

Краткая история легирования стали и ферросплавного производства



Содержание

Раздел 1. Природно-легированная сталь	4
Раздел 2. Тигельная сталь. Технологические предпосылки для производства ферросплавов	6
Раздел 3. Революция в естествознании. Научные предпосылки для производства легированной стали	9
<i>Железо и медь</i>	10
<i>Железо и вольфрам</i>	10
<i>Железо и титан</i>	11
<i>Сплавы железа с кобальтом, молибденом и хромом</i>	12
<i>Исследования М. Фарадея и Дж. Штодарта</i>	12
<i>Исследования П.П. Аносова</i>	13
Раздел 4. Начало промышленного производства легированной стали	14
Раздел 5. Раскисление стали	16
Раздел 6. Тигельное производство ферросплавов	19
Раздел 7. Производство ферросплавов в вагранках	22
Раздел 8. Доменное производство ферромарганца, ферросилиция и феррохрома	24
<i>Ферромарганец</i>	24
<i>Ферросилиций</i>	26
<i>Феррохром</i>	27
<i>Проблемы производства доменных ферросплавов</i>	27
<i>Преимущества получения ферромарганца в электропечах</i>	28
Раздел 9. «Дредноуты» и «крупновские пушки»	29
Раздел 10. Ранняя история электропечей	33
Раздел 11. Рудовосстановительные электропечи	39
Раздел 12. Металлургия легированной стали и электропечных ферросплавов начала XX в.	42
<i>Производство ферросилиция</i>	42
<i>Производство феррохрома</i>	43
Раздел 13. Ферросплавное производство в России XIX в.	44
Раздел 14. Электросталеплавильное производство дореволюционной России	45
Раздел 15. Ферросплавное производство дореволюционной России. Завод «Пороги»	46
Раздел 16. Становление ферросплавной промышленности СССР в годы первых пятилеток	52
<i>Челябинский ферросплавный завод</i>	54
<i>Зестафонский ферромарганцовый завод</i>	56
<i>Днепропетровский ферросплавный завод</i>	56
<i>Дальнейшее расширение ферросплавных мощностей</i>	57
Раздел 17. Производство ферросплавов и ввод новых мощностей в годы Великой Отечественной Войны ..	58
<i>Перевод промышленности на «военные рельсы» и создание Восточной промышленной базы</i>	58

<i>Организация производства ферросилиция</i>	<i>59</i>
<i>Производство ферросплавов в доменных печах и обеспечение марганцевым сырьём.....</i>	<i>60</i>
<i>Организация производства феррохрома</i>	<i>61</i>
Раздел 18. Окончание формирования ферросплавной промышленности СССР в послевоенные годы	63
<i>Запорожский ферросплавный завод</i>	<i>63</i>
<i>Серовский ферросплавный завод</i>	<i>63</i>
<i>Стахановский ферросплавный завод</i>	<i>64</i>
<i>Ермаковский завод ферросплавов</i>	<i>65</i>
<i>Никопольский завод ферросплавов.....</i>	<i>67</i>
<i>Ключевской завод ферросплавов</i>	<i>68</i>
<i>Дальнейшее развитие ферросплавных мощностей</i>	<i>69</i>
Раздел 18. Видные организаторы ферросплавной промышленности и представители научных школ	70
<i>Константин Петрович Григорович</i>	<i>71</i>
<i>Яков Вениаминович Дашевский</i>	<i>72</i>
<i>Иван Фёдорович (Тевадросович) Тевосян</i>	<i>73</i>
<i>Александр Михайлович Самарин</i>	<i>75</i>
<i>Вячеслав Петрович Елютин</i>	<i>77</i>
<i>Василий Павлович Нахабин.....</i>	<i>78</i>
<i>Яков Самуилович Щедровицкий</i>	<i>79</i>
<i>Александр Николаевич Морозов</i>	<i>79</i>
<i>Марк Абрамович Рысс.</i>	<i>80</i>
<i>Михаил Иванович Гасик</i>	<i>80</i>
Раздел 19. Современное состояние и перспективы производства ферросплавов	81

Раздел 1. Природно-легированная сталь

Человек научился использовать легирующие элементы для улучшения качества стальных и железных изделий задолго до того, как узнал об их существовании – ещё до начала железного века использовалось метеоритное железо, содержащее до 8,5 % никеля. Более-менее осмысленное использование свойств легирующих элементов относится к эпохе Средневековья, и произошло это на славящемся своей высококачественной сталью Востоке. Проведённый в XX в. химический анализ стали, из которой изготовлено японское оружие XI-XIII вв., показал наличие в её составе молибдена. Сегодня хорошо известно, что сталь, легированная молибденом, обладает одновременно высокой твердостью, прочностью и вязкостью. Железистые пески рассыпных месторождений, из которых японские мастера получали кричное железо, содержали легирующие элементы. Работая с ними, японские мастера заметили, что, если брать руду в каком-то определённом месте, то сталь, сделанная из неё, обладает особым качеством. Подвергая полученную крицу сложной химико-термической обработке в средневековой Японии получали природно-легированную сталь, упрочнённую пластической деформацией и термомеханической обработкой.



Помимо молибдена использовались и другие элементы: повышенное содержание фосфора и меди встречается во многих образцах древних дамасков. Из хроник известно, что близ Дамаска существовала гора, состоящая из природного (теллурического) железа с примесями углерода (0,9-1 % (масс.)) и вольфрамита (8-9 % (масс.)), а также низким содержанием серы и фосфора – фактически это была природная быстрорежущая сталь Р9. Из металла этого месторождения местные мастера отковывали мечи и сабли, а позднее выплавляли тигельный вольфрамитовый булат. По данным польского специалиста И. Писковского («О стали Дамасской») к концу XVIII в. эта гора была полностью выработана.

Однако следует иметь в виду, что производство легированной стали из железа, получаемого в сыродутном горне – чрезвычайно трудоёмкий и длительный процесс. До появления доменной печи продуктом восстановления железных руд в горнах различных конструкций была крица – губчатая масса свежевосстановленного железа, пропитанная шлаком с включениями несгоревшего угля. Для удаления шлаковых включений, повышения плотности и придания железу формы, пригодной для дальнейшего передела, крицу несколько раз проковывали с получением железного по-

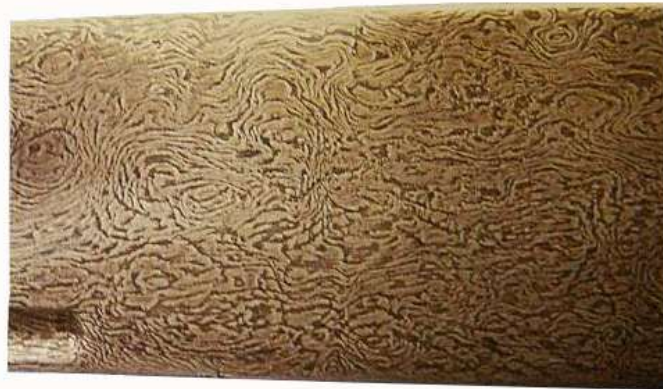
луфабриката. Однако, поскольку материал изначально находился в твёрдом (тестообразном) состоянии, добиться высокой однородности было невозможно. Так как отсутствовало перемешивание, легирующие элементы (в том числе углерод) распределялись по объёму металла неравномерно.



