

Об улучшении показателей  
малотоннажных дуговых сталеплавильных  
печей для литейного производства  
[Improvement of Performance Characteristics  
of Low-Tonnage Steel Melting Electric Arc  
Furnaces for the Foundry Industry]

С.М.Нехамин, А.Я.Стомахин, А.И.Черняк,  
А.К.Филиппов (фирма "Комтерм", Москва)

[S.M.Nekhamin, A.Y.Stomakhin, A.I.Chernyuk, A.K.Filippov]

Efficiency of operation of a low-tonnage steel-melting complex is to a considerable extent determined by the right choice of a DC or an AC electric arc furnace (DCEAF or ACEAF). DCEAFs and ACEAFs have similarly made basic design elements, charging and metal casting patterns, use the same refractories, allow using the same melting and metal finishing processes. However, the electromagnetic effects with the alternating and direct current running through the metal bath are fundamentally different, as a result of which, with the direct current, in addition to the creation of a reducing atmosphere, it is more economical to consume ferroalloys.

A significant savings item is the reduction of consumption of graphitized electrodes. Unlike ACEAFs, DCEAFs have a single vertical crown electrode fastened in the body of the electrode holder and, through an aperture in the center of the crown, introduced to the melting space of the furnace. This allows making DCEAFs more gasproof than ACEAFs, and also provides more uniform heating of the charge and lining along the perimeter of the bath. DCEAF are powered from a specialized DC source whose negative pole is connected to the crown electrode, and the positive pole is connected to an electrical pathway structure leading to the metal being melted (anode). The source is a set of equipment including a power transformer, a converter, smoothing reactors, a heat exchanger.

Thanks to the hearth-level electrode's ability to self-restore during melting and the possibility of hot inter-heat repairs of the bottom, their continuous service life is 2...3 thousand heats, after which the hearth-level electrode undergoes maintenance work and is mounted to the furnace for repeated operation. The electric regime of DCEAF provides lowering of the level of arc voltage fluctuations during melting, which is achieved by keeping the crown electrode above the charge level without deepening it into the "well". The arc voltage lowers in the course of melting, at the same time the power source accordingly increases the current thereby maintaining the power unchanged. Due to the high stability of the DC arc regime and the possibility of good sealing of the furnace there is no air inflow to the melting chamber resulting in a lower, as compared to ACEAF, loss of charge during melting ( $\leq 3..5\%$ ), lower dust and gas emissions, a significantly lower noise level (by 10...15 dBA).

Although the price of the rectifier for a DCEAF is 10...35% of the price of the unit, because of the necessity of using more powerful gas cleaning and filter-compensation devices in the electrical circuit in the ACEAF, the capital cost for both variants is about the same. But if the power supply net of arc furnaces is sufficiently weak, a DCEAF has a clear advantage over an ACEAF. It is also preferable for melting high-quality steels and remelting its waste, because the loss of alloying elements in the latter case is 20% lower.

In the production of common steel of the 20ГЛ type the overall economic effect of using a 15-ton DCEAF instead of an ACEAF is about €170,000 a year. The price of a thyristor rectifier being €300,000, its cost is repaid in less than two years.

В 2004 г. в литейных цехах РФ было произведено 1,3 млн т стальных отливок. Судя по ожидаемому количеству вводимых у нас новых дуговых печей, производство стальных отливок в ближайшие годы существенно возрастет. Стои-

мость отливок достаточно высока, поэтому их вклад в общий объем валового продукта значительно больше, чем доля производства отливок в общем объеме производства стали. Многие отрасли промышленности и транспорта без сталь-

ных отливок просто не могут обойтись (например, железнодорожный транспорт).

На металлургических заводах также имеется значительное количество малотоннажных печей — там, где этого требует ограниченный объем производства отдельных марок стали, необходимость получения малых слитков и другие обстоятельства.

