этот процесс компенсации вместимости ванны ложными порогом имеет место и по сей день, когда ложным порогам одновременно, в связи с развитием рудного процесса, стали придавать и другое значение: средства для легкого спуска шлака через углубление в пороге среднего окна. Этими двумя обстоятельствами, по существу, и ограничивается назначение ложных порогов. Вместе с тем, наличие ложных порогов ведет к целому ряду вредных последствий, из которых остановимся на главных:

1) Ложные пороги требуют времени для заправки их. Когда в связи с развитием стахановского движения на 150-тонных печах отказались от периода прогрева шихты и жидкий чугун стали заливать непосредственно после конца завалки, оказалось, что между концом завалки шихты и началом заливки чугуна должно пройти все же не менее 40—50 минут на заправку порогов. Это явно потерянное для плавки время.*

2) После успокоения ванны ложные пороги уже не нужны, их нужно сбить. Раньше их хоботом завалочной машины просто сталкивали в печь. Но это вело к загромождению шлаков и к образованию весьма пологих откосов у передней стенки, уменьшающих вместимость ванны. Тогда их стали сталкивать на площадку. Ни в одном цехе я не видел ящиков, в которые можно было бы сбить ложные пороги без того, чтобы не засорить площадку у печи. Всюду, где их сталкивают не в печь, пороги валят прямо перед печью, создавая тем самым много лишней работы по уборке и загрязняя доломитовой пылью воздух у печи. После загрузки доломита вручную в мусорные ящики, задалживаются заливочные краны для транспортировки их из цеха.** Помимо нерационального использования механизмов, это осложняет систему грузопотоков и вызывает большое напряжение в работе у печей.

3) Сильное вскипание ванны ведет нередко к прорыву порогов шлаком, а иногда и металлом. Помимо потерь металла, в этих случаях мы сталкиваемся с привариванием металла к площадке и шихтовым путям, с

* 8—10 мин. так или иначе нужно затратить после конца завалки на заправку передней стенки.

** На Кузнецком заводе для этой цели в последнее время применены тракторы с приделанными к ним кузовами.

заполнением площадки жидким шлаком, что требует много сил и людей для ликвидации последствий прорыва шлака и ведет к задержке плавки из-за невозможности обслуживания печей шихтой для доводки.

4) Отсутствие запаса вместимости ванны на вскипание и стремление к увеличению садки ведут к работе на таких высоких ложных порогах, которые чрезвычайно затрудняют наблюдение за ходом плавки, не говоря уже о том, что более высокие ложные пороги требуют большего расхода доломита, большего времени на заправку и разделку их, большего задалживания кранов на уборку и т. п.

5) Высокие ложные пороги создают чрезвычайные трудности при взятии проб металла, в результате чего пробы берутся часто неправильно, у границы между шлаком и металлом, а это ведет к ошибочному суждению о ходе плавки и к получению брака, что нередко имело место в последние годы на наших заводах.

6) Ложные пороги не позволяют держать крышки загрузочных окон закрытыми. Из-за этого крышки часто преждевременно коробятся, ломаются, тросы обрываются.

7) При незакрытых крышках загрузочных окон между последними и поверхностью ложного порога образуется широкий зазор, через который в печь поступает большое количество холодного воздуха, охлаждающего ванну и уменьшающего производительность печи*.

Ради только одного последнего соображения стоило бы задать вопрос: неужели нельзя обойтись без ложных порогов? Конечно, можно.** Для этого нужно только обеспечить достаточную вместимость ванне, с тем, чтобы при самом большом вскипании уровень жидкой ванны не превышал бы уровня чугунных порогов загрузочных окон. Очевидно, объем ванны должен быть значительно больше расчетного, а уровень спокойной ванны — значительно ниже

* а) По этому вопросу см. G. Köhler, Воздух, засасываемый в рабочее пространство мартеновской печи, „Stahl u. Eisen“ № 14, s. 383, 1935, а также „Новости иностранной техники“ № 4, 1935.

б) H. Schwiedessen, Влияние засасываемого через неплотности кладки воздуха на работу печи, Arch. f. d. Ehw, H. 1, 1936, а также „Новости иностранной металлургии“ № 5, 1936.

** В последнее время инженеры Шнееров, Фетисов и др. усиленно защищают работу на высоких ложных порогах, считая ее эффективной и безопасной. С точки зрения наимыгоднейшей эксплуатации уже существующих печей с ними нужно согласиться, но обрывать новые печи на такую работу более чем не рационально.

уровня порогов загрузочных окон. При этом, естественно, увеличится объем свободного рабочего пространства, если мы оставим в неизменном положении свод печи. Но, спрашивается, почему мы должны увеличивать свободный объем рабочего пространства только путем поднятия свода? Этой же цели мы можем достигнуть путем понижения уровня ванны, и это даст нам двойной выипрыш: и увеличение рабочего пространства и отход от ложных порогов.

Спуск шлака

Могут возразить, что, вмести́в всю ванну ниже уровня порогов садочных окон, нельзя будет удалить во время плавки шлак, мешающий ванне быстро прогреться. Спуск шлака у нас производят двойко: или через среднее (иногда второе или четвертое) окно под рабочую площадку (старые и качающиеся печи) или через шлаковые отверстия в задней стенке печи (новые стационарные печи). Второй способ, вообще говоря, менее эффективен, чем первый, так как уровень металла в печи далеко не постояен и зависит от всех колебаний в составе шихты, как в количественном, так и в качественном отношении; кроме того, он зависит от состояния подины печи, которая от плавки к плавке может нарастать или раз'едаться и т. д.

Но отверстий в печи обычно делается два. Их следует располагать на различных уровнях, с расстоянием между осями отверстий в 50—100 мм, что обеспечит возможность удаления шлака при известных колебаниях в составе шихты*. Естественно, что в печах со спуском шлака через заднюю стенку ложные пороги никакого отношения к спуску шлака иметь не могут; в этих печах вместе с увеличением вместимости ванны необходимо только соответственно опустить уровень этих отверстий.**

Для печей, производящих спуск шлака под рабочую площадку, вопрос осложняется необходимостью иметь такое же шлаковое отверстие в передней стенке печи ниже уровня порогов, или устройством раз'емного со вкладашем порога, через который и можно будет удалить

* Подробнее этот вопрос разработан автором в работе: Шлаковый режим мартеновской плавки, „Сталь“ № 12, 1937.

** Вместо этого можно было бы рекомендовать замену шлаковых отверстий шлаковыми окнами с подсыпными порогами, что полностью разрешило бы вопрос о спуске шлака с любого необходимого уровня.

шлак, вынимая литой вкладыш из гнезда U-образной формы.

Поэтому отказ от наличия ложных порогов в печи несколько не означает отказа от спуска шлака. Наоборот, и то и другое должно вести к одной цели — максимальному укорочению продолжительности плавки.

Объем ванны

Таким образом, отказываясь от устройства ложных порогов, мы должны придать ванне объем больший, чем объемы жидкого металла и шлака, вместе взятые.

Этот объем должен быть, очевидно, тем больше, чем больше процент чугуна в шихте и чем больше, следовательно, вскипание ванны и относительное количество шлака в печи.

Поэтому, требуемый объем ванны может быть выражен функцией трех переменных:

- 1) садки печи — T ,
- 2) относительного количества шлака — n ,
- 3) коэффициента запаса объема ванны на вскипание — m .

Принимая за удельный вес жидкого металла $= 7$ и жидкого шлака $= 3,5$, выразим требуемый объем ванны следующим образом:

$$V = m \left(\frac{T}{7} + \frac{nT}{3,5} \right),$$

или проще

$$V = (1 + 2n) \cdot \frac{mT}{7} \quad (1);$$

заменяя член

$$(1 + 2n) \cdot \frac{m}{7} = k,$$

получим

$$V = kT \quad (2),$$

где переводный коэффициент k , представляющий функцию значений m и n , находится в таблице 1. В случае же значений m больше 50 проц. и n больше 15 проц., он рассчитывается по формуле 1:

Пример 1: при $m = 1,2$ (коэф. запаса 20%)
 $n = 0,1$ (колич. шлака 10%) имеем:

$$V = 1,2 \cdot \frac{1 + 0,2 \cdot T}{7} = 0,206 \cdot T$$

или $k = 0,206$.

Пример 2: без запаса объема при $n = 0,15$, имеем

$$V = \frac{1 + 0,3}{7} \cdot T = 0,185 \cdot T \text{ и } k = 0,185.$$

Таблица значений „К“ *

Таблица 1

% чугуна в шихте	Коэффи- циент запаса объема	Количество шлака					
		10%	11%	12%	13%	14%	15%
40	10	0,188	0,192	0,195	0,198	0,201	0,204
50	20	0,206	0,209	0,212	0,216	0,220	0,223
60	30	0,223	0,226	0,230	0,234	0,238	0,242
70	40	0,240	0,244	0,248	0,252	0,256	0,260
80	50	0,258	0,262	0,266	0,270	0,274	0,278

* Коэффициенты запаса объема, соответствующие различным значениям чугуна в шихте, должны быть проверены на практике.

Естественно, что при таком «завышенном» (против обычных методов расчета) объеме ванны до чугунных порогов мы получим и значительно большую глубину ванны. Но в этом случае нельзя уже совмещать два понятия, бывших ранее тождественными: глубина ванны и глубина слоя металла в середине печи. За конструктивным размером — расстоянием от уровня порога до нижней точки пода — мы сохраняем термин максимальная глубина ванны; то же, что теперь часто называют глубиной ванны, имея в виду слой металла и шлака в печи, мы будем называть глубиной слоя металла и шлака в печи. Следовательно, глубина слоя металла и шлака составит лишь часть глубины ванны.

Таким образом более значительные величины глубины ванны еще не означают большей трудности в прогреве металла: последняя связана лишь толщиной слоя металла и шлака над ним, а разница в уровнях порогов и шлака существенного влияния на нагрев оказать не может, если только рабочие окна не будут служить причиной большого подсоса холодного воздуха. Но именно потому, что мы отказались от ложных порогов, мы имеем возможность после конца завалки держать все крышки плотно закрытыми и

тем самым значительно выиграть в уменьшении подсоса воздуха.

Отметим в заключение, что ложные пороги действительно распространены повсеместно. Уже один этот факт может привести наших практиков в смущение, дав им повод к полному отрицанию нашего предложения: отказаться от ложных порогов, как от исторического пережитка, сдерживающего дальнейшее развитие конструкций печей. В защиту его укажем, однако, что практика уже, повидимому, имеет опыт работы печей и без ложных порогов: лучшие быстроходные печи Стивенса и механизированная печь Мак-Кюна*, целиком заключенные в сплошной кожух, не имеют ложных порогов.

II. УСТОЙЧИВОСТЬ ВАННЫ

Выяснив, что должна вмещать в себе ванна и какой она должна иметь объем, перейдем теперь к вопросу о форме ванны. Форму ванны можно выразить поперечным и продольным профилями, очертания которых находятся в тесной связи с устойчивостью поверхности ванны.

Быстрое разрушение вертикальных стенок печей шлаками и осыпание заправочных материалов вниз при попытках заделать разрушенные части стенок привели к своеобразной кривой поверхности ванны, воспроизводимой уже в дальнейшие годы нарочито, для того, чтобы форма ванны сама по себе изменялась в незначительной степени. Об устойчивости ванны судят по углам естественных откосов заправочных материалов и по результатам измерений пода печи после остановки их на ремонт.

Углы откосов

Угол в $26^{\circ}30'$, принятый проф. В. Е. Грум-Гржимайло для откосов всех стенок печи**, представляет собою угол естественного откоса песка в воде. Грум-Гржимайло рекомендовал этот угол исходя из аналогии, что таким же должен быть угол естественного откоса магнезита и доломита в жидком металле.

Инж. Семикин считает, что максимальный угол откосов должен равняться 35° ***, так как это соответствует углу естественного откоса сухого магнезитового порошка, молотого мартеновского шлака и их смеси в воздухе.

* Р. Вейл, Письма из Америки, „Техника“ № 3, 1937.

** Пламенные печи, т. III, стр. 23—24.

*** „Уральский техник“ № 1, стр. 49, 1929.

Если аналогия Грум-Гржимайло для инж. Семикина (как и для нас) слишком недоказательна, то почему для нас должна быть доказательной другая, столь же отдаленная от истинных условий, аналогия?

Угол естественного откоса магнетита в жидком металле — понятие, которым оперирует проф. Грум-Гржимайло, — понятие вообще фиктивное, так как совершенно невозможно говорить об естественном угле откоса легкого материала в тяжелой жидкости.

Угол же естественного откоса магнетита на воздухе совершенно не определяет стойкости откосов в жидком металле, а определяет только способность магнетита удерживаться в том месте, куда он засыпается. Но если мы добьемся того, чтобы засыпаемый материал удерживался и при более крутом угле откосов, то это вовсе не значит, что такие откосы будут сильнее разрушаться жидким металлом.

Дело в том, что и под печи и откосы в окончательном виде представляют собою не насыпной магнетитовый или доломитовый порошок, а наваренные слои, состоящие из зерен периклаза, цементированного монтичеллитом, шпинелью, оливином и др. минералами, образующимися в процессе наварки*.

Очевидно, задача прежде всего состоит в том, чтобы образовать этот кристаллический сросток, так необходимый для условий устойчивости подины и откосов. В процессе заправки печей это не всегда удается: при заброске доломита или магнетита в печь часть материала не удерживается в завариваемом месте и осыпается вниз. Осыпание и приводит к заращиванию углов печи и образованию более пологих откосов, чем это могло бы быть достигнуто при хорошей заправке их. Очевидно, вопрос о создании устойчивых откосов ванны зависит прежде всего от качества заправки, а последнее помимо исходных материалов зависит еще и от ряда следующих факторов.

1) Качество заправки зависит от температуры, при которой производится заправка. Раньше заправку откосов делали обязательно после выпуска, при этом полностью или частично выключив отопление печи. Лишь с развитием стахановского движения было окончательно доказано, что заправку верхних частей откосов (в

* Подробнее см. Б. Пинес, „Сталь“ № 2, 1932 и „Сталь“ № 4, 1935.