Например, японские мастера-металлурги для решения этой проблемы помещали полученную крицу в болотную землю, насыщенную кислотами. В течение 8-10 лет кислоты разъедали нелегированное железо, в результате чего получалась пористая масса легированного металла, которая уже использовалась для производства высококачественного оружия. Разумеется, такая технология не могла быть массовой – полученные с её помощью клинки были элитным оружием знаменитых воинов и правителей, вокруг их свойств складывались легенды. Только когда для получения стали начали применять тигли, в которых благодаря внешнему нагреву получался расплав, легирующие элементы смогли, наконец, показать всю свою мощь.

Раздел 2. Тигельная сталь. Технологические предпосылки для производства ферросплавов

Способ производства стали в огнеупорных горшках – тиглях – известен со времён Древнего мира. О нём упоминал ещё Аристотель в IV в. до н.э. Наиболее распространено производство тигельной стали было в странах Древнего Востока – Персии, Индии, Сирии, где она использовалась для производства холодного оружия, острых ножей и инструментов. В этом случае имело место «прямое» получение стали из руды, минуя стадию кричного железа, за счёт более высокой температуры. В некоторых регионах Азии тигельный способ производства железа (стали) из руд просуществовал до конца XIX в., а в кустарном металлургическом производстве применяется до сих пор. Расцвет производства тигельной стали высочайшего качества – так называемых вуца (вутца), дамаска или булата, приходится на V-XIII вв. Весьма вероятно, что некоторые мастера использовали при этом (тщательно охраняя свои секреты) добавки, вносящие в сталь легирующие элементы, однако достоверные сведения об этом отсутствуют.



*Один из многочисленных вариантов
узора булатной стали*

В Европе технология тигельного производства стали получила промышленное распространение в Великобритании, в знаменитом городе металлургов и кузнецов – Шеффилде. Создателем тигельного процесса в Европе стал английский часовой мастер Бенджамин Хантсмен (Benjamin Huntsman) (1704-1776 гг.). Конструируя и разрабатывая различные механизмы, Хантсмен испытывал большие трудности из-за плохого качества немецкой цементированной стали, которой пользовался. В частности, ему никак не удавалось найти подходящий металл для изготовления пружин и маятников. Это подтолкнуло его к поиску способа производства стали, превосходящей по качеству цементированную сталь, которая получалась при науглероживании железной заготовки, полученной при проковке крицы.

Ещё до начала своих опытов Хантсмен понял, что главный недостаток цементированной стали – её неоднородность по твёрдости (то есть по содержанию углерода) и загрязнённость шлаковыми и другими включениями. Исходя из этого, он пришёл к мысли о целесообразности переплавки цементированной стали в тигле, надеясь таким способом получить однородный, свободный от примесей металл. Опыты длились несколько лет, пока, наконец, не увенчались успехом. В 1740 г. Хантсмен построил в Атерклифе (предмесье Шеффилда) первый в мире сталелитейный завод, на котором изготавливали изделия и инструменты из тигельной стали. Этот год считается датой изобретения тигельного процесса.



Памятник производителям тигельной стали в торговом центре Meadowhall в Шеффилде



Тигли, инструменты для работы с ними и печь для плавки металла

По способу Хантсмана цементированную сталь переплавляли под слоем флюса из зелёного стекла в огнеупорном тигле, установленном в печи с естественной тягой и отапливаемой коксом. Продолжая работу над процессом, изобретатель убедился, что, добавляя в тигель различные материалы – графит, чугун, железо – можно получать сталь различной твёрдости, пригодную для разных изделий. Добавка этих материалов определяла различное содержание углерода в стали, что и давало разную твёрдость.

Хотя тигельная сталь и была дорогой, а процесс малопродуктивным (завод с 10 печами, если из них работали 7, мог производить 150 т стали в год), она долгое время оставалась единственным материалом для изготовления ответственных инструментов и деталей механизмов. Процесс её получения стал ведущим в производстве высококачественных сталей на протяжении почти двух столетий, вплоть до появления электросталеплавильного процесса.



*Завод Крупнов – одно из немногих предприятий, где получали крупные отливки
смешиванием стали из десятков тиглей*

Таким образом, в середине XVIII в. появилась принципиальная возможность использования легирующих элементов для улучшения свойств стали, однако о самих легирующих элементах ещё не было известно.

Раздел 3. Революция в естествознании. Научные предпосылки для производства легированной стали



Йенс Якоб Берцелиус

Период 1775-1825 гг. часто называют Революцией в естествознании. В это время были открыты около 40 химических элементов, в том числе кислород, марганец, хром, кремний. Разработаны методики тонкого химического анализа, позволившие определять содержание элементов в сплавах на уровне тысячных долей процента.

Детальный химический анализ железных руд, чугуна, сварочного железа, томлёной (цементированной) стали выполнял в начале XIX в. выдающийся шведский химик Йенс Якоб Берцелиус, установивший присутствие во всех железорудных материалах и сплавах железа, кислорода и фосфора (сера была детально исследована ранее Георгом Брандтом). Результаты были опубликованы в работах «Jahresbericht» и «Traite de

Chimi» (1832 г.). В них также содержатся данные полных химических анализов железных руд, чугуна и сварочного железа шведских предприятий (на все известные в то время химические элементы), а также результаты изучения сплавов железа с ванадием и танталом.

Выполненные в течение трёх десятилетий фундаментальные исследования позволили сформулировать основные теоретические положения о влиянии фосфора, серы и кислорода на свойства чугуна и стали, по существу не претерпевшие принципиальных изменений вплоть до настоящего времени. Их обобщил в сочинении «Eisenhüttenkunde» Карл Иоганн Бернард Карстен. Эта книга, первое издание которой было опубликовано в 1818 г., в истории металлургии рассматривается как образец одновременно и учебника и практического руководства по производству чёрных металлов. Карстен ввел в текст «Eisenhüttenkunde» раздел «Сплавы железа», который стал обязательным компонентом всех металлургических учебников XIX века. В этом разделе приводилась подробная информация о составе сплавов, физических свойствах, способах получения, областях применения. Карстен подробно исследовал сплавы железа с фосфором, кремнием, медью, свинцом, висмутом, сурьмой, марганцем, титаном и алюминием.

Наиболее важные результаты исследований сплавов железа конца XVIII – середины XIX в. приведены ниже.



Карл Иоганн Бернард Карстен

Железо и медь

Сплавы железа и меди изучали Ринман, Дэвид Мюшет, Штенгель и Карстен. Сплавы изготавливались «прямым» сплавлением меди с чугуном, сварочным железом и сталью (в тиглях) во всех пропорциях. Исследователи пришли к выводу о вредном влиянии меди на свойства стали и сварочного железа (красноломкость), и о положительном влиянии меди на свойства литейного чугуна в количестве до 5 % (здесь и далее – % по массе).