Известно, что в электросталеплавильном производстве с использованием большегрузных печей за последние десятилетия достигнут высокий технический уровень. Производительность дуговых печей вместимостью ~100 т увеличилась в 5–7 раз (до 1 млн т в год и выше). Удельный расход электроэнергии сократился вдвое. По сравнению с этими достижениями, прогресс в техническом уровне электроплавки стали в малотоннажных печах, особенно в литейном производстве, ничтожно мал.

В настоящее время основной путь повышения эффективности малотоннажных печей (0,5...25 т), составляющих основную массу плавильных агрегатов в литейных цехах, — это грамотное использование хотя бы некоторых достижений “большой” электрометаллургии стали. К их числу можно, в первую очередь, отнести:

- переход от двухшлаковой технологии (с восстановительным периодом плавки) к одношлаковой;
- увеличение удельной мощности печей как электрической, так и тепловой неэлектрической (разумеется, без больших неоправданных затрат на слишком частые ремонты футеровки).

Важно также выбрать род тока для рассматриваемых агрегатов — переменный или постоянный.

Рассмотрим эти вопросы подробнее.

#### Переход на одношлаковую технологию

В “большой” электрометаллургии почти не осталось печей, работающих по двухшлаковой технологии (если не считать те, в которых выплавляют высоколегированные стали и сплавы). *Переход к одношлаковому процессу позволяет сократить время плавки (от выпуска до выпуска) на 40...60 мин, а это ~50% длительности всей плавки, то есть эквивалентно, при хорошей мощности, двукратному увеличению производительности.* При одношлаковом процессе также уменьшается содержание водорода и азота в металле, снижается расход электроэнергии, электродов, огнеупоров, извести, раскислителей.

В современных цехах переход на одношлаковую технологию обеспечивается, как правило, проведением раскисления и доводки металла на

установке “ковш-печь” (УКП), где, по существу, проводится тот же восстановительный период, но в более благоприятных условиях — с нужным режимом аргоновой продувки, более эффективным вводом добавок в виде алюминиевой и порошковой проволоки и т.д. А в печи в это время уже идет следующая плавка.

Организация одношлакового процесса выплавки стали с использованием УКП целесообразна конечно и в малотоннажных печах, в том числе в литейных цехах. Возникающие при этом проблемы, связанные с заливкой форм из шибберного ковша, в ряде случаев могут быть успешно решены. *Есть, однако, более серьезная проблема — экономическая.* Одно дело — сооружение УКП для обслуживания 100-т печи производительностью 1 млн т стали в год, и другое — затраты на печь производительностью 10...30 тыс. т/год. Использование одной УКП для обслуживания даже двух печей затруднительно из-за ряда факторов, в том числе обычной асинхронности их работы, что проверено на опыте большой металлургии, от чего стараются уйти и, как правило, уходят.

*Таким образом, целесообразность сооружения УКП в цехах с малотоннажными печами требует тщательного технико-экономического анализа, что, кстати, относится и к другому современному оборудованию дуговых печей — системе ввода порошка углерода, современным фурмам-горелкам и т.д.*

Имеется, однако, возможность реализации одношлаковой технологии электроплавки и без УКП — с доводкой металла за 10...15 мин в ковше. Именно так работают (или работали) все мартеновские печи и конвертеры (в том числе и при производстве отливок) в цехах, где нет (не было) УКП. В мартенах и конвертерах, как известно, проведение восстановительного периода невозможно, поэтому всю доводку металла осуществляют при выпуске и в ковше. Так делают (делали) и на малых (10-т) агрегатах. Известен опыт работы 10-т мартенов на заводе “Серп и Молот”, 10-т кислородного конвертера на Ново-Тульском заводе (НТМЗ). Более быстрое охлаждение металла в малых ковшах конечно сказывается, но вполне допускает достаточную паузу между выпуском и заливкой металла в формы. Все операции укладываются в длительность обычной выдержки металла в ковше после выпуска, которую делают и при двухшлаковой технологии плавки.