особенности задней стенки) лучше производить еще перед выпуском металла и что качество заправки улучшается, если заправка идет на полном газе. В этом случае подведенные откосы еще достаточно размягчены, чтобы летящие кусочки заправочных материалов могли, ударяясь об откос, не отскочить от него, а вмяться в эту массу или прилепиться к ней.

2) Качество заправки зависит также от правильности направления, придаваемого летящим зернам доломита или магнезита. В этом отношении машинная заправка имеет огромное преимущество перед ручной. При ручной заправке значительная часть кусочков доломита или магнезита попадает не в то место, которое надлежит заправить, а на соседние участки, осыпается и заращивает лишь под печи.

3) Способность летящего кусочка доломита вмяться в размягченную массу откоса определяется живой силой, развиваемой им при полете. При ограниченной размерами величине зерен, эта способность определяется, следовательно, скоростью, с которой кусочки вводятся в печь. Отсюда опять-таки огромное преимущество заправочных машин, сообщаящих значительную скорость кусочкам доломита в момент их вылета.

4) Наконец, способность доломита не отставать от откосов при ударе в значительной степени улучшается, если искусственно увеличить угол естественного откоса доломита, предварительно перемешав его с разогретой смолой. Этот метод, введенный на Кузнецком заводе в конце 1935 г. по настоянию автора и стахановца-сталевара Матюшкина*, дает неизменно хорошие результаты.

Таким образом поддержание определенных углов откосов зависит прежде всего от способа и качества заправки. Приходится удивляться только той инертности, с которой на заводах подходят к использованию заправочных машин. В течение ряда лет стоит неиспользуемая заправочная машина системы Blow-Knox на Кузнецком заводе. Машина вполне оправдала себя на работе, но персонал предпочитает заправлять по-старинке —

* „Как сократить продолжительность плавки стали“ — статья в газете „Большевистская сталь“ от 12 декабря 1935 г.

вручную.* Печальная участь постигла машины системы инж. Байбакова, которые всюду, где они опробовались, также оправдали себя, но нигде не применяются только из-за нашей косности.

Таким образом, если бы мы и приняли во внимание угол естественного откоса доломита или магнезита на воздухе (равный тем же 35°), то это был бы тот минимальный угол, который следовало бы придавать всем откосам.

Инж. Семикин, наоборот, рассматривает его как максимальный угол, придавая откосам по длинной оси печи угол значительно меньший.

Какой смысл, спрашивается, делать в продольном сечении откосы еще менее крутыми, если естественным, навалочным путем можно получить откос более крутой (до 35°), который по Семикину к тому же и не будет раз'едаться шлаками?

Наоборот, если не ориентироваться на осыпание магнезита при заправке и использовать все условия искусственного увеличения естественного угла откосов или вмятия кусочков магнезита в размягченный откос, можно, конечно, работать с откосами и гораздо более крутыми без опасения значительного раз'едания их.

Не удивительно, если наблюдения инж. Семикина на Надеждинском заводе в 1927—1928 гг. показали максимальный угол откосов печи в натуре 35° . Это имело место при ручной заправке и без соблюдения условий, перечисленных выше.

Но уже топографические измерения проф. Карнаухова на маленькой 12-тонной печи** показали, что угол заднего откоса колебался от 25° до 40° , а аналогичные измерения инженеров Костюченко и Торгут*** на 50—60-тонных печах показывают изменения этого угла в пределах 22° — 50° . По данным Buell**** 100-200-тонные печи США имеют углы наклона продольных откосов 40 — 50° , а поперечных—даже 66° , причем из 16 обследованных печей нет ни одной, имеющей угол поперечного откоса меньше 41° .

Остановки печей, как правило, с оставлением «козла» в печи не позволяли автору произвести топографические

* За последнее время (начало 1938 г.) под влиянием настоящих указаний института машина вновь начинает использоваться, но, к сожалению, пока еще весьма недостаточно.

** Проф. М. М. Карнаухов, «Металлург» № 3, 1926.

*** «Сталь» № 3—4, 1931.

**** W. Buell, Усовершенствование конструкций мартеновских печей, „Steel“ 1932 и 1933.

измерения поверхности пода 150-тонных печей Кузнецкого завода, но ряд отдельных замеров углов задних откосов показал, что эта величина колеблется в пределах $40-60'$ (по проекту 54°).*

Приведенные примеры убеждают в том, что 35° — это наименьший угол откосов из допустимых в больших печах. В зависимости от качества заправочных материалов и способа заправки этот угол может колебаться в пределах $35-60^\circ$.

Топография пода

Метод топографических замеров подин после сстановки печей на ремонт чрезвычайно интересен, но в практическом применении он, в ряде случаев, сильно переоценивается.

Его значение было бы велико, если бы, засняв поверхность пода печи после ее работы, мы могли бы сравнить ее с поверхностью пода до начала кампаний. Но вот этого мы обычно и не знаем, так как способ заснятия поверхности только что наваренного пода еще не изобретен. А эта последняя может очень сильно отличаться от той предполагаемой поверхности, которую должен был бы иметь под по чертежу. Об этом с достаточной очевидностью свидетельствует топографическая съемка пода печи № 2 Мариупольского завода, остановленной после четырех плавов**. Значительную разницу в поверхности пода в натуре и по чертежу следует, конечно, объяснить не результатом проведения четырех плавов, как это склонны были думать авторы исследования, а результатом бесконтрольности процесса наварки пода, из-за которой мы не можем определенно знать ни действительной толщины наварки, ни фактических углов откосов, ни натуральной емкости ванны. Единственно, что мы знаем достоверно, это форму и размеры кирпичной кладки, которой и надлежит максимально приближаться к желательным форме и размерам ванны.

Следовательно, сопоставление натуральных размеров ванны, после проведения ряда плавов, с чертежными почти ничего не говорит о действительных изменениях, происшедших в подине печи.

* Полные топографические измерения ванн 150- и 300-тонных печей производятся Сибирским металлургическим институтом в настоящее время (1938 г.). Все произведенные замеры подтверждают основные выводы настоящей работы.

** Инж. Костюченко и Торгут, «Сталь» № 3—4, 1931.

Пишет ли огненный перст профиль печи?

Однако топографический замер пода все же не осветил бы ряда вопросов даже и в том случае, если бы достоверно была известна поверхность наваренного, но еще не работавшего пода. В этом случае мы могли бы говорить о закономерных изменениях в его форме, если бы, опять-таки, не одно обстоятельство, оказывающее сильное влияние на эти изменения, но безо всякой закономерности. Здесь имеется в виду порядок завалки шихты в мартеновскую печь и взаимодействие загруженных не посредственно на под печи материалов с самим подом. Здесь мы сталкиваемся со взаимодействиями как физического, так и химического порядка, которые зависят не от стремления ванны принять тот или иной профиль, а от чисто случайных причин, связанных с характером завалки.

Из этих факторов наиболее существенны:

а) вмятие подины при загрузке на нее бракованных слитков, тяжелых недоливков и пр.;

б) рост подины, вызываемый загрузкой на нее известняка*;

в) раз'едание подины, связанное со взаимодействием ее с рудой или чугуном;

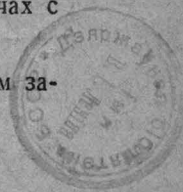
г) заболочивание углов между местом стыков двух стенок печи и подом**, а также против рабочих окон, где осыпающийся при неудовлетворительной заправке или сбрасываемый при разделке ложных порогов прямо в печь*** доломит служит причиной изменения формы ванны печи. Естественно, что эти факторы, проявляющие свое воздействие на под непрерывно в течение всей его службы, способны затушевывать собою те закономерные изменения в форме пода печи, которые охарактеризованы инж. Семикиным как «закон природы».

Вопрос о стремлении ванны любой печи принять всегда вполне определенный профиль, характеризуемый Семикиным как «закон природы», мы должны расчленить на два: 1) закономерность разрушения ванны печи шлаками и 2) стремление ванны под действием жидкого металла принять определенную форму одной из полостей двуполого разностороннего гиперболоида.

* Проф. Л. П. Владимиров, Обезуглероживание металла в печах с глубокой ванной, «Теория и практика металлургии» № 2, 1936.

** На это указывают инж. Костюченко и Торгут.

*** Такая практика имела место на Магнитогорском и Кузнецком заводах в 1934—1935 гг.



Тот факт, что шлаки разрушают ванну печи — бесспорен. Разрушение происходит тем сильнее, чем больше шлака в печи, чем активнее он, чем больше он соприкасается с откосами и подиной, чем хуже заварены откосы и чем менее огнеупорен материал, из которого они сделаны. Но все эти условия не дадут такого износа печи, который независимо от размеров печи приводил бы ее профиль всегда к одному и тому же значению. Так, например, количество шлака в печи и его активность зависят от характера технологического процесса и сорта стали, которые в одной и той же печи могут изменяться.

Продолжительность соприкосновения шлака с откосами зависит от способа и момента спуска шлака во время плавки и от количества оставленного шлака в печи. Продолжительность соприкосновения шлака с подиной зависит от быстроты выпуска металла и шлака из печи, что определяется размерами разделанного выпускного отверстия (так, например, выпуск плавки из 150-тонных печей Кузнецкого завода отнимает от 4 до 30 минут, из чего видно, как разнообразно может быть воздействие шлака на под печи в различных плавках).

Откосы в одном месте печи могут быть заварены лучше, в другом хуже; в одном случае они могут быть более круты, в другом — менее круты; наконец, в одном случае для заправки мог быть применен доломит лучшего качества, в другом — худшего*. Можно ли ожидать во всех этих случаях одинакового воздействия на откосы и подину шлака, разъедающее действие которого якобы планируется каким-то определенным законом природы? Конечно, нет. Тогда, быть может, ванна приобретает такую постоянную форму из-за воздействия на нее жидкого металла, самопроизвольно устраивающего себе гиперболическую постель?

Обратим внимание на доменную печь. В течение ряда лет жидкий металл того же удельного веса соприкасается с лещадыю печи, оказывая на единицу площади значительно большее давление, чем в мартеновской печи и, вместе с тем, при выдувке печей мы сталкиваемся с прорывом лещади, но не с выпуклой ее формой, которая хотя бы отдаленно напоминала подину мартеновской печи.

Возьмем более близкий по характеру агрегат — миксер. В течение ряда лет мы наблюдали характер износа футе-

* По этим вопросам см. И. Андреев и А. Журбенко, Пути повышения стойкости подин основных мартеновских печей, „Сталь“ № 1, 1937.

ровки 1200-тонного миксера Кузнецкого завода*. Казалось бы, если «закон природы» довлел над формой постели для жидкого металла, то следует ожидать сильного обнижения профиля миксера посредине его. В действительности ничего подобного не происходит. Простой шамотовый кирпич срабатывается по всей длине миксера на 20—30 мм, оставляя образующую цилиндра неизменной как внизу, так и на уровне стояния чугуна. Каждый раз сильное разрушение футеровки происходит только у носка.

Если взять примеры из области цветной металлургии, то мы увидим, что медеплавильные печи работают с совершенно плоским подом, не имеющим никакой тенденции к обнижению посредине**.

Перевод печей для плавки сурьмы на плоские подины увеличил стойкость их с 10 дней до 2,5 месяца; в результате этого остановки печей в дальнейшем происходили уже не из-за подины***.

То же относится и к печам для плавки вольфрама и молибдена. Несмотря на громадную разницу в удельных весах между этими металлами и магнезитом, последний в них никогда не всплывает, несмотря на то, что магнезит просто насыпается на под ровным слоем****.

Этих примеров, пожалуй, достаточно, чтобы показать, что изменение формы пода не есть «закон природы». В смысле физического воздействия на под вряд ли природа сделала бы исключение для стали.

Очевидно разрушение печей происходит, но лишь до тех пор, пока представляются благоприятные условия для этого.

Ведь и Волга разрушает берега, но лишь до тех пор, пока мы не одеваем их в гранит!

Остается спросить: действительно ли ванны, останавливаемых на ремонт печей имеют симметричную форму и сходные черты профиля? Да, это иногда имеет место, но не потому, что это явилось выражением закона природы, а потому, что это явилось результатом одинаковых приемов работы по уходу

* Проф. Л. П. Владимиров и инж. М. С. Спиридонов, Металлургическое исследование миксера, „Металлург“ № 3, 1937.

** Проф. В. Е. Грум-Гржимайло, Пламенные печи, т. III, стр. 31.

*** Из сообщения инж. Веллер на заседании НИТОМ г. Сталинска по докладу автора (в 1935 г.).

**** То же.

за подом и откосами на большинстве заводов Советского Союза.

Но уже ближайшее рассмотрение произведенных съёмочных работ далеко не обнаруживает такого подлинного соответствия профилей, которое пытался обобщить как закон природы инж. Семикин.

Песчаные и каменистые берега рек разрушаются далеко не идентично. Если отсутствие внимания к заправке откосов уподобляет их песчаным берегам, то высокое качество заправочных материалов в сочетании с высоким качеством самого процесса заправки уподобят откосы печей каменистым берегам. Нам незачем будет тогда обманывать себя несуществующими законами природы и мы сумеем управлять профилем печи, а не наоборот.

III. ПРОФИЛЬ ВАННЫ

Существующие способы определения профиля ванны

Из вышеизложенного следует, что:

1) профиль ванны должен быть рассчитан на вмещение всего металла шлака и на резервный объём для вскипания металла;

2) профиль ванны должен быть построен так, чтобы решительно отойти от старых методов, ориентирующих на наличие ложных порогов.

3) угол откоса в 35° может быть рассматриваем как минимально допустимый;

4) угол естественного откоса магнезита или доломита на воздухе может быть искусственно увеличен до $45-55^\circ$ за счет перемешивания зерен их с разогретой смолой.

5) в связи с тем, что при высокой температуре консистенция заправочных материалов и откосов позволяет куточкам доломита или магнезита вминаться и прилипать к откосу, угол последних не связан с углом естественного откоса этих материалов и, в зависимости от качества и условий заправки, на практике он колеблется в пределах $35-60^\circ$;

6) форма пода при работе его определяется не особым законом природы, а приемами работы (заправка и завалка) и условиями разрушения ванны (качество, количество и продолжительность воздействия шлаков, качество заправки и заправочных материалов и т. п.).