Одновременно исследовалось влияние железа на свойства бронзы и латуни. В 1779 г. Уильяму Керу был выдан патент на способ получения латуни, содержащей 54 % меди, 40 % цинка и 6 % железа. Сплав приготавливался в тиглях с использованием древесного угля под слоем флюса из зелёного стекла. Сначала сплавлялись медь и сварочное железо, затем под слой шлака добавлялся цинк. Подобные патенты выдавались неоднократно впоследствии вплоть до середины XIX в. в разных странах Европы. Наибольшее распространение железная (белая) латунь нашла в Германии, где она называлась *Aich-Metall*, и использовалась для обшивки судов.



Дэвид Мюшет

Железо и вольфрам

Большой интерес учёных эпохи Революции в естествознании вызвал вольфрам. В металлическом состоянии он был получен братьями Элюар в Испании в 1783 г. Элюары провели широкие исследования по изучению сплавов вольфрама, которые они получали в тиглях «с угольной набойкой». В тигли помещали оксиды вольфрама и исследуемые металлы, в том числе – чугун.



Пьер Бертье

Впоследствии к изучению сплавов вольфрама присоединился Бертье. Ему удалось получить сплавы с содержанием вольфрама до 37 %. Кроме того Бертье исследовал тройную систему, включавшую железо, марганец и вольфрам. Высокотемпературная обработка в угольном тигле шихты, состоявшей из руд изучаемых металлов, позволила получить сплав, включавший 16 % железа, 6 % марганца и 78 % вольфрама.

Усилия многих исследователей были подытожены английским инженером Окслендом, который в 1857 г. взял патент на получение железо-вольфрамовых сплавов. В тексте патента можно прочесть следующее: «Вольфрам, восстановленный из

волчеца (вольфрамовой руды) углеродом, может быть смешан с рудой в доменной печи, или с чугуном в вагранке, в количестве до 30 %. Сплав чугуна и вольфрама может быть применён в металлургической технике... Хорошую литую сталь можно получить, прибавляя к ней от 0,5 до 25 % вольфрама. Сплавы железа с вольфрамом могут быть очищены и превращены в литую сталь обыкновенным способом цементования». Фактически мы видим описание полного технологического цикла получения и применения ферросплава, используемого для легирования стали.

Запатентованная Оксендом технология получения и применения «ферровольфрама» была реализована в промышленном масштабе в Австрии (её внедрение приписывается профессору Майеру из Леобена) в 1859 г. Спустя 5 лет вольфрамовую сталь производили несколько предприятий Австрии и Германии (её использовали для изготовления снарядов и холодного оружия). В 1864 г. Зиверт опубликовал состав стали, выплавляемой на сталелитейном заводе в Бохуме. Она содержала от 1 до 3 % вольфрама и около 1 % углерода.



Металлургическая лаборатория XVIII в.

(слева – вагранка для расплавления металла, справа – разливка металла)

Железо и титан

Велер, Реле, Карстен, Гохштеттер исследовали влияние титана на свойства стали и чугуна. Было рекомендовано получать титанистую сталь, содержащую до 1 % титана, из чугуна, в который титан попадал из природно-легированных руд. Впоследствии, в период 1859-61 гг. Роберт Мюшет взял 13 патентов на различные способы получения и применения титановых сплавов же-

леза, включая производство «ферротитана» (тигельным способом) с последующим его использованием для получения легированной стали.

Сплавы железа с кобальтом, молибденом и хромом

Исследования проводились Бертье и Смитом. Сплавы получались тигельной плавкой гематитовой железной руды с оксидами и рудами исследуемых металлов. Содержание в сплаве кобальта достигало 55 %. Были установлены высокие магнитные свойства железокобальтовых сплавов. В отношении сплавов с молибденом Бертье отмечал, что их получение и свойства аналогичны сплавам вольфрама.

Бертье также впервые получил и исследовал сталь, содержащую до 17 % хрома, и установил её высокую стойкость к действию кислот. Бертье получал хромсодержащую сталь тигельным способом, используя шихту, состоящую из гематитовой и хромовой руды (хромистого железняка), древесного угля и известняка, «который насыщал кремнезём и глинозём минералов». Смит в лаборатории Лондонской горной школы провел классические модельные эксперименты, сплавляя в угольном тигле химически чистые гематит и оксид хрома. Он получил широкую гамму сплавов, в которых содержание хрома изменялось в пределах от 4 до 77 %, а железа, соответственно, от 96 до 23 %.

Исследования М. Фарадея и Дж. Штодарта

Подробные и методически выверенные исследования сплавов железа были выполнены выдающимся физиком Майклом Фарадеем и его коллегой Джеймсом Штодартom. Их результаты опубликованы в научном издании «The Quarterly Journal of science» за 1820 г. Фарадей и Штодарт изучали влияние на свойства стали, сварочного железа и чугуна никеля, золота, серебра, платины, родия, палладия, иридия, алюминия. Сплавы получали свариванием пакетов, полученных из скрученной проволоки чистых металлов. Содержание легирующих элементов довели до 10 %. Для получения больших количеств легированной стали и чугуна (при изготовлении холодного оружия или отливки небольших колоколов) использовали лигатуры, приготовленные в тиглях, и содержащие около 5 % легирующих металлов.

Была получена сталь, содержащая до 10 % никеля, и установлена её высокая стойкость к коррозии и «высокая магнитная сила». Для получения сплавов железа и алюминия в тигли помещали боксит (глинозём), хлориды железа, натрия и калия. Кристаллизовавшийся продукт обрабатывали слабой соляной кислотой. Получали сплав, содержащий от 20 до 80 % алюминия, который затем использовали для легирования железа в процессе пудлингования и при



Майкл Фарадей



Павел Петрович Аносов

ведомству повторить опыты Фарадея по сплавлению стали с платиной. Эта работа была поручена управляющему Златоустовским горным округом Павлу Петровичу Аносову, у которого к тому времени был уже солидный опыт по изучению качественных восточных клинков и который проводил исследования по получению булатной стали. Опыты заняли более года, в результате была получена сталь достаточно высокого качества, имеющая узоры, которые, однако, были отличны от булатных. В июне 1829 г. из Златоуста в Горный департамент поступили две сабли и один клинок, изготовленные из этой стали.

Следующие два года Аносов посвятил опытам по изучению влияния различных легирующих добавок на свойства стали. Помимо платинистых сталей, которые он изучал особенно тщательно, были изучены стали с добавками золота, серебра, марганца, хрома и титана. Аносовым были подробно описаны свойства сталей с различным содержанием этих элементов. Многие из них улучшали свойства стали, некоторые давали узоры, однако булата получить не удавалось.

Таким образом, в период Революции в естествознании усилиями исследователей многих стран была создана научная база и сформированы представления о влиянии легирующих элементов на качество стали, сварочного железа и чугуна.