В ковше металл доводят либо сразу у “балкона” печной площадки (где обычно замеряют тем-

температуру металла), либо на отдельно стоящей установке доводки металла. Последнее чаще используют для большегрузных плавов, так как требуется несколько более длительная выдержка металла в ковше (крановые операции — установка и подъем ковша, подключение аргона).

Сделать обработку в ковше быстрее и лучше позволяют современные методы:

- применение легкоплавких твердых шлаковых смесей (ТШС), вводимых обычно в ковш при выпуске плавки (печной шлак при этом отсекают);
- продувка металла в ковше аргоном;
- быстрое проведение химанализа (3...4 мин от отбора пробы до получения результата);
- ввод добавок (алюминия, углерода, силикокальция и др.) в виде проволоки с помощью трайб-аппаратов.

Место завершения доводки металла в ковше не имеет большого значения<sup>1</sup>.

Независимо от варианта доводки после одношлаковой плавки (на УКП или на УДМ — у печи или в другом месте) показатели процесса зависят не только от мощности и конструкции агрегата, но и от технологии периодов расплавления шихты и окислительного рафинирования металла, которая существенно различается в дуговых печах переменного (ДСП) и постоянного (ДПС) тока.

ДПС и ДСП имеют аналогичные исполнения основных конструктивных элементов, схем загрузки шихты и разлива металла, используют одни и те же огнеупорные материалы, позволяют применить одни и те же технологические процессы плавания и доводки металла.

Однако есть и существенные различия в компоновке печей, характере ведения плавки и в составе оборудования, что вызвано различием в характере физических процессов в дугах постоянного и переменного тока. Кроме того, принципиально различны электромагнитные эффекты при протекании переменного и постоянного тока по ванне металла. Учет этого, как и особенностей энергетических режимов источников питания, их влияния на питающую сеть позволяет определить зоны наиболее эффективного применения ДПС и ДСП.

В отличие от ДСП, ДПС имеют один вертикально расположенный сводовый электрод, закрепленный в корпусе электрододержателя и через отверстие в центре свода введенный в плавильное пространство печи. Это позволяет выполнять

ДПС более газоплотными, чем ДСП, а также обеспечивает более равномерный прогрев шихты и футеровки по периметру ванны (без локальных перегревов футеровки напротив электродов и меньшей скорости плавления на откосах в промежутках между электродами, как в ДСП).

Электропитание ДПС — от специализированного источника постоянного тока, отрицательный полюс которого соединяется со сводовым электродом (катодом), а положительный — с конструкцией токоподвода к переплавляемому металлу (аноду). Источник — комплект оборудования, включающий силовой трансформатор, преобразователь, сглаживающие реакторы, теплообменник.

Один из основных элементов ДПС — конструкция токоподвода к шихте и к переплавляемому металлу. Подовый электрод (ПЭ) состоит из стальной головки, контактирующей с жидким металлом, и медного водоохлаждаемого корпуса. Зона водяного охлаждения вынесена за пределы корпуса печи.

Благодаря способности ПЭ самовосстанавливаться в процессе плавки и возможности горячих межплавочных ремонтов подины, ресурс их непрерывной работы — 2...3 тыс. плавов, после чего ПЭ проходит техническое обслуживание и устанавливается на печь для повторной эксплуатации. Электрический режим ДПС обеспечивает снижение уровня колебаний напряжения дуги в период расплавления, что достигается удерживанием сводового электрода над уровнем шихты без заглужения в “колодец”.

Напряжение дуги по ходу плавки снижается, при этом источник питания, соответственно, увеличивает ток, сохраняя тем самым мощность неизменной<sup>2</sup>. Благодаря высокой стабильности режима дуги постоянного тока и возможности хорошей герметизации печи, в ней ликвидируется подсос воздуха в рабочее пространство, в результате обеспечивается низкий, по сравнению с ДСП, угар шихты в период расплавления ( $\leq 3...5\%$ ), снижаются пылегазовыбросы, значительно уменьшается и уровень шума (на 10...15 дБА).