Исходя из этих положений можно говорить не о том, какая форма ванны получится в результате ее работы, а о том, какую форму ей следует придать.

Говорить об асимметричности ванны и об обелисках и пирамидках, ее составляющих (проф. Грум-Гржимайло, проф. Старк, проф. Карнаухов, проф. Фортунато), на сегодняшний день не приходится. Эти упрощенные представления, усложнявшие расчет, слишком далеки от реальной действительности. Поверхность ванны несомненно должна быть кривой. С этой точки зрения рассмотрению могут подлежать лишь формы ванны, предложенные инж. Семикиным и Фронтинским.

Если исходным моментом для определения профиля ванны у инж. Фронтинского служит, как и в старых расчетах, площадь пода, то инж. Семикиным первоначально было предложено в качестве такового использовать длину пода:

«Длина пода, требуя определенный минимум глубины ванны для своей устойчивости, определяет объем ванны и, следовательно, тоннаж, так как третий размер ванны — ширина — колеблется не в больших пределах»*.

Точно так же подчеркивалось и в выводах, что: «...глубина ванны зависит от ее длины и является функцией гиперболы с минимальной кривизной. Ширина же печи зависит от глубины ванны...»**

В 1936 г., подчеркивая, что «... практика сегодняшнего дня как раз вплотную подходит к этим данным, найденным нами теоретически еще семь лет тому назад»***, инж. Семикин «незаметно» отступает от своих же теоретических выводов и в качестве исходной величины предлагает уже другую: «...максимальная нагрузка печи металлом на 1 м² пода определяется шириной печи и не зависит от длины, пока длина больше ширины...»****

И далее «...таким образом ширина печи является как бы первой независимой переменной величиной, от которой надо начинать расчет печи после того, как назначен тоннаж садки»*****.

Таким образом, дав в двух своих статьях исчерпывающе противоположные указания о значении длины и ширины

* „Уральский техник“ № 1, стр. 49, 1929.

** „Уральский техник“ № 1, стр. 62, 1929.

*** „Теория и практика металлургии“ № 1, стр. 87, 1936.

**** Там же, стр. 87.

***** Там же, стр. 88.

печи инж. Семикин, ни словом об этом не обмолвившись..., за подробностями отсылает читателей к первой статье.

Из дальнейшего изложения будет видно, что мы придерживаем последнюю точку зрения инж. Семикина на то, что одной из независимых переменных должна быть ширина печи; но зачем же, став в 1936 г. на эту точку зрения, выдавать ее за высказанную семь лет тому назад, в то время как семь лет назад проповедовалась идея именно подчиненности значения ширины печи, а не самостоятельности ее?

А ведь недостаточность глубины печей Надеждинского завода инж. Семикин объясняет в 1929 г. именно соотношением длины и глубины. Так, о печи № 8 этого завода инж. Семикин пишет: «Запроектированная глубина 600 мм была, конечно, недостаточна для длины 12 м и не удовлетворяла выведенному правилу» (стр. 48).*

А это правило гласило, что «...каждый метр длины ванны требует 70 мм глубины, чему соответствует уклон 8° по длине пода...» (стр. 48 и 49).

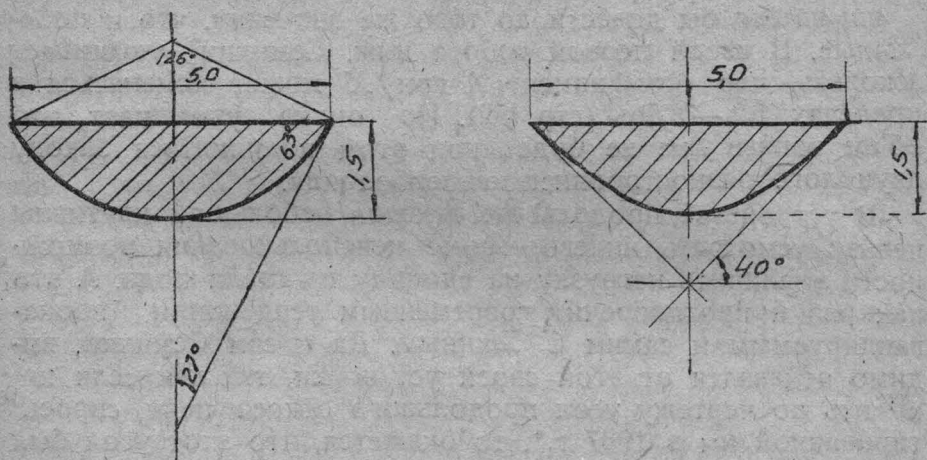
Представление о том, что ванна сама себе завоевала нужную ей глубину, привело Семикина к весьма противоречивым утверждениям. С одной стороны, инж. Семикин утверждает, что глубина печей по отношению к длине (в дальнейших статьях — к ширине) недостаточна, что вынуждает заводы работать на огромных ложных порогах. С другой, что ванна при первых же плавках обнижается и сама по себе доходит до требуемой глубины. Нетрудно заметить, что если объем ванны сам по себе был достаточен и глубина печи была недостаточна лишь по отношению к длине (или ширине), то при увеличении глубины ванны объем должен становиться еще большим и он не только не вызывал бы необходимости в высоких ложных порогах, а наоборот, привел бы к уменьшению их. В действительности же заводы работают на высоких ложных порогах, но не вследствие недостаточности глубины по отношению к длине, а вследствие того, что, во-первых, заводы увеличивают садку печей и, во-вторых, вследствие того, что поверхность ванны, ориентированная только на вмещение спокойного металла, зарастает в связи с методами завалки и заправки, из-за чего и уменьшается вместимость ванны.

Следовательно, вопросы: 1) о недостаточной глубине ванны для большей вместимости металла и 2) о недостаточной глубине ванны для большей ее устойчивости, сле-

* „Уральский техник“ № 1, 1929.

довало бы разграничить, чтобы избежать путаницы и противоречий, имеющих место в различных статьях одного и того же автора.

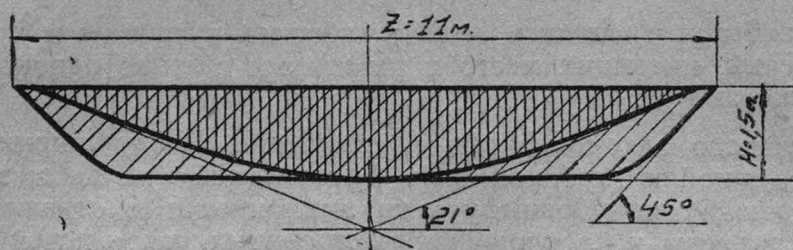
Никакого закономерного соотношения между шириной печи, длиной и глубиной инж. Фронтинский не дает; эти соотношения подобраны у него эмпирически и отражают лишь размеры и соотношения построенных ранее печей со всеми их ошибками. Вместе с тем построение профиля ванны по Фронтинскому для больших печей дает чрезмерно большие углы откосов (см. фиг. 4) — 63° против 40° для тех же условий, но при другом профиле.



Фиг. 4. Сравнение углов откосов ванны с шириной = 5 м и глубиной = 1,5 м, имеющей сегментообразный и гиперболический профиль по поперечному сечению.

Приняв в продольном и поперечном сечении профиль ванны, соответствующий гиперболе, инж. Семикин дает зависимость между длиной и глубиной, а затем между глубиной и шириной печи. Эта зависимость определяется уравнениями гиперболы, в которых значение полуосей гиперболы: $C = 1$, $B = 1,2$ и $A = 3,86$. Значение величин A и B получено из расчета углов наклона асимптот гипербол по продольной оси $14^\circ 30'$ и по поперечной — 40° .

Такое соотношение дает максимум глубины (по Семикину), но нетрудно заметить, что в продольном сечении откосы получаются слишком пологими. Это не дает большого использования объема ванны при данной площади (см. фиг. 5), вследствие чего коэффициент в формуле инж. Семикина $V = 0,37 \cdot S \cdot H$ и получился столь незначительным (учитывая, что ванна вмещает только металл!).



Фиг. 5. Сравнение использования объема ванны мартеновской печи в продольном сечении при построении профиля по способу инж. Семикина и автора.

Даже с точки зрения инж. Семикина продольные откосы можно было бы довести до того же значения, что и поперечные. В своей первой работе инж. Семикин упоминает вскользь, что «коэффициент A при X может изменяться в пределах 1,2—3,86» (стр. 52). Но он не упоминает, что объем ванны уже не будет при этом подчиняться закону двуполого разностороннего гиперboloида.

В устройстве продольных откосов небольшой крутизны нельзя усмотреть ничего, кроме неиспользования возможности увеличить нагрузку на единицу площади пода. А это как раз и противоречит современным тенденциям, пропагандируемым и самим Семикиным. Да и сам Семикин, видимо отказался от этой своей установки, так как если измерить по чертежу угол продольного откоса печи, спроектированной им в 1937 г.*, то окажется, что этот угол был выбран в пределах 35—36°, то-есть то же, что и в поперечном сечении. Но эта «жертва» потребовала от Семикина и другой: профиль ванны в продольном направлении перестал подчиняться закону гиперболы. Ссылаясь все время на свою первую работу, инж. Семикин об этих превращениях не говорит ни слова, не помещая и на чертежах** соответственных размеров. А отход от гиперболического профиля в продольном сечении должен был повлечь за собой и отказ от формулы $V = 0,37 \cdot S \cdot H$, поскольку емкость ванны при этом увеличивается и не соответствует уже объему двуполого разностороннего гиперboloида. В действительности же расчеты Семикина произведены по той же формуле, что делает их значительно менее надежными***. Наконец, все эти расчеты ориенти-

* „Теория и практика металлургии“ № 1, 1937.

** В опубликованных статьях.

*** Следует отметить, что вообще расчет объема ванны по упрощенной формуле И. Д. Семикина дает неточные результаты, сильно расходящиеся с аналитическими данными (продол. сноски на стр. 27).

рованы на один и тот же угол откосов, когда в действительности, в зависимости от практических условий заправки, этот угол может на различных заводах выбираться различным.

Таким образом в свете современной практики способ инж. Семикина уже не может явиться действительным руководством для определения профиля и размеров ванны. Лучшим доказательством этого служит то, что типовая печь, спроектированная Семикиным*, рассчитана не по способу Семикина. Ванна этой печи не есть одна из полостей двуполого гиперboloида; глубина этой ванны не подчиняется правилу Семикина; при выбранной длине и глубине печи минимальный угол продольного откоса должен составить

$$a = \sqrt{\frac{x^2}{z^2 - 1}} = \sqrt{\frac{5,5^2}{(1,3 + 1)^2 - 1}} = \sim 2,4$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = 2,4$$

$$\alpha = 21^\circ$$

*** Так, для печи с длиной 16 м, шириною 6 м и глубиной 1,5 м имеем

$$x = 8 \text{ м}; \quad y = 3 \text{ м}; \quad z = 2,5 \text{ м}.$$

$$a = \sqrt{\frac{x^2}{z^2 - 1}} = \sqrt{\frac{8^2}{2,5^2 - 1}} = 3,5$$

$$b = \sqrt{\frac{y^2}{z^2 - 1}} = \sqrt{\frac{3^2}{2,5^2 - 1}} = 1,31$$

По общей формуле:

$$V' = \pi ab \left(\frac{h^3}{3} + h^2 \right) = \pi \cdot 3,5 \cdot 1,31 \cdot \left(\frac{1,5^3}{3} + 1,5^2 \right) = 48,7 \text{ м}^3$$

По упрощенной формуле:

$$V'' = 0,37 \cdot 16 \cdot 6 \cdot 1,5 = 53,3 \text{ м}^3$$

$$\text{Разница} = 4,6 \text{ м}^3 \text{ или } 9,5\%$$

Для той же печи с глубиной ванны 2 м получаем, соответственно,

$$V' = 62,8 \text{ м}^3$$

$$V'' = 71,0 \text{ м}^3$$

$$\text{Разница } 8,2 \text{ м}^3 \text{ или } 13,1\%.$$

Следовательно, объем ванны, выполненной по Семикину, окажется меньше рассчитанного по рекомендуемой им формуле, и разница эта, как видим, очень значительна. Она тем больше, чем больше размеры печи.

* „Теория и практика металлургии“ № 1, 1937.

против 8° по правилу Семикина и против $14^\circ 30'$ — максимума, принятого им для печей с максимально возможной нагрузкой*.