выплавке дамасской стали тигельным способом. Выплавленная сталь, по словам Фарадея, обладала хорошими свойствами, особенно с добавлением платины. На основе полученных данных Фарадей, Бертье и их последователи объясняли свойства булата наличием посторонних примесей в стали: Фарадей – алюминия, платины и серебра, Бертье – хрома.

Исследования П.П. Аносова

В это же время на Урале были открыты месторождения платины, и министр финансов и Главноуправляющий Корпуса горных инженеров граф Егор Францевич Канкрин поручил горному

ЖУРНАЛЪ						
ОПЫТАМЪ, ПО ПРИГОТОВЛЕНІЮ ЛИТОЙ СТАЛИ И БУЛАТОВЪ, СЪ КРАТКИМИ ЗАМѢЧАНІЯМИ.						
№	Смѣшенія.	Вѣст.		Время плаванк.		Замѣчанія.
		фун.	час.	мин.		
1828 года.						
Марта.						
1	Рафинированной стали Флюсу: бутылочнаго стекла .	5	1	—	—	Тигель повредился, а металл не расплавился; что приписано жидкости шлака; почему къ спеклу прибавлено кирпичной глины.
2	Рафинированной стали Флюсу: глины $\frac{1}{2}$ стекла $\frac{3}{4}$	5	1	10	$\frac{1}{4}$	Сплавилась хорошо, но, по выливкѣ въ форму, не сплавилась. По обточкѣ оказалось много пузырей. Приписано доступу воздуха.
3	Рафинированной стали	5	1	15		Сплавилась, форма смазана саломъ.

Раздел 4. Начало промышленного производства легированной стали

Первым легирующим элементом, который стал применяться в промышленных масштабах, стал марганец. Соединения марганца, в первую очередь пиролюзит (MnO_2), были известны и применялись с древних времён. В чистом виде марганец впервые получили в 1774 г. шведские химики Карл Вильгельм Шееле и Юхан Готлиб Ган. Название «марганец» (*manganesium*) приняла в 1787 г. Французская комиссия по номенклатуре, но всеобщим оно стал лишь в начале XIX в. Позднее этот металл, чтобы не было путаницы с открытым Хэмфри Дэви в 1808 г. магнием (*magnasium*), переименовали в *manganium*. В России в первой половине XIX в. его называли «марганцовик», а позже «манганес», и использовали при изготовлении финифти пурпурного цвета. Название «марганец» утвердилось в середине XIX в., после перевода на русский язык нескольких популярных руководств и учебников по металлургии (прежде всего книг Валериуса и Перси).



Карл Вильгельм Шееле

В 1801 г. упоминавшийся выше Дэвид Мюшет – бухгалтер завода в Клайде (Шотландия), занимавшийся пробирным искусством (химическим анализом), обнаружил, что добавки марганца улучшают свойства стали. Д. Мюшет первым начал добавлять в тигельную шихту марганцевую руду с целью получения легированной стали.



Юхан Готлиб Ган

Часто можно прочесть, что эти добавки способствовали удалению из металла кислорода, ухудшающего качество стали (т.е. раскислению металла), однако это маловероятно. Дело в том, что тигельная сталь выплавлялась в небольших объёмах, а кроме того – под слоем шлака и в присутствии углерода, что минимизировало насыщение расплава кислородом. При выплавке тигельной стали марганец в первую очередь связывал и удалял из металла серу (даже гораздо позже Генри Бессемер утверждал, что марганец удаляет из металла произведённого по его способу серу, а не кислород), а кроме того служил легирующим элементом, повышающим прочность стали (если его содержание в ней превышало 1 %).

Первый патент на использование марганца при производстве чугуна и стали взял в 1816 г. Юхан Готлиб Ганн. В следующем, 1817 г., принципиально важный патент на «комплексное» использование легирующих элементов взял Дэвид Мюшет. В тексте патента указывалось, что привилегия получена на «прибавление и плавку со всякой смесью, дающей литую (тигельную) сталь, известного количества толчёного чугуна, очищенного железа и окиси марганца с хромовой рудой в порошке, с добавлением или без добавления толчёного волчеца (вольфрамовой руды) или вольфрамовой кислоты». Позднее появились и другие патенты. Однако по-настоящему массовым использование марганца стало с появлением в 1856 г. бессемеровского процесса, обязательной стадией которого стало «раскисление» стали.



Тигли для выплавки качественной стали начала XIX в.

Раздел 5. Раскисление стали

В ходе продувки жидкого чугуна воздухом при его «бессемеровании» получалась сталь, насыщенная кислородом, что приводило к её красноломкости. Поскольку металлурги середины XIX в. были прекрасно осведомлены, что за красноломкость стали ответственна сера, то и удалять её стали с помощью испытанного средства – марганца. Так как сера и кислород – близнецы-братья по химическим свойствам, то марганец отлично справлялся и с серой и с кислородом, что ввело на начальном этапе освоения бессемеровского процесса в заблуждение даже самого его изобретателя.

Генри Бессемер был абсолютно уверен, что красноломкость его стали обусловлена наличием серы, которая, как он вскоре выяснил, также не удаляется в ходе процесса. Не будь этого заблуждения, знай металлурги о присутствии в металле кислорода, попадавшего туда в ходе продувки чугуна воздухом, возможно, что и сама технология была бы похоронена на долгие годы. Только в конце 1860-х гг. было высказано мнение, что проблема заключается, в первую очередь в кислороде.



Сэр Генри Бессемер



Роберт Мюшет

Отдельную проблему представлял способ ввода марганца в металл. Большинство патентов на его применение к 50-м гг. уже истекли, однако в 1856 г. Роберт Мюшет, сын Дэвида Мюшета, продолживший дело отца и оставивший не менее значимый след в истории металлургии, взял 4 патента на применение марганца, расширенное толкование которых могло бы создать большую опасность для монополии Бессемера. Единственный способ защиты для Бессемера заключался в доказательстве отсутствия новизны в этой идее. По версии самого Бессемера идея применять марганец была им почерпнута из статьи Иосии Хита – известного английского металлурга, работавшего в Индии, в которой говорилось о повышении качества металла добавкой марганца.

Согласно патенту Мюшета, ввод марганца в сталь осуществлялся в составе шпигеля или «зеркального» чу-

гуна, получаемого с начала XIX в. в доменных печах путём добавки к шихте содержащих марганец шпатовых железняков, привозимых из Рейнской Пруссии (Штальберга). В результате получался сплав, содержащий 5-20 % (чаще от 7 до 12 %) марганца и 3,5-5,5 % углерода.

Шпигель, предложенный Мюшетом для ввода в сплав марганца, применявшийся и Бессемером для раскисления металла, обладал существенным недостатком – он содержал мало марганца и много углерода. Когда дело шло о выработке довольно твёрдых, углеродистых сортов стали, то в этом не было большой проблемы, но когда надо было получать мягкий низкоуглеродистый металл, например для котельных листов, то зеркальный чугуны совершенно не годился: вводя с его помощью достаточное количество марганца, одновременно вводили слишком много углерода.