*Важное технологическое преимущество ДПС — эффективное электромагнитное перемешивание ванны металла полем проходящего через нее постоянного тока, что позволяет, наряду с созданием в печном пространстве восстановительной атмосферы, экономней расходовать ферросплавы.*

Значительная статья экономии — снижение расхода графитированных электродов.

<sup>1</sup> В статье оба варианта доводки называют доводкой на УДМ.

<sup>2</sup> Патент РФ № 2216883.

Особенности малых и средних ДПС позволяют при плавке стали обеспечить следующие преимущества перед аналогичными ДСП:

- уменьшение:
  - расхода графитированных электродов до 0,8...1,5 кг на 1 т;
  - угара шихты — на 5...7%;
  - расхода ферросплавов — на 15...20%;
  - пылевых выбросов, уровня шума и фликера в питающей энергосистеме;
- эффективное электромагнитное перемешивание жидкого металла.

С точки зрения эксплуатации печей, решающий фактор — качество проектно-конструкторских решений и изготовления оборудования. Опыт завода «Ижсталь», где рядом установлены ДСП и ДПС по 25 т, говорит о том, что сталевары и подручные предпочитают ДПС, где на плавку они затрачивают меньше труда, нежели на ДСП.

Современные ДСП работают, как правило, с максимальной интенсификацией процесса за счет использования кислорода и топлива. Высокая производительность при этом сочетается с серьезными недостатками: большими угаром металла (10% и более) и пылеобразованием. Набор источников электропитания современных ДПС позволяет выбрать источник, обеспечивающий требуемую скорость расплавления без использования кислорода и газокислородных горелок.

Данные балансовых плавков, проведенных на работающих в одном из цехов 25-т ДСП и ДПС, показали, что угар металла при переходе к ДПС уменьшился с 9,5 до 2,5%, а пылеобразование в период расплавления (по замерам НИОГаза)<sup>3</sup> — с 52,5 до 6,26 кг/ч. Это обеспечивается одним из фундаментальных преимуществ ДПС — возможностью обеспечения малоокислительной атмосферы в печи в связи с высокой стабильностью дуги и вследствие этого малым газообменом между печной атмосферой и окружающим воздухом. Из приведенных данных следует, что для более полного использования преимуществ ДПС надо исключить применение кислорода для ускорения расплавления шихты (не топить печь железом). Шихта для этого сегодня слишком дорога. Кислород целесообразно использовать, только когда металл уже расплавлен и не имеет такой развитой поверхности, как шихта, — то есть для продувки металла (желательно, с помощью современной фурмы-горелки). Назовем

этот вариант технологией с умеренной интенсификацией плавки.

Рассмотрим подробнее варианты технологии и соответствующую им производительность печей. Технология с умеренной интенсификацией для выплавки стали (простого сортамента, типа 20ГЛ) в малотоннажных дуговых печах может выглядеть следующим образом.

1. В шихту (в бадью или перед подвалкой) для совмещения дефосфорации с расплавлением садки вводят известь и железную руду (или окисленные окатыши) — до 4% каждого, в зависимости от необходимой степени удаления фосфора. Вводить добавки следует без отключения печи — через отверстие в своде.

2. По расплавлении шихты содержание фосфора должно быть существенно ниже заданного, чтобы можно было спустить шлак и больше фосфором не заниматься. Это позволяет с максимальной возможной скоростью нагреть ванну и начать обезуглероживание металла (кип). Температура металла к концу кипа должна быть выше верхнего предела температуры выпуска плавки.