Определение профиля

При определении профиля и размеров ванны мы должны исходить из следующих соображений:

1) углы откосов могут колебаться в довольно значительных пределах и поэтому не могут быть приняты величиной постоянной;

2) продольным откосам может быть придана такая же крутизна, что и поперечным;

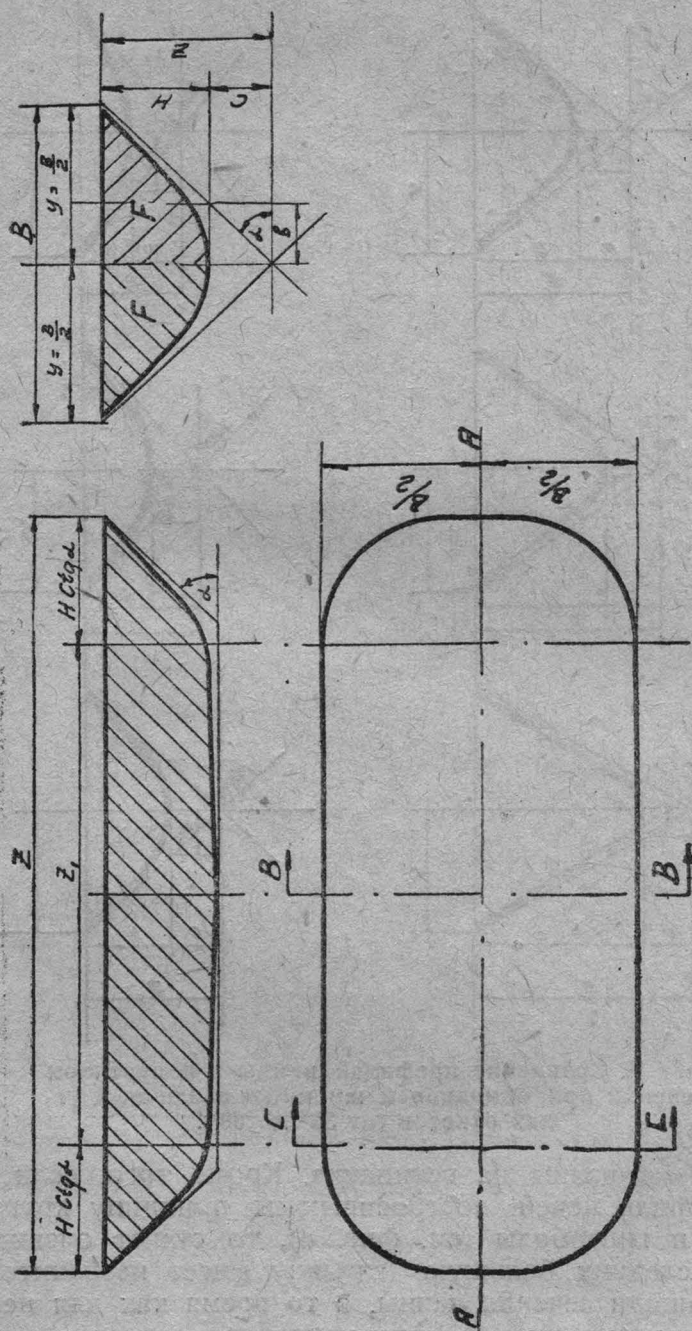
3) в продольном сечении профиль ванны не должен, поэтому, соответствовать гиперболе.

Эти соображения приводят нас к профилю ванны, изображенному на фиг. 6. В отличие от объема ванны, рекомендованной инж. Семикиным (полость двуполого разностороннего гиперboloида), объем описываемой ванны представляет сумму объемов гиперболического цилиндра и полуэллипсоида.

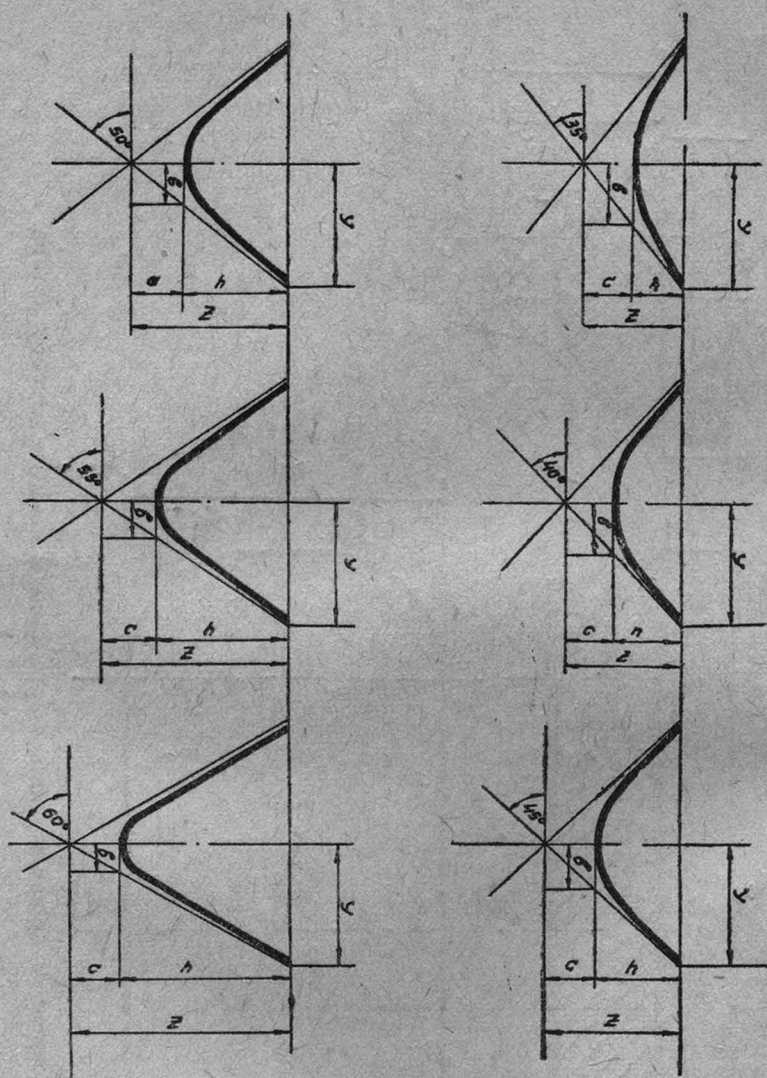
В поперечном сечении ванна профилируется гиперболической кривой. Углы откосов во всех сечениях равны, но в различных случаях профилировки могут отличаться (фиг. 7). Большему углу откосов соответствует большая глубина ванны; при одном и том же значении угла откосов глубина ванны тем больше, чем больше ширина печи. Независимых переменных, таким образом, две: угол откоса и ширина ванны.

Для печей большого тоннажа глубина ванны получается значительной и превосходящей привычные для нас цифры. Но при этом следует помнить, что здесь глубина ванны не отождествляется с глубиной слоя металла, которая в действительности будет много меньше, вследствие резерви-

* Следует еще отметить весьма произвольное обращение И. Д. Семикина с коэффициентом в его формуле $V=0,37 S \cdot h$. Так, в основной работе, где выведена эта формула («Уральский техник» 1929, № 1), формула имеет вид: $V=0,36 S \cdot h$. В работе, опубликованной в журнале «Теория и практика металлургии», 1936, № 1, эта формула имеет уже другой коэффициент: $V=0,37 S \cdot h$. В статье, опубликованной в журнале «Сталь» № 4—5 за 1937 г., коэффициент достигает уже величины 0,38. Это лишний раз свидетельствует о том, что фактически Семикин отошел от признания того, что объем ванны соответствует полости двуполого разностороннего гиперboloида, ибо не могут же объему одной и той же геометрической фигуры соответствовать три различные коэффициента в одной и той же формуле. (См. еще главу: «Соотношения размеров ванны»).



Фиг. 6. Построение профиля ванны мартеновской печи по способу автора.

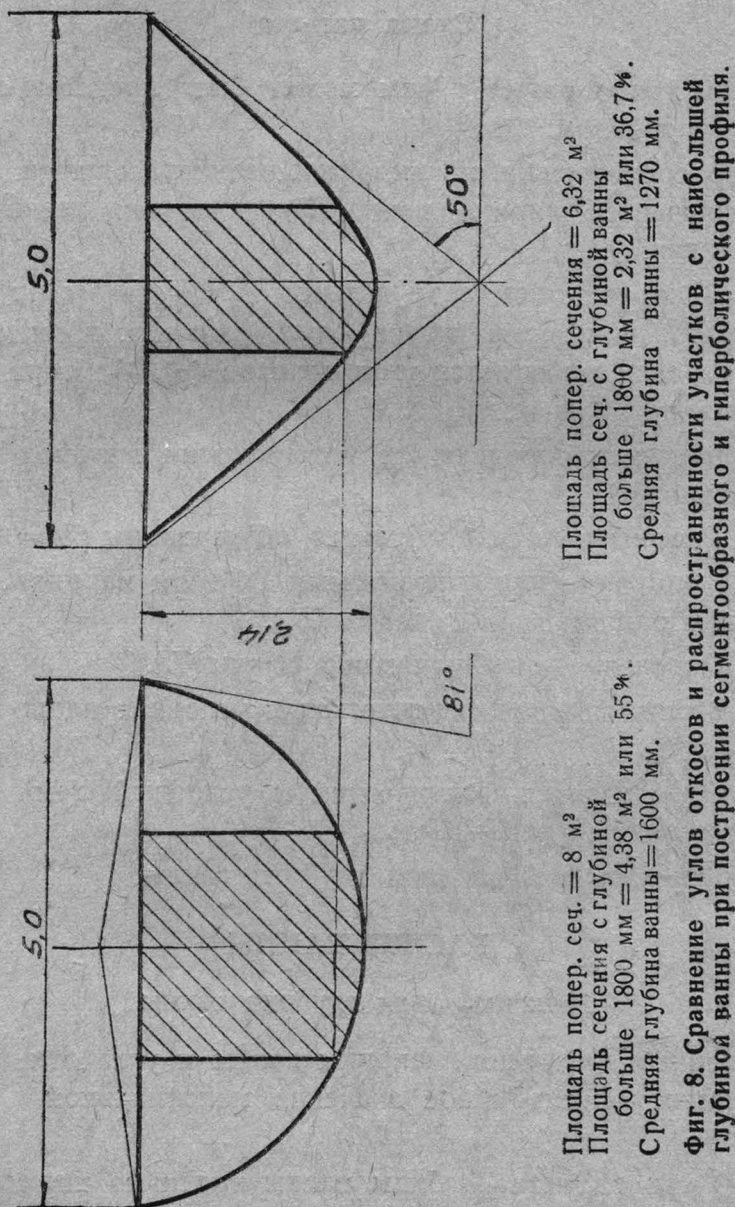


Фиг. 7. Сравнение профилей ванны в поперечном сечении при одинаковой ширине и различных углах откосов (от 35° до 60°).

вания объема ванны на вскипание. Кроме того, если сравнить профиль печей, построенных по принципу кругового сегмента и гиперболы (см. фиг. 8), то станет очевидным, что в последних большую глубину имеет незначительная часть площади сечения ванны, в то время как для печей с поперечным сечением в виде кругового сегмента глубина ванны играет более важную роль. Следовательно при равном значении максимальной глубины прогреть металл в

печах с гиперболическим сечением будет легче, равно как и заправка их будет проще.

В этом профиле функционально связаны между собою, следовательно, три переменных: ширина печи, угол откоса и глубина ванны. Ширина печи с длиной не связана никакой зависимостью, и последняя определяется в зависимо-



сти от необходимого объема ванны. Зависимость между длиной печи и шириной правильнее было бы рассматривать не с точки зрения устойчивости ванны, а с точки зрения совершенства процесса горения, и поэтому отношение длины ванны к ширине должно базироваться на знании топлива и условиях сжигания его.

Схема расчета

Схематично расчет ванны может быть представлен следующим образом:

1) В соответствии с мощностью печи и условиями заправки назначается ширина печи (B) — первая независимая переменная.

2) В соответствии с характером процесса (сорт стали, количество и качество шлака, спуск его и т. д.) и условиями заправки выбирается угол откосов (α), — вторая независимая переменная.

3) Расчетom определяется максимальное значение глубины ванны (h):

4) Рассчитывается требуемый объем ванны ($V = kT$).

5) В соответствии с требуемым объемом находится длина гиперболического цилиндра (L_1).

6) Определяется общая длина ванны (L).

7) Рассчитывается фактическая и условная площадь ванны (S_f и $S_{усл.}$)

8) Определяется фактический и условный с'ем стали с 1 м² площади пода (P_f и $P_{усл.}$)

9) Определяется средняя глубина ванны.

РАСЧЕТ ВАННЫ

Максимальная глубина ванны

Заданным значениям ширины ванны и угла откосов соответствует определенное значение максимальной глубины ванны.

Порядок расчета глубины ванны виден из нижеследующего.

Пример. Определить максимальную глубину ванны для печи с шириной $B=5$ м и углами откосов $\alpha = 40^\circ$.

Полуоси гиперболы: $C=1$

$$b = \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} 40^\circ = 1,19$$

уравнение гиперболы

$$\frac{z^2}{c^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

решаем относительно z^2 :

$$z^2 = \frac{y^2}{b^2} + 1,$$

подставляя данные, получим:

$$z^2 = \frac{2,5^2}{1,19^2} + 1 = 5,43$$

$$z = \sqrt{5,43} = 2,330$$

$$h = z - c = 2,330 - 1,0 = 1,330 \text{ м.}$$

В общем виде расчет может быть произведен по формуле

$$h = \sqrt{\frac{B^2}{4(\operatorname{ctg} \alpha)^2} + 1} - 1 \quad (3)$$

Объем ванны

Объем ванны может быть определен как сумма объемов:

- 1) гиперболического цилиндра* с высотой L_1 и
- 2) полуэллипсоида, образуемого двумя боковыми частями ванны.

1. Объем гиперболического цилиндра определим так:

Площадь гиперболы (см. фиг. 4).

$$F = \frac{zy}{2} - \frac{bc}{2} \cdot 2,3 \cdot \lg \left(\frac{z}{c} + \frac{y}{b} \right).$$

* Объем гиперболического цилиндра здесь принят условно. Так как в продольном сечении создается уклон к выпускному отверстию (2° — 3°), то расчет производится на среднее значение глубины в сечениях $B-B$ и $C-C$ (фиг. 6).

Объем гиперболического цилиндра

$$V_1 = 2L_1 \left[\frac{zy}{2} - \frac{bc}{2} \cdot 2,3 \cdot \lg \left(\frac{z}{c} + \frac{y}{b} \right) \right].$$

Приравнявая $C=1$ и сокращая, получим:

$$V_1 = 2L_1 \left[\frac{zy}{2} - \frac{b}{2} \cdot 2,3 \lg \left(z + \frac{y}{b} \right) \right].$$

Выражая: $y = \frac{B}{2}$ и $z = h + 1$, получим:

$$\boxed{V_1 = L_1 \left[\frac{(1+h)B}{2} - 2,3b \cdot \lg \left(h + 1 + \frac{B}{2b} \right) \right]} \quad (4)$$

Здесь объем гиперболического цилиндра выражен относительно ширины печи B , глубины ванны h и угла откосов $b = \text{ctg} \alpha$.