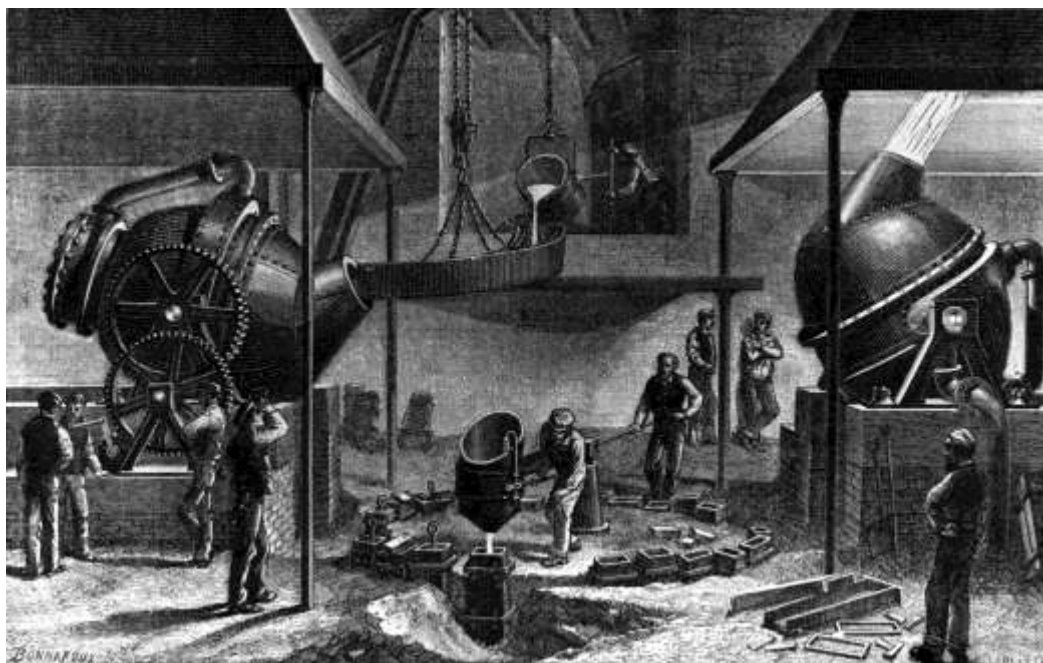
Как только выяснилось особое значение марганца для процесса, Бессемер поставил себе «задачей получить искусственную железо-марганцевую руду». Первые опыты окончились неудачей – Бессемер пользовался медеплавильной печью в своей лаборатории на Бакстер-стрит, температура в которой была слишком низка. Но долгий опыт работы с медными сплавами навёл его на мысль восстанавливать оксиды марганца в присутствии железа, одновременно сплавляя оба эти металла. В этих условиях процесс шёл при значительно более низкой температуре.

Реализация технологии тигельной выплавки ферромарганца была впервые осуществлена на практике фабрикантом Пригером в Бонне в 1863 г. Следуя предложениям Бессемера, Пригер производил сплавы в тиглях, которые наполнялись смесью дроблёного чугуна, марганцевой руды, толчёного бутылочного стекла и угольного порошка, и подвергались продолжительному нагреванию в горне с коксом или в печи Сименса, до полного расплавления содержимого. При этом получались сплавы, содержавшие до 60 % (обычно около 25 %) марганца, а также некоторое количество кремния и углерода. Способом Бессемера-Пригера пользовались на многих сталеплавильных заводах, однако вскоре от него отказались из-за высокой стоимости и существенных потерь марганца. Схожий способ предложил Вильямс, в качестве восстановителя использовались углеродсодержащие жидкости – нефть, смола, дёготь и т.п.

Одновременно развивались и другие способы. В 1862 г. Бессемер узнал, что большое количество марганца образовывалось на химическом заводе Тэнннатов в Шотландии в составе отходов производства хлора и белильной извести. Посетив предприятие, Бессемер изложил свою идею тамошнему химику Гендерсону и договорился с ним, что тот разработает соответствующий процесс. В 1863 г. Гендерсон взял патент на производство «ферромангана» (в России его называли обычно железо-марганцем) с содержанием марганца 20-25 %. В ходе дальнейшего развития процесса содержание марганца в сплаве было доведено до 35 %. Гендерсон производил ферроманган без использования тигля, непосредственно в регенеративных печах Сименса с углеродистой футеровкой.

Вообще содержание марганца в сплаве, независимо от способа производства, зависело от температуры, при которой шёл процесс – чем выше она была, тем больше марганца восстанавливалось. Кроме того следовало ограничивать поступление кремния, который способствовал перехо-

ду марганца в шлак. В 1868 г. на заводе в Тернуаре (Франция) в доменных печах производили ферроманган с содержанием марганца 80 %.



Выплавка стали в бессемеровском конвертере

В итоге в последней четверти XIX в. основным способом получения ферромарганца стала доменная плавка, также использовались небольшие шахтные печи, по конструкции схожие с доменными. Высокий уровень отработки технологии позволил уже в 1875 г. получать в доменных печах, дутьё которых нагревалось с помощью воздухонагревателя Каупера, сплав с 62-70 % марганца. К началу XX в. удалось достичь содержания марганца 90-94 % при 5-6 % углерода.

Таким образом, марганец, являясь с одной стороны относительно легковосстановимым металлом, который можно эффективно получать в доменной печи, а с другой стороны – элементом, связывающим серу и кислород в стали, стал первым «большим» ферросплавом, масштабно производимым для нужд чёрной металлургии.

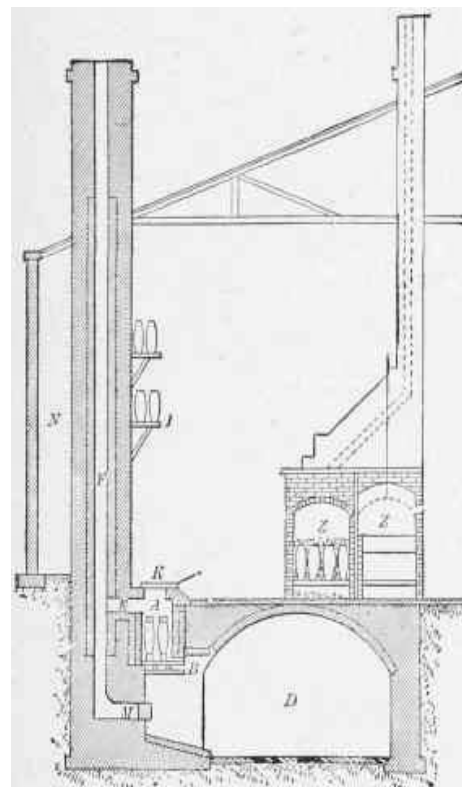
Также в доменных печах в конце XIX в. выплавляли ферросилиций и ферросиликомарганец (кремнистый железо-марганец или «ферро-манган-силициум» по терминологии того времени) с содержанием кремния до 10 % и марганца – до 30 % (хотя нередко были случаи получения сплава с содержанием этих элементов на уровне нескольких процентов). Существовали другие способы получения ферросилиция – например, восстановлением кремния из его соединений в тигле металлическим натрием (металлотермия), однако они требовали больших затрат и в промышленности не применялись.