3. Кипение ванны для уменьшения угара металла желательно поддерживать присадками руды и извести, но, если нужно ускорить процесс, продувать металл кислородом. В начале и в ходе плавления шихты, если нет необходимости дополнительной интенсификации плавки (если электрической мощности печи достаточно или если позволяет график выпуска плавков), кислород желательно не применять, что уменьшит угар шихты. По этой же причине желательно не применять газокислородные горелки. Все это требуется для максимальной интенсификации расплавления, но связано с резким ростом угара шихты.

4. По достижении необходимых температуры ванны и содержания углерода можно использовать два варианта завершения плавки. Если в печи можно обеспечить интенсивное перемешивание ванны (как, например, в современных ДПС), то лучше удалить окислительный шлак и ввести в ванну через отверстие в своде основную массу Si- и Mn-содержащих материалов и ТПС. После этого на 3...5 мин включить печь, расплавить присадку и ТПС и затем выпустить плавку в ковш.

В ДСП, где возможность интенсивного перемешивания металла и шлака в печи отсутствует и требуется быстро завершить плавку, можно выпустить металл в ковш, оставив окислительный шлак (и часть металла) в печи. ТПС и основную добавку Si и Mn вводят на выпуске. Так же можно завершить плавку и в ДПС.

<sup>3</sup> Закамаркин М. К., Беспалько В. И., Храмов В. В., Мураховский И. М. (ОАО «Ижсталь») // Сталь. — 2000. — № 4. — С. 32–34.

Вариант I предпочтительнее (если он допустим по условиям работы цеха), так как исключает охлаждение металла на выпуске присадками Mn и Si и, главное, выпуск проводят со шлаком. Потери температуры на выпуске в этом варианте меньше, что актуально для малотоннажных плавов.

5. После выпуска металл доводят в ковше в условиях аргонной продувки: отбор и анализ пробы, измерение температуры и активности кислорода, ввод алюминия, корректировка содержания C, Si, Mn, при необходимости дополнительная десульфурация силикокальцием.

#### Установка в литейных цехах ДПС

*Существенный недостаток ДПС: они на 10... 35% дороже ДСП из-за затрат на полупроводниковый источник питания.* Однако при необходимости использования более мощной газоочистки на ДСП, а также применения фильтрокомпенсирующих устройств для обеспечения заданного энергосистемой качества потребляемой электроэнергии капзатраты для обоих вариантов примерно одинаковы, а иногда ДСП оказываются даже дороже ДПС. Поэтому в каждом случае необходим детальный технико-экономический анализ с учетом всех конструктивных и схемных особенностей ДПС и ДСП, а также техпроцесса.

Иногда по технико-экономическим показателям выбор типа агрегата практически predetermined, например, если сеть электроснабжения дуговых печей достаточно слабая (мощность короткого замыкания менее, чем в 100 раз превышает мощность трансформатора), то ДПС имеет явное преимущество перед ДСП. ДПС предпочтительна также при выплавке высококачественных сталей (низкоуглеродистой или высоколегированной). Для особо низкоуглеродистой стали (например, стали 000X18H9T) принципиально практическое отсутствие науглероживания металла материалом электрода. При переплаве отходов высоколегированной стали важен меньший угар легирующих (на ~20%) в ДПС. И в том, и в другом случае дополнительные затраты на преобразователь постоянного тока окупаются менее, чем за год.

Итак, случаи подключения дуговых печей к маломощным сетям, а также выплавки высококачественной стали можно считать зонами предпочтительного применения ДПС. Для более простых сталей, при наличии высокомоощной питающей сети, выбор между ДПС и ДСП должен быть обоснован технико-экономическими расчетами.

Выполним сравнительную оценку основных статей затрат при производстве стали типа 20ГЛ в период расплавления на 15-т ДПС и ДСП, каждая из которых выплавляет 35 тыс. т жидкой стали в год (при двусменной пятидневной работе литейного цеха).

Пусть при плавке в ДПС угар шихты 4%, а при плавке в ДСП — 10%. Тогда экономия шихты при плавке в ДПС составит:  $35000 \cdot (1,1 - 1,04) = 2100$  т.