Частные случаи:

$$\alpha = 35^\circ \quad b = \text{ctg} \alpha = 1,43$$

$$\alpha = 40^\circ \quad b = \text{ctg} \alpha = 1,19$$

$$\alpha = 45^\circ \quad b = \text{ctg} \alpha = 1,00$$

$$\alpha = 50^\circ \quad b = \text{ctg} \alpha = 0,84$$

$$\alpha = 55^\circ \quad b = \text{ctg} \alpha = 0,70$$

$$\alpha = 60^\circ \quad b = \text{ctg} \alpha = 0,575$$

$$V_{1,35^\circ} = 2L_1 \left[\frac{(1+h)B}{4} - 1,65 \lg \left(1 + h + \frac{B}{2,86} \right) \right]$$

$$V_{1,40^\circ} = 2L_1 \left[\frac{(1+h)B}{4} - 1,37 \lg \left(1 + h + \frac{B}{2,38} \right) \right]$$

$$V_{1,45^\circ} = 2L_1 \left[\frac{(1+h)B}{4} - 1,15 \lg \left(1 + h + \frac{B}{2} \right) \right]$$

$$V_{1,50^\circ} = 2L_1 \left[\frac{(1+h)B}{4} - 0,965 \lg \left(1 + h + \frac{B}{1,68} \right) \right]$$

$$V_{1,55^\circ} = 2L_1 \left[\frac{(1+h)B}{4} - 0,805 \lg \left(1 + h + \frac{B}{1,4} \right) \right]$$

$$V_{1,60^\circ} = 2L_1 \left[\frac{(1+h)B}{4} - 0,66 \lg \left(1 + h + \frac{B}{1,15} \right) \right]$$

2. Объем полуэллипсоида

$$V_{II} = \frac{2}{3} \pi \cdot a \cdot b \cdot c,$$

где a , b и c — полуоси его.

Заменяя

$$a = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$b = \frac{B}{2}$$

$$c = h,$$

получим окончательно

$$V_{II} = 1,05 \cdot B \cdot h^2 \operatorname{ctg} \alpha \quad (5)$$

Частные случаи:

$$\alpha = 35^\circ \quad V_{II} = 1,5 \cdot B h^2$$

$$\alpha = 40^\circ \quad V_{II} = 1,25 \cdot B h^2$$

$$\alpha = 45^\circ \quad V_{II} = 1,05 \cdot B h^2$$

$$\alpha = 50^\circ \quad V_{II} = 0,88 \cdot B h^2$$

$$\alpha = 55^\circ \quad V_{II} = 0,735 \cdot B h^2$$

$$\alpha = 60^\circ \quad V_{II} = 0,603 \cdot B h^2$$

3. Полный объем ванны

$$V = L_1 \left[\frac{zB}{2} - 2,3 \cdot b \cdot \lg \left(z + \frac{B}{2b} \right) \right] + 1,05 \cdot B \cdot b \cdot h^2 \quad (6)$$

Откуда длина гиперболического цилиндра:

$$L_1 = \frac{V - 1,05 \cdot B \cdot b \cdot h^2}{\frac{zB}{2} - 2,3 \cdot b \cdot \lg \left(z + \frac{B}{2b} \right)} \quad (7)$$

а полная длина ванны (на уровне порогов завалочных окон)

$$L = L_1 + 2hb \quad (8)$$

Так как требуемый объем ванны $V = kT$, где k — коэффициент, зависящий от количества шлака в печи и от величины резервного объема ванны, оставляемого на вскипание ее (см. главу 1), то необходимую длину гиперболического цилиндра можно связать непосредственно с садкой уравнением:

$$L_1 = \frac{kT - 1,05 \cdot B \cdot b \cdot h^2}{\frac{z \cdot B}{2} - 2,3 \cdot b \cdot \lg\left(z + \frac{B}{2b}\right)} \quad (9)$$

Условная площадь пода на уровне порогов садочных окон может быть выражена, как и обычно, произведением ширины ванны на длину ее.

Фактическая же площадь пода складывается из площади прямоугольника и эллипса, с полуосями

$$\frac{B}{2} \text{ и } h \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

Общая формула для определения фактической площади пода:

$$S_{\text{ф}} = B (L_1 + 1,57 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \quad (10)$$

В таблице 2 по этим формулам рассчитаны глубина, объем и вместимость ванны при различных значениях длины и углов откосов печей.

Наконец, зная объем ванны $V = k \cdot T$ и фактическую площадь ванны $S_{\text{ф}}$, мы можем определить среднюю глубину ванны, как отношение этих величин.

$$h_{\text{ср}} = \frac{V}{S_{\text{ф}}} = \frac{V}{B (L_1 + 1,57 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \alpha)} \quad (11)$$

Значение средней глубины ванны может служить показателем использования объема ванны и характеризовать действительные трудности прогрева толщи металла в различных печах.

Таблица 2

Вместимость и размеры мартеновских печей в зависимости
от углов откосов, глубины и ширины ванны

Углы откосов	35°				40°			
Ширина печи	5,0	5,5	6,0	6,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Значение $b = \operatorname{ctg} \alpha$	1,43	1,43	1,43	1,43	1,19	1,19	1,19	1,19
Значение z . . .	2,01	2,18	2,32	2,49	2,33	2,51	2,70	2,91
Глубина ванны h	1010	1180	1320	1490	1330	1510	1700	1910
Значение $2bh$.	2,89	3,38	3,78	4,26	3,17	3,60	4,05	4,55
L_1 при $L =$ $\begin{cases} 11 \text{ м} & \dots \\ 12 \text{ м} & \dots \\ 13 \text{ м} & \dots \\ 14 \text{ м} & \dots \end{cases}$	$\begin{cases} 8,11 \\ 9,11 \\ 10,11 \\ 11,11 \end{cases}$	$\begin{cases} 7,62 \\ 8,62 \\ 9,62 \\ 10,62 \end{cases}$	$\begin{cases} 7,22 \\ 8,22 \\ 9,22 \\ 10,22 \end{cases}$	$\begin{cases} 6,74 \\ 7,74 \\ 8,74 \\ 9,74 \end{cases}$	$\begin{cases} 7,83 \\ 8,83 \\ 9,83 \\ 10,83 \end{cases}$	$\begin{cases} 7,40 \\ 8,40 \\ 9,40 \\ 10,40 \end{cases}$	$\begin{cases} 6,95 \\ 7,95 \\ 8,95 \\ 9,95 \end{cases}$	$\begin{cases} 6,45 \\ 7,45 \\ 8,45 \\ 9,45 \end{cases}$
Площадь гипербо- лы F	1,56	1,99	2,42	2,93	2,03	2,51	3,07	3,69
Объем гипер- болического цилиндра V , при $L =$ $\begin{cases} 11 \text{ м} \\ 12 \text{ м} \\ 13 \text{ м} \\ 14 \text{ м} \end{cases}$	$\begin{cases} 25,3 \\ 28,4 \\ 31,5 \\ 34,6 \end{cases}$	$\begin{cases} 30,3 \\ 34,3 \\ 38,3 \\ 42,3 \end{cases}$	$\begin{cases} 35,0 \\ 39,8 \\ 44,6 \\ 49,4 \end{cases}$	$\begin{cases} 39,5 \\ 45,3 \\ 51,2 \\ 57,1 \end{cases}$	$\begin{cases} 32,0 \\ 35,8 \\ 39,9 \\ 44,0 \end{cases}$	$\begin{cases} 37,2 \\ 42,2 \\ 47,2 \\ 52,2 \end{cases}$	$\begin{cases} 42,68 \\ 48,81 \\ 54,95 \\ 61,1 \end{cases}$	$\begin{cases} 47,60 \\ 55,00 \\ 62,4 \\ 69,8 \end{cases}$
Объем боковых частей $V_{\text{б}} =$ $= 1,05 \cdot B \cdot b \cdot h^2$.	7,65	11,5	15,7	21,6	11,0	15,7	21,7	29,7
Полный объем ванны V при $L =$ $\begin{cases} 11 \text{ м} \\ 12 \text{ м} \\ 13 \text{ м} \\ 14 \text{ м} \end{cases}$	$\begin{cases} 32,95 \\ 36,05 \\ 39,15 \\ 42,25 \end{cases}$	$\begin{cases} 41,8 \\ 45,8 \\ 49,8 \\ 53,8 \end{cases}$	$\begin{cases} 50,7 \\ 55,5 \\ 60,3 \\ 65,1 \end{cases}$	$\begin{cases} 61,1 \\ 66,9 \\ 72,8 \\ 78,7 \end{cases}$	$\begin{cases} 43,0 \\ 46,8 \\ 50,9 \\ 55,0 \end{cases}$	$\begin{cases} 52,9 \\ 57,9 \\ 62,9 \\ 67,9 \end{cases}$	$\begin{cases} 64,37 \\ 70,5 \\ 76,6 \\ 82,8 \end{cases}$	$\begin{cases} 77,3 \\ 84,7 \\ 92,1 \\ 99,5 \end{cases}$
Вместимость ванны в тон- нах жидкого металла* при $\begin{cases} m = 1,3 \\ n = 0,15 \end{cases}$ и $L =$ $\begin{cases} 11 \text{ м} \\ 12 \text{ м} \\ 13 \text{ м} \\ 14 \text{ м} \\ 15 \text{ м} \end{cases}$	$\begin{cases} 135 \\ 149 \\ 163 \\ 175 \\ 190 \end{cases}$	$\begin{cases} 173 \\ 189 \\ 205 \\ 222 \\ 238 \end{cases}$	$\begin{cases} 209 \\ 229 \\ 249 \\ 269 \\ 290 \end{cases}$	$\begin{cases} 252 \\ 276 \\ 300 \\ 325 \\ 350 \end{cases}$	$\begin{cases} 178 \\ 193 \\ 210 \\ 225 \\ 240 \end{cases}$	$\begin{cases} 218 \\ 240 \\ 260 \\ 280 \\ 300 \end{cases}$	$\begin{cases} 265 \\ 290 \\ 315 \\ 342 \\ 365 \end{cases}$	$\begin{cases} 320 \\ 350 \\ 380 \\ 410 \\ 440 \end{cases}$

* Округленно

Таблица 2 (продолжение)

Углы откосов		45°				50°			
Ширина печи		5,0	5,5	6,0	6,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Значение $b = \operatorname{ctg} \alpha$		1,0	1,0	1,0	1,0	0,84	0,84	0,84	0,84
Значение z . . .		2,70	2,93	3,16	3,40	3,14	3,41	3,70	3,99
Глубина ванны h		1700	1930	2160	2400	2140	2410	2700	2990
Значение $2bh$. .		3,40	3,86	4,32	4,80	3,60	4,05	4,54	5,02
L_1 при $L =$	11 м . . .	7,60	7,14	6,68	6,20	7,40	6,95	6,46	5,98
	12 м . . .	8,60	8,14	7,68	7,20	8,40	7,95	7,46	6,98
	13 м . . .	9,60	9,14	8,68	8,20	9,40	8,95	8,46	7,98
	14 м . . .	10,60	10,14	9,68	9,20	10,40	9,95	9,46	8,98
Площадь гипербо- лы F		2,56	3,16	3,83	4,58	3,16	3,90	4,72	5,62
Объем гипер- болического цилиндра V , при $L =$	11 м	38,9	45,1	51,2	56,8	46,8	54,2	60,1	67,2
	12 м	44,00	51,4	58,8	65,95	53,1	62,0	70,4	78,5
	13 м	49,1	57,7	66,5	75,1	69,4	69,8	79,9	89,7
	14 м	54,2	64,0	74,2	84,3	65,7	77,6	89,3	100,9
Объем боковых частей $V_{II} =$ $= 1,05 \cdot B \cdot b \cdot h^2$.		15,8	21,5	29,4	39,3	20,2	28,1	38,5	51,1
Полный объем ванны V при $L =$	11 м	54,7	66,7	79,6	96,1	67,0	82,3	98,6	118,3
	12 м	59,8	72,9	88,2	105,25	73,3	90,1	108,9	129,6
	13 м	64,9	79,2	95,9	114,4	79,6	97,9	118,4	140,8
	14 м	70,0	85,5	103,6	123,7	85,9	105,7	127,8	152,0
Вместимость ванны в тон- нах жидкого металла при $m = 1,3$ $n = 0,15$ и $L =$	11 м	225	275	330	395	275	340	400	490
	12 м	245	300	365	435	305	370	450	535
	13 м	268	325	395	470	330	400	490	580
	14 м	290	350	425	510	355	430	525	625
	15 м	310	375	455	540	380	460	550	670

Таблица 2 (окончание)

Углы откосов		55°				60°			
Ширина печи		5,0	5,5	6,0	6,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Значение $b = \operatorname{ctg} \alpha$		0,70	0,70	0,70	0,70	0,575	0,575	0,575	0,575
Значение z . . .		3,70	4,05	4,40	4,75	4,47	4,89	5,31	5,75
Глубина ванны h		2700	3050	3400	3760	3470	3890	4310	4750
Значение $2bh$. .		3,78	4,26	4,75	5,24	3,98	4,46	4,95	5,45
L_1 при $L =$	11 м	7,22	6,74	6,25	5,76	7,02	6,54	6,05	5,55
	12 м	8,22	7,44	7,25	6,76	8,02	7,54	7,05	6,55
	13 м	9,22	8,74	8,25	7,76	9,02	8,54	8,05	7,55
	14 м	10,22	9,74	9,25	8,76	10,02	9,54	9,05	8,55
Площадь гипербо- лы F		3,93	4,84	5,84	6,94	4,88	6,09	7,27	8,65
Объем гипер- болического цилиндра V , при $L =$	11 м	56,7	65,2	73,0	80,0	69,7	79,7	88,0	96,0
	12 м	64,6	74,9	84,7	93,9	79,7	91,9	102,5	113,3
	13 м	72,5	84,6	96,4	107,8	89,6	104,1	117,0	130,6
	14 м	80,4	94,3	108,1	121,7	99,6	116,2	131,5	147,9
Объем боковых частей $V_{\text{б}} =$ $= 1,05 \cdot B \cdot b \cdot h^2$.		26,8	37,6	51,0	67,2	33,36	50,23	67,3	88,4
Полный объем ванны V при $L =$	11 м	83,5	102,8	124,0	147,2	106,0	130,0	155,3	184,0
	12 м	91,4	112,5	135,7	161,2	116,0	142,0	169,8	201,7
	13 м	99,3	122,2	147,4	175,0	126,0	154,3	184,3	219
	14 м	107,2	131,9	159,1	188,9	136,0	166,4	198,8	236,3
Вместимость ванны в тон- нах жидкого металла при $m = 1,3$ $n = 0,15$ и $L =$	11 м	345	425	510	600	435	535	640	760
	12 м	375	465	560	665	480	585	700	830
	13 м	410	505	600	720	520	635	760	900
	14 м	440	545	650	775	560	685	820	975
	15 м	470	585	700	825	600	735	880	1050

Пример расчета ванны

Рассчитаем, размеры ванны для 400-тонной печи при условии, что ширина ванны $B=6$ м, а углы откосов $\alpha=45^\circ$.