Вообще же на первом этапе развития ферросплавного производства (1825-1870 гг.) основным способом получения легирующих добавок была тигельная плавка, однако таким образом можно было получить материал для производства среднего и мелкого масштаба.

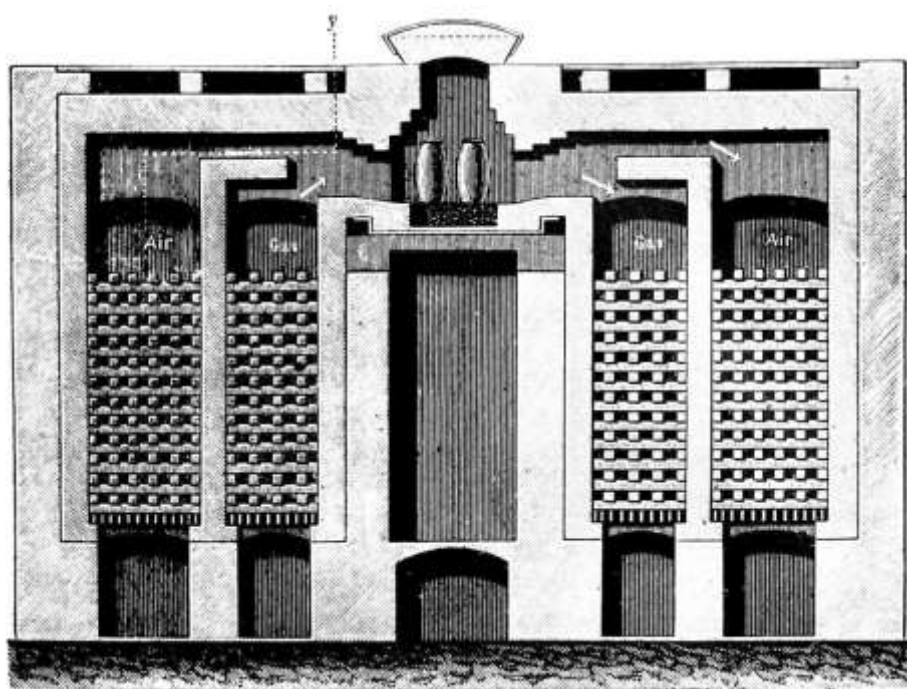
Раздел 6. Тигельное производство ферросплавов

Сплавы, содержащие трудновосстановимые элементы – хром, титан, вольфрам, никель – первоначально получали только тигельным способом. Согласно «Энциклопедии промышленных знаний» (1901 г.), «выплавка феррохрома из руды производится очень просто». Для этого вручную, с помощи лопаты, готовили смесь руды, 12-15 % древесного угля, 6-7 % истёртой в порошок смолы, около 5 % битого стекла и 10-12 % кварцевого песка. Полученную массу помещали в графитовые или глиняные тигли, оставляя место для тонкого слоя мелкобитого стекла и более грубых кусков древесного угля. После этого тигель закрывался крышкой, которую плотно примазывали к краям глиняной, оставляя в ней лишь небольшое отверстие для выхода газов.

Затем тигли помещались в регенеративную печь, как правило, конструкции Сименса (прообраз мартеновской печи), либо специально сконструированную для производства ферросплавов, например, конструкции Борхерса. Выплавленный таким образом феррохром получался в виде слитка («штыка») по форме соответствующего внутреннему профилю тигля. Аналогичным образом получали ферровольфрам.

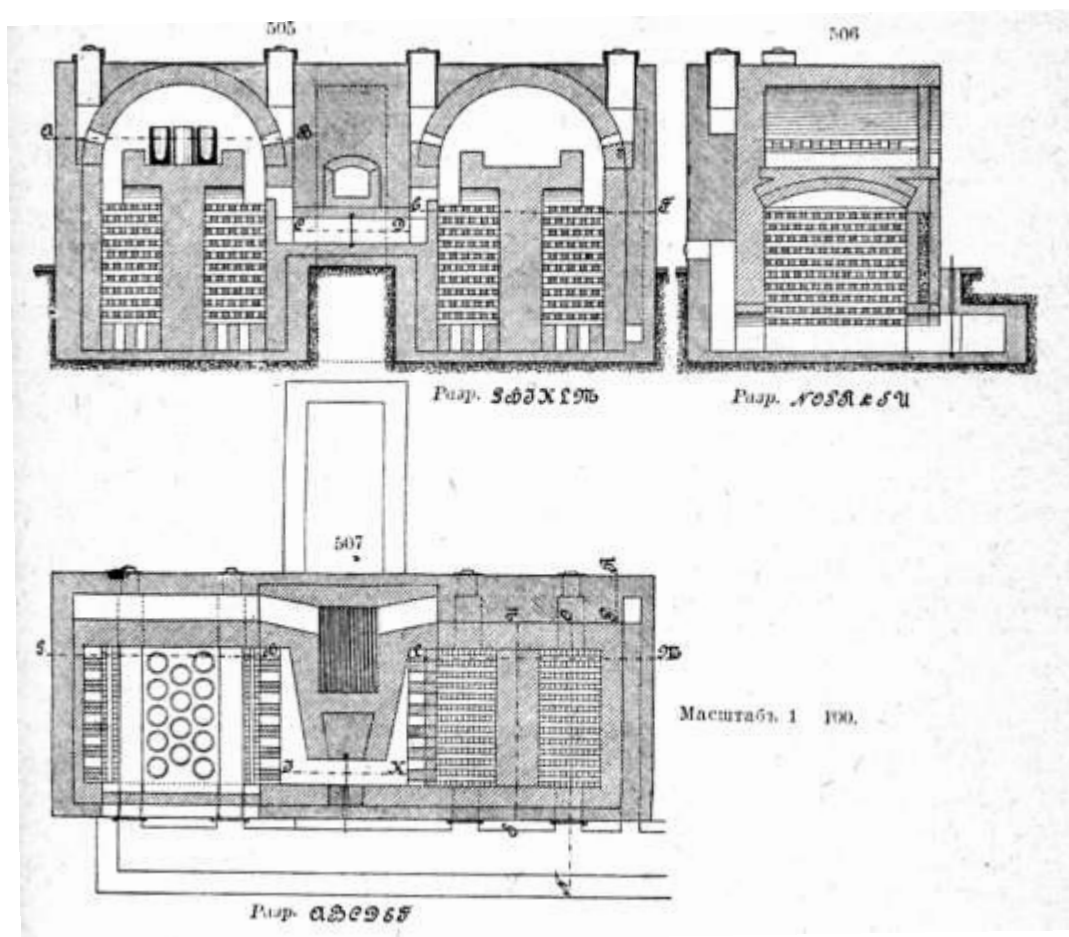


Печь для нагрева тиглей ранней конструкции



Печь конструкции Сименса с теплообменниками-регенераторами

Крупномасштабное производство феррохрома и хромистой стали было организовано в Германии: в Ганновере Бирманом в 1873 г. и на заводе Хальцера в 1875 г. Бруштлейном. В 1886 г. Гадфильд опубликовал подробные исследования о свойствах и способах производства железо-хромо-углеродистых сплавов.