При средней цене шихты 5000 руб./т, экономия составит:  $2100 \cdot 5000 = 10500000$  руб.

Поскольку при плавке в ДПС кислород используют только на технологические цели, его экономия, по сравнению с расходом на ДСП,  $15 \text{ м}^3/\text{т}$ , или, при цене 3 руб./ $\text{м}^3$ :  $15 \cdot 35000 \cdot 3 = 1575000$  руб.

Вместе с тем форсированное расплавление в ДСП с применением кислорода для подрезки шихты обеспечивает увеличение производительности агрегата на 7% и сокращение удельного расхода электроэнергии, за счет экзотермических реакций окисления шихты, на 45 кВт·ч/т.

При стоимости 1 т жидкой стали ~12000 руб. и рентабельности 15% экономические потери из-за снижения производительности составят:  $35000 \cdot 0,07 \cdot 12000 \cdot 0,15 = 4410000$  руб.

При цене электроэнергии 1,12 руб. за 1 кВт·ч, дополнительные затраты на электроэнергию при плавке в ДПС составят:  $35000 \cdot 45 \cdot 1,12 = 1764000$  руб. Остальные статьи экономии и затрат меньше влияют на экономический эффект и, в первом приближении, могут быть принятыми взаимно скомпенсированными.

Суммарный экономический эффект отказа от интенсивного использования кислорода и горелок составит:  $10500000 + 1575000 - 4410000 - 1764000 = 5901000$  руб. или 169 руб. на 1 т выплавленной стали.

Таким образом, при установке 15-т ДПС взамен ДСП той же вместимости срок окупаемости дополнительных затрат на преобразователь постоянного тока стоимостью 10,5 млн руб. —  $10500000 / 5901000 = 1,8$  года, после чего печь позволит ежегодно экономить на расходе шихты 5,9 млн руб.

Важное условие повышения мощности печей — защита футеровки от быстрого разрушения при минимальных тепловых потерях на водоохлаждаемых панелях. Это обеспечивается обычно не только оптимизацией конструкций и материалов, но и технологией — применением одношлакового процесса — и специальным электрическим режимом, при котором сначала работают на длинных дугах, а затем переходят на короткие.

В малотоннажных печах приходится уделять больше внимание охлаждающему влиянию водоохлаждаемых элементов, в первую очередь, влиянию “холодного” свода на вязкость и химическую активность шлака и длительность расплавления шихты. Если шлак нужно слить, то его приходится греть дугами даже в ходе выпуска (что делают даже на большегрузных печах). Основность шлака, а, следовательно, и его способность удалять из металла P и S, приходится уменьшать. Выплавка коррозионно-стойких сталей с продувкой кислородом в печи, а это очень распространенная технология, становится при водоохлаждаемом своде вообще невозможной, так как хромистые шлаки особенно быстро твердеют.

В связи с этими трудностями целесообразно применять на таких печах комбинированные своды, частично водоохлаждаемые, а частично набираемые из кирпича. Наиболее подверженные разрушению части свода выполняют водоохлаждаемыми.

**Выводы.** В конечном счете, вопрос о преимуществах и недостатках различных типов печей и технологий должен решаться на основе комплексного экономического анализа для конкретных условий.

Важно также осторожнее пользоваться опытом печей устаревших или неоптимальных конструкций. Современные печи существенно модернизированы. Как показано выше, взвешенное использование для литейных производств современных решений, применяемых в крупных ста-

леплавильных печах, позволяет по-новому оценить технико-экономические перспективы совершенствования малых и средних печей.

Имеющиеся примеры использования крупных ДПС в режиме максимальной интенсификации процесса кислородом показывают, что при этом не реализуются такие их важные преимущества, как малый угар металла и связанное с ним пылеобразование в литейных цехах. В России имеется положительный опыт применения ДПС с использованием указанных преимуществ, и он заслуживает широкого применения при строительстве новых и модернизации действующих литейных цехов.