Расчет глубины ванны:

$$\begin{aligned} b &= \operatorname{ctg} \alpha = 1 \\ z^2 &= \frac{3,0^2}{1} + 1 = 10 \\ z &= 3,16 \text{ м} \\ h &= 2,16 \text{ м} \end{aligned}$$

или по формуле (3)

$$h = \sqrt{\frac{6^2}{4 \cdot 1^2} + 1} - 1 = 2,16 \text{ м}$$

(Следует помнить, что полученный размер h представляет собою не толщину слоя металла, а глубину ванны, то есть расстояние от уровня порогов до нижней точки гиперболической поверхности ванны. Толщина слоя металла в связи с резервированием 30 проц. объема будет меньшей).

Требуемый объем: при 15 проц. шлака ($n=0,15$) и 30 проц. резервного объема ($m=1,3$), что соответствует 60 — 65 проц. чугуна в шихте, коэффициент k , по таблице 1, $k=0,242$.

Требуемый объем ванны $V=0,242 \cdot 400=96,8 \text{ м}^3$.

Длина гиперболического цилиндра:

$$L_1 = \frac{96,8 - 1,05 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 2,16^2}{3,16 \cdot 3 - 2,3 \cdot 1 \cdot \lg \left(3,16 + \frac{6}{2,1} \right)} = \frac{67,38}{7,66} = 8,8 \text{ м.}$$

Длина ванны:

$$L = 8,8 + 2 \cdot 2,16 \cdot 1 = 13,12 \text{ м.}$$

Условная площадь ванны на уровне порогов садочных окон:

$$S_{\text{усл.}} = 6 \cdot 13,12 = 78,72 \text{ м}^2.$$

Съем стали с 1 м^2 условной площади пода при 2,5 плавках в сутки:

$$P_{\text{усл.}} = \frac{400 \cdot 2,5}{78,72} = 12,7 \text{ т/м}^2/\text{сутки.}$$

Фактическая площадь ванны на уровне порогов рабочих окон:

$$S_{\phi} = B (L_1 + 1,57 \cdot H \cdot \operatorname{ctg} \alpha)$$

$$S_{\phi} = 6 \cdot (8,8 + 1,57 \cdot 2,16) = 73,2 \text{ м}^2.$$

Средняя глубина ванны:

$$h_{\text{ср.}} = \frac{V}{S_{\phi}} = \frac{96,8}{73,2} = 1,320 \text{ м.}$$

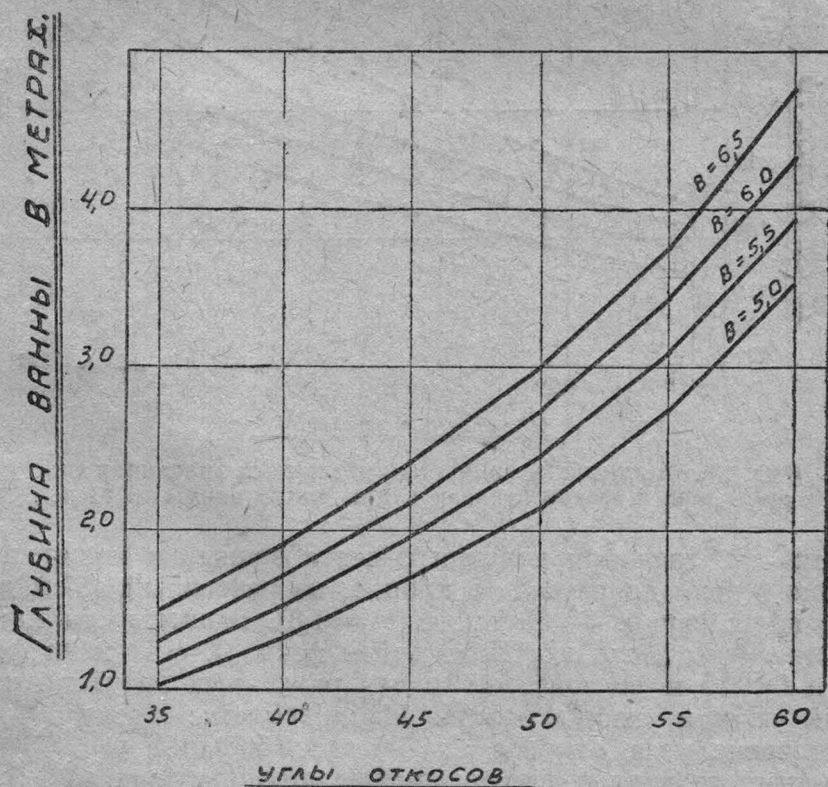
Съем при 2,5 плавки в сутки:

$$p_{\phi} = \frac{400 \cdot 2,5}{73,2} = 13,7 \text{ т/м}^2/\text{сутки}$$

и часовая производительность печи

$$r = \frac{400 \cdot 2,5}{24} = 41,5 \text{ т/час.}$$

Следует помнить, что величина условного с'ема стали по приведенному методу будет ниже обычных, так как истинное зеркало ванны в нашем расчете меньше условной и фактической площади ванны.

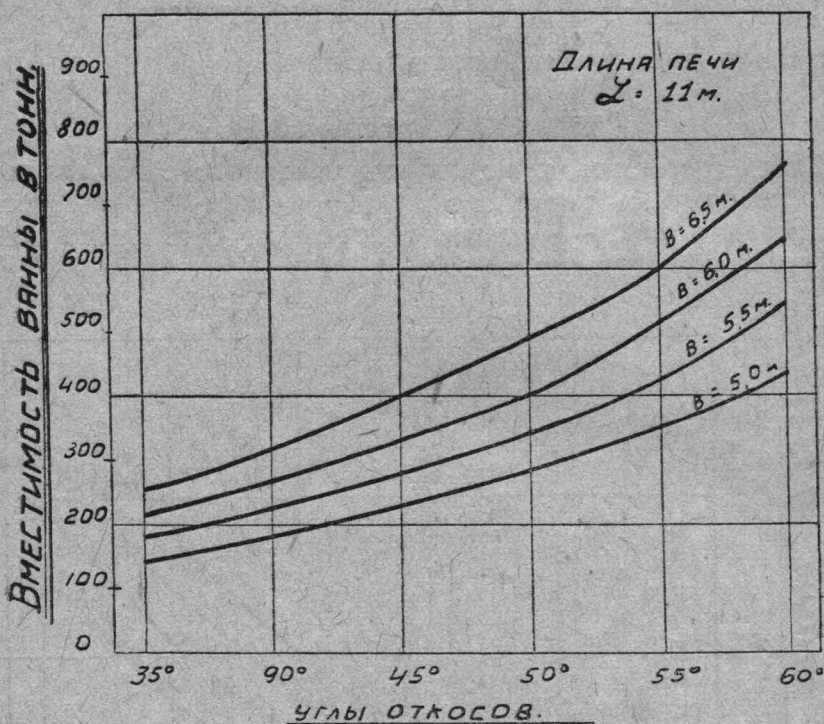


Фиг. 9. Глубина ванны в зависимости от ширины печи и углов откосов ванны.

Соотношения размеров ванны

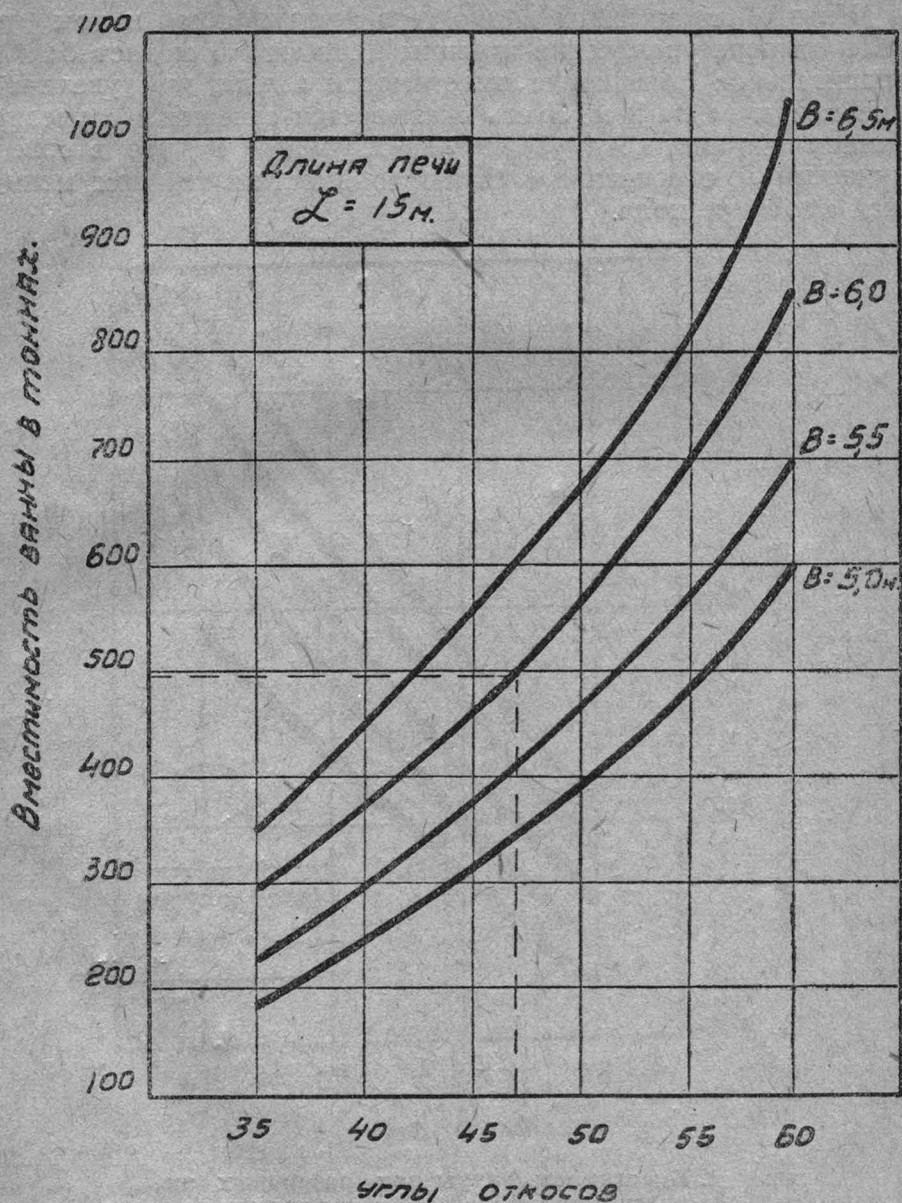
На фиг. 9 приведена зависимость глубины ванны от ширины печи и углов откосов ее. Из диаграммы ясно видно, что большая глубина ванны значительно легче достигается увеличением углов откосов, чем увеличением ширины печи.

Этот же характер зависимости сохраняется и для вместимости ванны. На фиг. 10 и 11 эта зависимость, как и в



Фиг. 10. Вместимость ванны при различных значениях ширины печи и углов откосов и при длине ванны = 11 м.

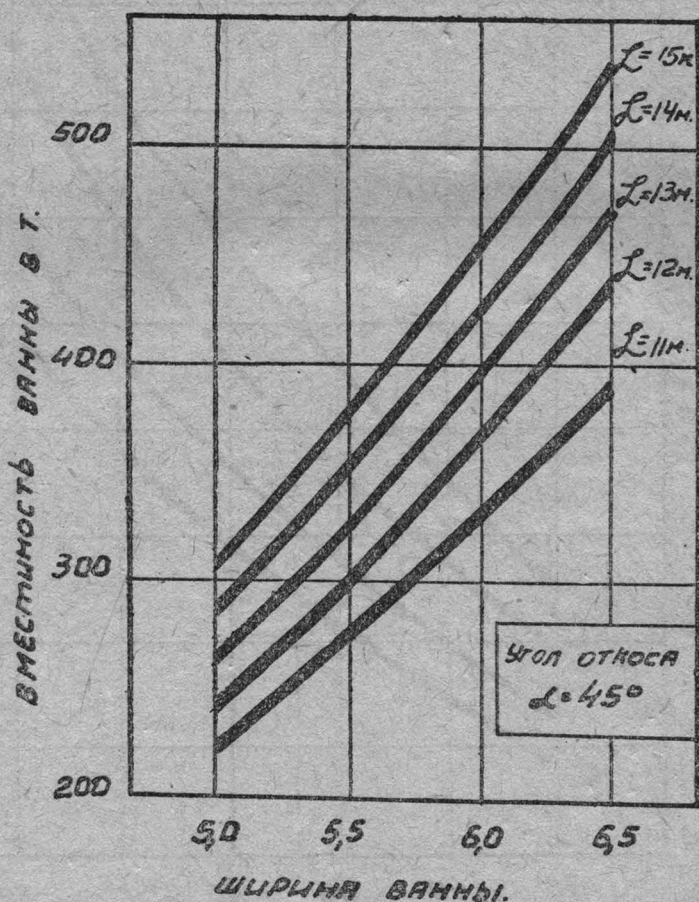
таблице 2, дана при условии расчета ванны на количество шлака в печи до спуска 15 проц. и на резервный объем для вскипания ванны — 30 проц. ($m = 1,3$). Зависимость изображена для одного значения длины печи ($L = 11 \text{ м}$ на фиг. 10 и $L = 15 \text{ м}$ на фиг. 11) и для различных значений ширины печи и углов откосов. Из диаграммы следует, что увеличение угла откосов на 5° дает большее увеличение вместимости ванны, чем увеличение ширины печи на 0,5 м. Разница оказывается тем более значительной, чем больший угол откосов имеет печь.