Регенративная печь для выплавки феррохрома в тиглях конструкции Борхерса

Существовали более сложные схемы получения металлов, руды которых содержали большое количество примесей, либо содержание которых в рудах было низким. В этом случае сначала тем или иным способом получали промежуточный продукт с достаточно высоким содержанием производимого металла, а затем уже в тигле производили рафинирование полученного полупродукта. Таким образом производили, например, никель – различными способами, зависящими от типа используемой руды, получали черновой никель, который затем переплавляли в тиглях.

Применялись и другие способы получения, как ферросплавов, так и чистых металлов. Например, в 1854 г. удалось получить чистый металлический хром электролизом водных растворов хлорида хрома, аналогичным способом получали высокочистый никель. Однако в основном это было лабораторное либо мелкомасштабное производство – экономически целесообразно было производить ферросплавы в тиглях.

Главными проблемами тигельного производства были высокие затраты и низкая производительность. Поэтому уже в 1880-х гг. марганец- и кремнийсодержащие ферросплавы, которые применялись, в первую очередь, для раскисления стали, производили практически исключительно в доменных печах.

В начале XX в. тигельный способ производства применялся для получения мало- и безуглеродистых ферросплавов, прежде всего – малоуглеродистого ферромарганца. Силикотермический метод получения малоуглеродистого ферромарганца запатентовали в 1893 г. Уильям-Фауст Грин и Уильям Генри Уэль. Однако из-за высокой цены малоуглеродистого ферромарганца спрос на него был чрезвычайно мал, и потому силикотермический метод производства малоуглеродистого ферромарганца долгое время не находил промышленного применения. Он был востребован лишь после Первой Мировой войны.

В первой половине XX в. для производства малоуглеродистого ферромарганца (и других безуглеродистых ферросплавов) использовались алюминотермический и силикотермический методы.

Алюминотермический метод применяется, главным образом, для получения металлического марганца. В подогретый магнезитовый тигель загружали хорошо перемешенную смесь порошкообразных оксидов марганца и металлического алюминия. Процесс инициировали с помощью специальной зажигательной смеси в отдельном участке тигля. При повышении температуры оксиды марганца начинали реагировать с алюминием. За счет теплоты этой экзотермической реакции активно нагревались соседние участки в тигле, и там точно так же происходило восстановление марганца. Тепловой эффект горения алюминия столь велик, что в очень короткое время все содержимое тигля нагревалось до высокой температуры без подвода тепла извне, что обеспечивало практически полное восстановление оксидов марганца. В учебнике «Теория и практика выплавки ферросплавов в электропечах» (1934 г.) отмечалось: «метод этот не требует сколько-нибудь заметных капитальных затрат: оборудование состоит из одного лишь тигля, не нагреваемого ни током, ни газом, ни другим источником тепла».

Для получения малоуглеродистого ферромарганца в промышленном масштабе пользовались классическими силикотермическими методами Джина и Беккерта. По способу Джина процесс получения малоуглеродистого ферромарганца осуществлялся в две стадии: сначала получение силикомарганца, содержащего незначительное количество углерода, затем рафинировка силикомарганца от кремния марганцовой рудой. По способу Беккерта оксиды марганца восстанавливались богатым ферросилицием. Сложный метод Джина, при котором сначала кремний восстанавливали, чтобы получить силикомарганец с содержанием около 30 % кремния, а затем окисляли и переводили в шлак, имел целью достижение минимально возможного содержания в сплаве углерода.

Раздел 7. Производство ферросплавов в вагранках

Распространенным способом получения ферросплавов тугоплавких металлов, прежде всего феррохрома и ферровольфрама, в конце XIX – начале XX в. была плавка в вагранке – небольшой шахтной печи, схожей по конструкции с доменной. Данная технология просуществовала до середины XX в., и широко применялась в случаях ограниченности ресурсов электроэнергии. В частности, ваграночная выплавка феррохрома и ферровольфрама применялась в СССР и имела характерные технологические особенности.



Вагранки XIX в. в музее Hüttenwerk Peitz (г. Пайц, Германия)

Выплавка феррохрома и ферровольфрама в вагранках велась «на козла» – т.е. полученный сплав ввиду своей тугоплавкости не вытекал в жидком виде из печи, а оставался внутри неё в виде слитка – «козла». Вагранки устраивались с откидным дном для удобства извлечения слитка.

Плавку феррохрома вели на брикетах, состоящих из кокса, хромита, соды и смолы. Воздушное дутьё предварительно нагревали до 400-500 °С. Плавку вели до тех пор, пока «козёл» не затянёт фурм для подачи воздуха, которые устраивались в три ряда по высоте вагранки (на фото представлена вагранка с одним рядом фурм).

За одну плавку получали около 3 т феррохрома. Длительность кампании, включая время на охлаждение и футеровку вагранки, составляло около 7 дней. Расход кокса достигал 5-6 т на тонну феррохрома.

Плавка ферровольфрама осуществлялась также «на козла», получали сплав с содержанием вольфрама 78-84 %. Содержание углерода обычно составляло 0,1-0,7 %, столько же марганца и кремния; доля меди, олова и серы – менее 0,1 % для каждого компонента.

Реакция восстановления вольфрама углеродом из минералов (вольфрамита, шеелита) при этом шла очень быстро, поскольку конечные продукты процесса энергично уходят из системы: образующийся СО – удаляется с отходящими газами, а частицы ферровольфрама, обладающие громадным удельным весом по сравнению со шлаком (удельные веса 16,0 и 3,0), легко осаждаются на подину и, наплавляясь, образуют там «козёл». При этом верхний слой «козла» на подине вагранки представляет собой металлическое «болото», растворяющее вольфрам и железо. При нормально идущем процессе перегретые, подвижные частицы шлака, запутавшиеся в «козле», легко всплывают, и сплав получается монолитным. Поэтому после окончания плавки осуществляли выдержку для освобождения «козла» от включений.

При чрезмерно горячем процессе происходило восстановление значительного количества нежелательных примесей, в частности кремния и углерода. По этим причинам выплавка из руды ферровольфрама с содержанием больше чем 84 % вольфрама не осуществлялась. Сплав был настолько тугоплавок, что его трудно было получить монолитным (без включений) или чистым по кремнию.

Получавшийся шлак с высоким содержанием WO_3 возвращался в процесс на переплав.

Раздел 8. Доменное производство ферромарганца, ферросилиция и феррохрома

Ферромарганец

В первом отечественном учебнике по ферросплавному производству «Теория и практика выплавки ферросплавов в электропечах» (Григорович и др., 1934 г.) отмечалось:

«По своему значению для производства стали ферромарганец занимает первое место в ряду ферросплавов. В качестве раскислителя он применяется в производстве всех сортов стали. Расход ферромарганца на раскисление определяется довольно точно цифрой в 0,9 % от веса стали в слитках. Марганец вводится также в сталь в качестве легирующей примеси: самостоятельно или совместно с другими элементами.