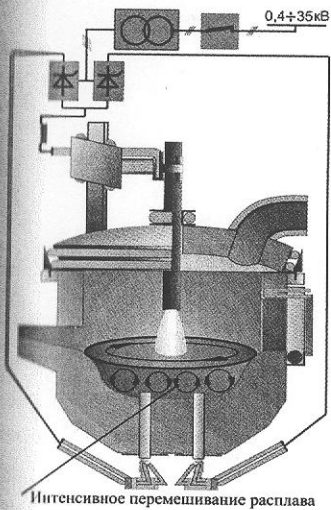
Во многих случаях строительства и модернизации литейных производств ключевым является вопрос электроснабжения дуговых печей. Более жесткое воздействие на питающую сеть ДСП отражается на стоимости их подключения к сети и необходимости установки дорогих регулируемых компенсаторов реактивной мощности. Цена решения указанных вопросов для ДСП, как правило, превышает дополнительные затраты на источник питания ДПС. Проведенные авторами расчеты для литейных цехов с 12...16-т печами показали, что суммарные капитальные и эксплуатационные затраты на установку ДПС ниже, чем для ДСП.

Кроме того, по мнению авторов, в сфере конструирования и использования ДПС имеется еще много перспектив дальнейшего совершенствования, и работа в этом направлении продолжается. ■

## ЗАО “РУСТ-95” принимает заказы на изготовление литых заготовок

Производственное предприятие ЗАО “РУСТ-95” изготавливает отливки из сталей любых марок и сплавов массой от 5 до 500 кг. Литейный цех оснащен самым современным оборудованием с использованием новейших технологий. Литье производится в формы ХТС (химически твердеющая смесь), плавка — в индукционных печах. Возможна последующая механообработка заготовок. Также в модельном цехе нашего предприятия высококлассными специалистами выполняются отдельные заказы на производство модельной оснастки для форм ХТС любой сложности.

Заявки на изготовление отливок и модельной оснастки направляйте:  
 ЗАО “РУСТ-95”, Россия, С.-Петербург, ул. Трефолева, д. 2  
 Тел./факс: +7 (812) 786 69 53, 252 15 25, моб.: +7 921 40 297 00  
 E-mail: roost@sovintel.ru



Интенсивное перемешивание расплава

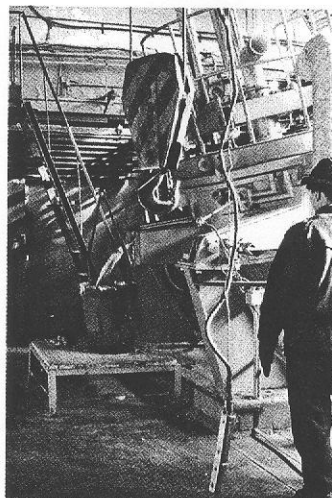
Плавка ЧЁРНЫХ и ЦВЕТНЫХ металлов.  
Сталь, чугун, алюминий, медь и т.п.  
ферросплавы  
Автоматизация всех видов печей.

# КОМТЕРМ

ООО «НПФ Комтерм» г. Москва  
инжиниринг / поставка / сопровождение

## ДУГОВЫЕ ПЕЧИ ПОСТОЯННОГО и ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ОТ 0,1 ДО 50 ТОНН

- В одной печи можно плавить разные металлы
- Высокий КПД
- Использование сырья любого качества
- Неприхотливость в эксплуатации