Фиг. 11. Вместимость ванны при различных значениях ширины печи и углов откосов и при длине ванны = 15 м.

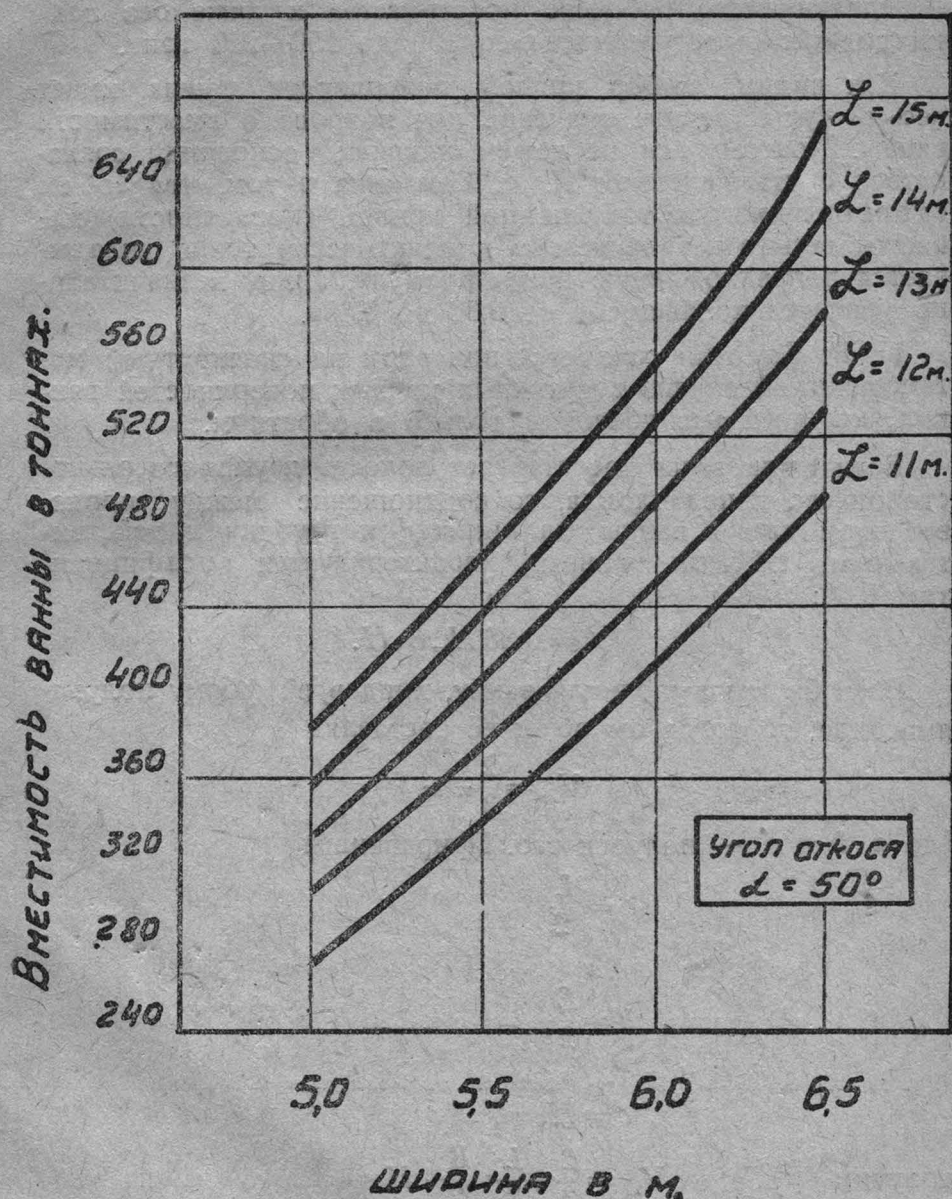
Влияние увеличения длины ванны продемонстрировано на фиг. 12 и 13. Здесь изменение тоннажа садки показано в зависимости от ширины ванны и длины ее, при одном и том же значении угла откосов.

Из этой диаграммы видно, что при одном и том же угле откосов увеличение ширины печи на 0,5 м дает более значительное повышение вместимости ванны, чем увеличение длины ее на 2 м. Здесь сказывается связанное с увеличением ширины печи увеличение глубины ее, что в совокупности и обеспечивает большую вместимость при меньшей площади пода.



Фиг. 12. Вместимость ванны при различных значениях длины и ширины ее, но при одном и том же угле откосов ванны (45°).

Указанные зависимости говорят прежде всего о том, что стремление заводов к увеличению садки на существующих печах может быть в первую очередь направлено не к перестройке всего рабочего пространства печи (увеличение ширины или длины печи), а к рационализации профиля ванны. За счет лучшего использования объема ван-



Фиг. 13. Вместимость ванны при различных значениях длины и ширины ее, но при одном и том же значении откосов ванны (50°).

ны по глубине, за счет придания откосам печи большей крутизны можно добиться увеличения садки в 1,5—1,8 раза, даже не изменяя глубины ванны. Так, в свое время были переведены на работу с раздвоенным желобом печи №№ 10, 3, 8, 4 Кузнецкого завода, в которых садка без

переделки всего рабочего пространства и даже без ломки подины была увеличена со 150 до 250—280 тонн.

Как видим, выбор кривой поверхности ванны имеет весьма существенное значение для вопроса о вместимости ванны. Поэтому мы не имеем никаких оснований согласиться с утверждением И. Д. Семикина о том, что «объем ванны от принятия той или иной кривой (поверхности) меняется весьма незначительно и практически точно укладывается в предложенную нами формулу. Лишь незначительно меняется коэффициент от 0,36 до 0,39».

И. Д. Семикин ссылается при этом на «конкретный математический анализ возможных кривых поверхностей ванны», который нас убеждает только в обратном.

Если ванна печи представляет полость двуполого разностороннего гиперболоида, то соотношение между произведением длины ванны на ширину и глубину и действительным объемом ванны характеризуется коэффициентом 0,36:

$$V_1 = 0,36 \cdot L \cdot B \cdot H.$$

Если бы мы выполнили ванну, придав ей форму полуэллипсоида, то тогда бы объем ее составлял

$$V_{11} = \frac{2}{3} \pi abc,$$

где a , b и c — полуоси его. Приравнявая

$$a = \frac{L}{2}$$

$$b = \frac{B}{2}$$

$$c = H,$$

получим

$$V_{11} = \frac{2}{3} \pi \frac{L}{2} \cdot \frac{B}{2} \cdot H$$

или

$$V_{11} = 0,525 L \cdot B \cdot H,$$

то есть в этом случае коэффициент заметно отличался бы от указываемого И. Д. Семикиным.

Однако и эллипсоид не дал бы все же такого значительного использования объема, какое дает комбинация фигур, составленных из гиперболического цилиндра и по-

луэллипсоида. В этом случае коэффициент при произведении из длины на ширину и глубину не является постоянной величиной и зависит от ширины печи и углов ее откосов. Для приведенного выше примера расчета ванны произведение из длины на ширину и глубину:

$$L \cdot B \cdot H = 13,12 \times 6 \times 2,16 = 170,5 \text{ м}^3,$$

а действительный объем ванны $V = 96,8 \text{ м}^3$,

откуда $V_{III} = 0,57 L \cdot B \cdot H$.

Для ванны печи с углом откосов в 50° степень использования объема будет еще выше. Так, например, ванна печи, имеющая длину 14 м, ширину 6 м и глубину (при угле откосов 50°) — 2,7 м, имеет объем $= 152 \text{ м}^3$, откуда степень использования объема ванны при данном профиле характеризуется уже другим коэффициентом:

$$V_{III} = 0,67 L \cdot B \cdot H.$$

Степень использования объема ванны по профилю может характеризоваться также значением средней глубины ванны, то есть отношением объема ванны к площади ванны. Если поступить несколько неточно и вместо фактической площади ванны принять условную (произведение из длины на ширину), то для всех рассмотренных случаев получим такие значения средней глубины ванны

$$\text{гиперболоид} \quad h_{\text{ср.}} = \frac{V_I}{L \cdot B} = 0,36 H$$

$$\text{эллипсоид} \quad h_{\text{ср.}} = \frac{V_{II}}{L \cdot B} = 0,53 H$$

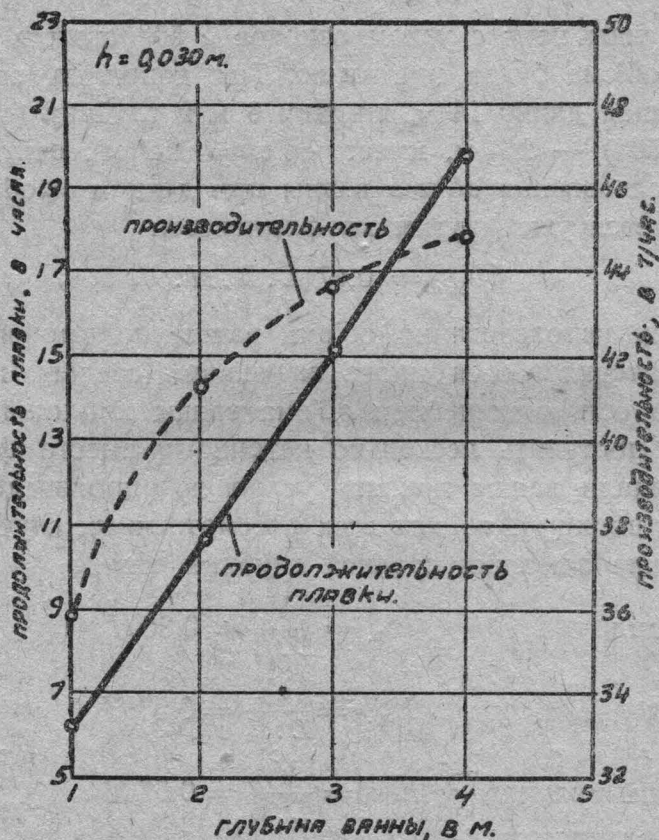
$$\text{гиперболич. цилиндр} + \text{эллипсоид} \quad h_{\text{ср.1}} = \frac{V_{III}}{L \cdot B} = 0,57 H$$

$$h'_{\text{ср.2}} = \frac{V}{L \cdot B} = 0,67 H.$$

Таким образом профиль инж. Семикина обеспечивает среднюю глубину ванны в размере приблизительно одной трети максимальной глубины ванны. Предлагаемый автором профиль ванны обеспечивает среднюю глубину ванны приблизительно в размере двух третей от значения максимальной глубины ванны.

Заключение

В заключение отметим, что успехи в усилении тепловой стороны мартеновского производства позволяют нам в ближайшие же годы перейти к печам с минимальной мощностью в 500—600 т*, и этот переход в дальнейшем будет идти не только в направлении увеличения площади пода, а также в направлении увеличения толщины слоя металла в печи.



Фиг. 14. Зависимость производительности печи от глубины ванны.

Предварительные теоретические расчеты, сделанные автором и Я. Ф. Чудаевым, показывают, что если сопоста-

* а) По этому вопросу см. предыдущие работы: проф. Л. П. Владимиров и Г. Н. Бескмельницкая. Связь между садкой, теплонапряжением и производительностью мартеновских печей, «Теория и практика металлургии» № 5, 1937.

б) Проф. Л. П. Владимиров, О цехе с 500-тонными печами, «Советская металлургия» № 7, 1937.

вить время, потребное на переход тепла через слой шлака в металл, с часовой производительностью печи при различных значениях глубины ванны, то никакое увеличение глубины ванны не ведет к понижению производительности печи, если только в печи оставлять каждый раз слой шлака не более 30—60 мм толщиной.* Зависимость производительности печи от глубины ванны выражается асимптотической кривой, одна из ветвей которой показывает быстрый рост производительности печи при увеличении глубины ванны; затем наступает перелом кривой и в дальнейшем приращение производительности чрезвычайно незначительно (фиг. 14).

Мы уже подчеркивали ранее**, что скорость химических реакций никогда не будет служить тормозом к уменьшению продолжительности плавки в мартеновской печи, и чем мощнее печь, тем большее значение в ней приобретают вопросы передачи тепла. Вместе с тем анализ показал, что глубина ванны (при соблюдении некоторых условий), также не может служить препятствием к увеличению мощности печи.

Вряд ли можно сомневаться в том, что гигантские печи с глубиной ванны 2—2,5 м это не дело далекого будущего, а дело ближайших 3—5 лет.

V. ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Если раньше развитие конструкций мартеновских печей шло, главным образом, за счет увеличения площади пода печей, то теперь, на основании всех изложенных выше теоретических соображений, равно как и на основании практики ряда заводов, можно принять, что дальнейшее развитие печей должно пойти по пути значительно большего использования объема ванны по глубине.

Однако было бы чрезвычайно ошибочным противопоставить один путь увеличения производительности печей другому. Увеличение глубины ванны при той же площади пода означает увеличение действительной, часовой производительности печи. Но и увеличение площади ванны при той же глубине ее означает также повышение часовой

* Доказательства этому приводятся в опубликованной уже ранее работе — Попытка теоретического определения оптимальной глубины ванны мартеновской печи, «Советская металлургия» № 10, 1937.

** Проф. Л. П. Владимиров, Обезуглероживание металла в печах с глубокой ванной — «Теория и практика металлургии» № 2, 1936, а также: Шлаковый режим мартеновской плавки, «Сталь» № 12, 1937.

производительности печи. Следовательно, оба пути увеличения производительности печи необходимо сочетать, никак не допуская противопоставления одного пути другому.

Однако действительность показывает, что эти весьма простые истины не всюду поняты так. Ярким примером этого могут служить проекты второй типовой мартеновской печи как Стальпроекта, так и Днепропетровского металлургического института. Вместо использования преимуществ печей с глубокими ваннами, с одной стороны, и с большой площадью ванны, с другой, обе организации пошли по пути уменьшения площади пода.

Формально это диктовалось, якобы, заданием прежнего вредительского руководства ГУМПа, который вместе с упомянутыми организациями считал возможным вторую типовую мартеновскую печь проектировать на садку всего только в 185 тонн, в то время как уже тогда в СССР успешно работали 250—300-тонные печи. Выбор садки в 185 тонн определялся наличием в существующих уже цехах разливочных кранов грузоподъемностью в 225 тонн.

Расширенное заседание технического совета ГУМПа в 1936 году не утвердило ни одного из представленных проектов и предложило спроектировать типовую печь с садкой в 250 тонн при условии выпуска металла в один ковш с разливкой его краном мощностью 350—375 тонн. Однако, проектируя и эту печь, инж. Семикин остался верным своим позициям, и увеличение глубины печи произвел за счет уменьшения площади пода против даже существующих 150-тонных печей. Сделано это, очевидно, с единственной целью — получения больших условных с'емов стали с 1 м² площади пода при работе такой печи.

Однако государство заинтересовано в увеличении не условной, а фактической производительности печей; последняя же измеряется не величинами условного с'ема стали с 1 м², а производительностью печи, выраженной в тоннах, отнесенных к часу работы печи. Фактическая производительность печи тем выше, чем больше глубина печи и чем больше площадь пода. Если мы уже научились строить и работать на печах с площадью пода до 80 м², то какой резон, спрашивается, возвращаться к печам с площадью пода 55—60 м²?

Придя к тому, что печи можно делать с более глубокой ванной, мы, естественно, должны прийти к большей садке, чтобы использовать одновременно и преимущества глубокой ванны и преимущества большой площади пода. Однако внешне может показаться, что ограничителем такого

развития печей должна в первую очередь послужить мощность сталеразливочных кранов.

Однако более чем двухлетняя практика наших передовых заводов показывает, как глубоко ошибочен и реакционен этот взгляд на развитие наших печей.

На большинстве заводов печи удвоили садку, не прибегая к увеличению мощности кранов, а прибегнув лишь к разливке в два ковша. В старых руководствах можно найти много указаний на чрезвычайные неудобства такой работы, на возможность потери металла при неравномерном заполнении обоих рукавов двойного желоба, даже на невыгодность применения этих желобов и т. п.

К счастью все эти трудности оказались более вымышленными, чем соответствующими действительности. Большая часть печей Кузнецкого завода уже переведена на разливку металла через двойные (более того: несимметричные) желоба, и никаких трудностей эта система работы не вызвала.

Спрашивается, если мы разливаем 300-тонную плавку в два ковша при помощи 225-тонных кранов, какой резон, имея 375-тонные краны, пользоваться одним ковшом на 250 тонн? Не целесообразнее ли расширить и углубить ванну печи и при той же, или несколько большей длине ее, довести садку до 500—750 тонн, разливая ее при помощи тех же кранов, но только в два или три ковша? Более редкие выпуски металла из такой печи обеспечили бы:

1) Большую часовую производительность печи за счет увеличения садки.

2) Меньший расход топлива за счет меньших потерь тепла на холостой ход печи и через кладку печи.

3) Лучшую стойкость пода и других частей печи за счет меньшего количества теплосмен и меньшего раз'едания пода шлаком при выпуске из печи.

4) Меньшие эксплуатационные расходы на передел.

5) Лучшие условия труда за счет меньшего количества работы по заправке печи, заделке и разделке выпускного отверстия и т. п.

6) Меньшую напряженность грузопотоков в цехе за счет меньшего количества заливок чугуна, завалок шихты, подач составов и т. п.

7) Меньшую задолженность механизмов при обслуживании плавки и т. п.

При условии полного отказа от ложных порогов, при наличии 30-процентного резервного объема и количестве шлака в печи 12 проц. потребовались бы следующие линей-

ные размеры ванны печи для вмещения садки в 500 тонн.

1) Независимые переменные:

углы откосов 45°

ширина печи 6 м.

2) Максимальная глубина ванны (максимальная глубина слоя металла и шлака плюс резервный объем):

$$h = \sqrt{\frac{6^2}{4 \cdot 1^2} + 1} - 1 = 2,16 \text{ м.}$$

3) Длина гиперболического цилиндра:

$$L_1 = \frac{0,23 \cdot 500 - 1,05 \cdot 6 \cdot 2,16^2}{3,16 \cdot 3 - 2,3 \lg(3,16 + 3)} = 11,2 \text{ м.}$$

4) Полная длина ванны:

$$L = 11,2 + 2 \cdot 2,16 = 15,5 \text{ м.}$$

5) Условная площадь пода:

$$S_{\text{усл.}} = 6 \cdot 15,5 = 93 \text{ м}^2.$$

6) Фактическая площадь пода

$$S_{\text{факт.}} = 6 \cdot (11,2 + 1,57 \cdot 2,16) = 87,4 \text{ м}^2.$$

7) Средняя глубина ванны печи: $115 : 87,4 = 1,315 \text{ м.}$

Линейные размеры такой печи немного больше размеров существующей 300-тонной печи (длина 14,4 м, ширина 5,2 м), эксплуатация которой с точки зрения линейных размеров ванны не встречает затруднений.

За постройку 500-тонных печей высказывались уже проф. М. М. Карнаухов, инженеры М. П. Липский и И. Н. Лурье,* академик И. П. Бардин** и автор настоящей работы,*** однако эти предложения ГУМПОм не были рассмотрены.

Вместе с тем есть все основания полагать, что типовой конструкцией, для будущих мартеновских печей должна служить не маломощная печь с садкой 185 или 250 тонн, а сверхмощная мартеновская печь с садкой минимум 500 тонн, с разливкой в два 250-тонных ковша при помощи разливочного крана грузоподъемностью в 275 тонн.

Дальнейший рост мощности мартеновских печей также можно рассматривать без необходимости увеличения грузоподъемности кранов. Так, например, печь с ванной шириной 6,5 м и длиной 17 м, при углах откосов 50° может вместить до 750 тонн металла. Выпуск металла из такой печи можно представить таким образом: перед печью сто-

* Проф. М. М. Карнаухов, инж. М. П. Липский и И. Н. Лурье, «Советская металлургия» № 3, 1937.

** Акад. И. П. Бардин — «За индустриализацию», 1937 г.

*** Проф. Л. П. Владимиров, «Советская металлургия» № 7, 1937.

ят на стендах три разливочных ковша, из которых два крайних связаны со средним промежуточными желобками; весь металл по обыкновенному, не разветвленному, желобу поступает в средний ковш и из него по промежуточным желобкам в крайние ковши. Такая система выпуска металла из печи даст возможность сочетать сверхмощные мартеновские печи со стандартизованным механическим оборудованием, не вызывая необходимости увеличений мощности последнего.

Естественно, такая мощность печи может испугать многих, не привыкших заглядывать в будущее, людей, но нам кажется, что основные уроки реализации увеличения размеров мартеновских печей металлургами уже усвоены. Дальнейшее развитие надо будет осуществлять не робкими шагами, не отвоевыванием крохоборных величин, а смелым устремлением вперед, к завоеванию значительно больших результатов в борьбе с техническими и, зачастую, психологическими трудностями, лежащими на пути развития мартеновской техники.

ВЫВОДЫ

1) Необходимо отказаться от таких методов определения размеров рабочего пространства мартеновских печей, в основе которых лежит выбор площади пода.

2) В основу расчета ванны мартеновской печи должен быть положен принцип максимального использования объема ее по глубине.

3) Независимых переменных при расчете ванны должно быть две: ширина печи и угол откосов ванны печи; функционально-зависимыми являются глубина ванны, длина ее и объем.

4) Термином «глубина ванны» пользуются для обозначения весьма различных понятий, что вносит путаницу в вопрос о работе печей с различной глубиной ванны. Приведена классификация терминов, охватывающих вопрос о глубине ванны.

5) Термин «максимальная глубина ванны» не характеризует действительных трудностей прогрева толщи металла в печи и не характеризует действительной степени использования объема ванны по глубине.

6) Введено понятие о средней глубине ванны, величина которой определяется как частное от деления полного объема ванны на фактическую площадь ее.

7) Ложные пороги мартеновских печей являются техническим пережитком, сдерживающим увеличение производи-

тельности мартеновских печей. Если с применением высоких ложных порогов на существующих печах, как со средством достижения большей производительности, можно мириться, то ориентацию новых строящихся печей на необходимость работы с ложными порогами необходимо осудить.

8) Объем ванны должен быть рассчитан так, чтобы вскипающий металл со шлаком не вышел за уровень постоянных порогов. Иными словами, объем ванны должен состоять из объема, необходимого для заполнения металлом и шлаком, плюс резервный объем ванны, размеры которого зависят от состава шихты и состава чугуна.

9) Спуск шлака должен производиться из шлаковых отверстий или лучше шлаковых окон, помещающихся на задней или передней стенке печи, ниже уровня постоянных порогов.

10) Угол естественного откоса магнезита или доломита в жидком металле — понятие фиктивное, противоречащее законам физики.

11) Угол естественного откоса магнезита или доломита на воздухе определяет только возможность осыпания материалов при забросе их на откосы ванны, то есть связан с созданием откосов. Разрушение откосов ванны при работе печи совершенно не связано с углом естественного откоса заправочных материалов.

12) Выбор углов откосов печи следует производить только в зависимости от качества заправки откосов печи, то есть в зависимости от возможности создания откосов той или иной крутизны, но не в зависимости от условий разрушения их.

13) Качество заправки откосов (условия создания откосов необходимой крутизны) определяется:

а) Углом естественного откоса заправочного материала на воздухе.

б) Температурой заправляемой стены и степенью ее размягченности во время заправки, равно как и температурой и степенью размягченности самих заправочных материалов.

в) Направлением летящих зерен заправочных материалов, правильность которого обеспечивает машинная заправка.

г) Живой силой, развиваемой зернами заправочных материалов, при полете в печь, способствующей вмятию зерен заправочных материалов в размягченную стену.

14) Угол естественного откоса магнезита и доломита

может быть искусственно повышен за счет перемешивания с разгоретой смолой в пределах $45-55^\circ$. Это мероприятие облегчает наварку откосов печи с более крутыми углами до $45-55^\circ$ даже при ручной заправке печи.

15) В практику работы мартеновских цехов должна быть окончательно введена машинная заправка, обеспечивающая правильность направления и большую живую силу зернам магнетита или доломита.

16) Измерение углов откосов действующих мартеновских печей показывает, что в практике встречаются углы откосов печей в пределах от 35° до 60° .

17) Угол откосов 35° следует считать минимально допустимым в мартеновских печах, а не максимально допустимым, как это доказывалось инж. Семикиным.

18) Для мощных мартеновских печей следует рекомендовать применение откосов печей с углом в $45^\circ-55^\circ$ с условием искусственного повышения естественного угла откосов за счет перемешивания со смолой и при условии применения машинной заправки печи.

19) Разрушение откосов ванны определяется не крутизной откосов и не соотношением длины, ширины и глубины ванны, а условиями ухода за печью, порядком и системой завалки шихты, продолжительностью соприкосновения металла и шлака с подом печи и откосами, температурным режимом печи и другими эксплуатационными условиями.

20) Фетишизация соотношений линейных размеров ванны печи, проводимая инж. Семикиным в целях доказательства наибольшей пригодности ванны с гиперболическим профилем по длине и ширине печи, — кроме путаницы понятий не вносит ничего полезного в наши познания о стойкости ванны печи.

21) Принцип максимального использования объема ванны по глубине требует выбора симметричной кривой поверхности пода печи.

22) Этот же принцип требует отказа от гиперболического сечения ванны по длинной оси печи.

23) Преимущества гиперболического поперечного сечения ванны перед сегментообразным или эллиптическим заключается в возможности придачи откосам значительно меньшей крутизны и в больших удобствах заправки откосов с неизменным углом на всем протяжении откоса.

24) Наиболее рациональным, с точки зрения автора, профилем ванны печи является профиль, объем которого складывается из объемов гиперболического цилиндра и полуэллипсоида.

25) Приведены формулы для расчета главных размеров ванны печи с профилем автора.

26) Даны таблицы размеров и вместимости печей с различными значениями длины печи, ширины и углов откосов.

27) Математический анализ кривых поверхностей ванны показывает наименьшую степень использования объема ванны по глубине в профиле инж. Семикина.

28) Соотношение в степени использования объема ванны по глубине при различных кривых поверхности ванны примерно таково: средняя глубина ванны в профиле инж. Семикина составляет треть максимальной глубины ванны; средняя глубина ванны в печи с ванной, представленной объемом полуэллипсоида, составляет половину максимальной глубины ванны; средняя глубина ванны в печи с профилем автора составляет две трети максимальной глубины ванны.

29) Развернувшееся стахановское движение показало полную целесообразность работы на печах с глубокими ваннами.

Однако для вновь строящихся печей, якобы ограниченных разливочными средствами, увеличение глубины ванны произведено за счет уменьшения проектной площади пода. Пример такого неправильного решения вопроса о путях развития нашего мартеновского производства представляют собою оба проекта второй типовой мартеновской печи, выполненные Стальпроектом и Днепропетровским металлургическим институтом. Вместо использования преимуществ печей с глубокой ванной, с одной стороны, и с большой площадью пода, с другой, обе организации пошли по пути уменьшения площади пода ради больших условных сѐмов, что, несомненно, расходится с государственными интересами.

30) Нашему мартеновскому производству уже нужны сверхмощные печи с садкой 500—750 тонн, с разливкой в два или три ковша на 250 тонн при помощи кранов грузоподъемностью 350—375 тонн. Вместимость такого количества металла обеспечивают печи с длиной ванны 15—17 м, шириной 6 м и углами откосов 45—50°. За постройку сверхмощных печей уже высказывались отдельные металлурги, и ГУМПу необходимо принять все меры к осуществлению их.

Январь — апрель 1937.

2

0-30

~~Цена 3 руб.~~

12170