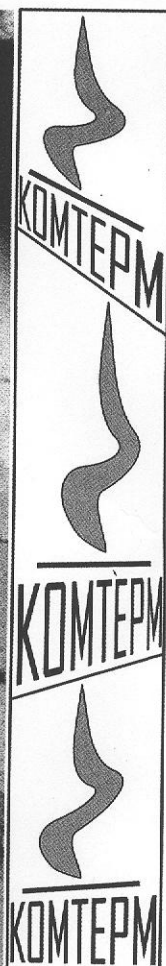
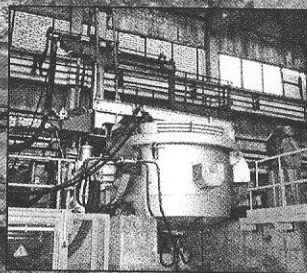
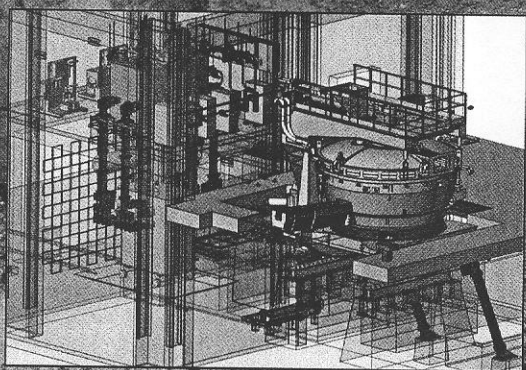
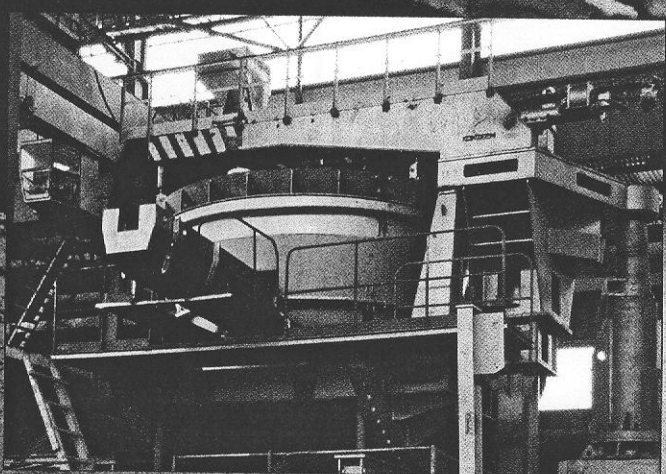
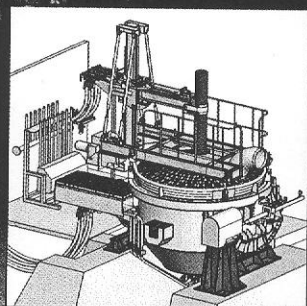
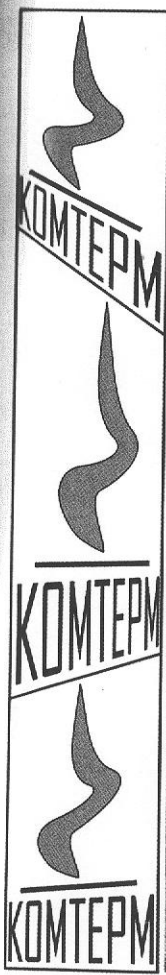


### Дуговые печи постоянного тока типа ДПС для стали и чугуна

Номинальная емкость печи, т	0,1	0,25	0,5	0,5	1,5	3,0	6,0	12	25	50
Мощность источника питания, кВА	140	400	630	1000	1600	3200	5110	10790	21580	51080
Время расплавления, мин	35	30	35	21	40	40	50	50	45	55

### Дуговые печи постоянного тока типа ДПА для алюминия и его сплавов

Номинальная емкость печи, т	0,015	0,05	0,2	0,4	0,8	1,5	3,0	6,0
Мощность источника питания, кВА	40	140	400	630	1000	1600	3200	5110
Время расплавления, мин	16	13	20	28	28	31	32	40



ООО «НПФ КОМТЕРМ» 105275, г. Москва, 5-ая ул. Соколиной Горы, д.18, корп.1  
Тел./факс: (495) 366-32-34, (495) 517-17-83; e-mail: comterm@comterm.ru; [www.comterm.ru](http://www.comterm.ru)