В качестве же раскислителя стали марганец практически незаменим.

Специальные стали, содержащие марганец, иногда уступают по качеству другим легированным сталям с содержанием хрома, никеля и т.д. Это имеет место для некоторых нержавеющей, жароупорных и других сталей. Но, учитывая дешевизну марганца и его относительно большое распространение по сравнению с другими легирующими элементами, надо подчеркнуть его значение в производстве специальной стали в качестве специальной добавки, придающей особо ценные свойства.

Ферромарганец выплавляется до сих пор в большинстве стран в доменных печах. Объясняется это отсутствием дешёвой электрической энергии вблизи месторождений марганцевой руды. Только в некоторых странах условия достаточно благоприятны для развития электроплавки ферромарганца».

Из приведённой цитаты хорошо видно, что доменная плавка оставалась основным способом получения ферромарганца практически до середины XX в. Сама же технология производства ферромарганца в доменных печах была отработана уже к 1880 г. (как это отмечалось выше). Рассмотрим технологию производства ферромарганца в доменных печах в конце XIX в.

Первым необходимым условием для обеспечения приемлемого уровня содержания марганца в сплаве был подогрев воздушного дутья, подаваемого в печь. По мнению профессора Окермана, одного из основоположников «доменной науки», доменная печь, работающая на древесном угле, используя слабо нагретое дутьё, не может постоянно давать сплав, содержащий даже 50 % марганца. Для получения же сплава, содержащего до 80 % марганца, необходимо использовать в качестве топлива каменноугольный кокс, при этом температура дутья должна составлять 700-800 °С (достигается при помощи воздухонагревателей Каупера или Витвееля).

Наиболее удобным сырьём для выплавки ферромарганца были железисто-марганцевые руды с известковистой пустой породой, встречающаяся на восточном побережье Испании, в Италии и в некоторых других странах, с содержанием от 10 до 15 % железа и 25-30 % марганца. Там, где подобные руды отсутствовали, проплавливали смесь железных руд с настоящими марганцевыми рудами или соединениями марганца, полученными искусственно. Для получения сплавов с высоким

содержанием марганца использовали богатые марганцевые руды, содержащие ограниченное количество железа.



Из-за тяжёлых условий работы для выплавки ферросплавов зачастую использовали доменные печи наиболее простой конструкции – огнеупорная кладка скреплялась железными обручами. Это позволяло с минимальными затратами проводить капитальные ремонты

Шихта составлялась таким образом, чтобы получающиеся шлаки были основными (доля основных оксидов больше доли кислых), причём с ростом содержания марганца увеличивали и содержание основных оксидов в шлаке. Содержание марганца в сплаве влияло и на производственные показатели – помимо увеличения расхода топлива, сокращалась (довольно существенно) производительность печи. При этом вне зависимости от условий плавки и технологических ухищрений, не более 75-80 % марганца, поступающего с шихтой, переходило в сплав; остальная часть его переходила в шлак и частично улетучивалась с колошниковыми газами. Однако чем выше было содержание в исходной шихте марганца, тем меньшее относительное количество этого металла

уходило в шлак. Улёт марганца с колошниковыми газами был тем значительнее, чем выше температура в печи и чем богаче марганцем шихта.

Содержание в сплаве марганца, кремния и железа сильно зависело от свойств шихтовых материалов и технологических параметров процесса, что хорошо видно на примере работы двух европейских заводов.

На заводе в Тернуаре (Terre-noire, Франция) выплавка ферромарганца велась в обыкновенной доменной печи высотой 16 м и ёмкостью (полезным объёмом) около 100 м³ при температуре дутья 600-750 °С с использованием богатых марганцем руд, привозимых из Испании, с о-ва Сардиния, а также из департамента Соны и Луары. При этом получаемый сплав фактически представлял собой ферросиликомарганец и имел следующий состав (образцы были выставлены в 1878 г. на выставке в Париже):

Элемент	Содержание в ферросплаве, % (масс.)			
Железо	66,75	71,50	79,00	85,50
Марганец	20,50	19,50	13,00	6,55
Кремний	10,20	7,45	5,45	5,55
Углерод	2,65	2,65	2,30	2,10
Фосфор	0,185	0,178	0,145	0,140

Доменная печь в Крайне (современная Словения) высотой 17,2 м, работающая с повышенным давлением и с дутьём температурой около 600 °С, использовала шихту, составленную из местных шпатовых железняков (обожжённых) и из марганцевых руд, добываемых в окрестностях местечка Vigounsica. Также в шихту добавляли немного известкового флюса и оборотных шлаков. При этом получались сплавы следующего состава:

Элемент	Содержание в ферросплаве, % (масс.)					
Железо	43,55	45,90	48,14	53,39	63,27	73,26
Марганец	50,05	48,06	45,42	40,28	30,51	20,3
Углерод	5,73	4,61	4,80	4,90	4,96	5,19
Кремний	1,98	0,92	0,91	0,86	0,79	0,85
Алюминий	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Кальций	0,01	0,11	0,07	0,06	0,05	0,09
Сера	—	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Фосфор	0,26	0,32	0,34	0,36	0,38	0,31

Ферросилиций

Основными условиями получения кремнистого чугуна и ферросилиция были следующие: высокий нагрев дутья и расход горючего; кремнистые шлаки при работе на древесном угле и глиноземистые основные шлаки для хода на коксе; легковосстановимые небогатые руды с трудноплавкой пустой породой, свободный кремнезем которой равномерно распределен во всей массе оксидов железа.

В упомянутом выше учебнике «Теория и практика выплавки ферросплавов в электропечах» (1934 г.) отмечалось, что «при выплавке ферросилиция с 12 % кремния расход кокса уста-

навливается в 2,5-2,75 раза больше нормального. Отсюда видно, что расход горючего в доменной печи растёт не пропорционально увеличению концентрации кремния в сплаве, а в значительно большей степени. При достижении отношения железа к кремнию около 4:1 (кремния в сплаве около 20 %) дальнейшее увеличение расхода горючего не приводит к увеличению содержания кремния в сплаве, и поэтому более богатый ферросилиций получить в доменной печи нельзя, для этого требуется электропечь». Обычно в доменной печи выплавляли ферросилиций с 12-13 % кремния.

Выплавка ферросилиция в доменных печах производилась сравнительно редко, так как вследствие предельно горячего хода происходил быстрый износ футеровки печи. Поэтому, как правило, ферросилиций плавил в конце кампании перед окончательной выдувкой доменной печи для капитального ремонта.

Феррохром

Первые попытки получения феррохрома в доменных печах были сделаны ещё в середине XIX в. Несмотря на то, что восстановление оксидов хрома в доменной печи идёт достаточно полно, температурные условия не позволяют получить сплав с высоким содержанием хрома. Феррохром, выплавленный в доменной печи, содержит от 30 до 40 % хрома, сплав же с более высоким содержанием хрома настолько вязок, что не выходит из горна. Содержание углерода в феррохроме всегда было высокое – от 6 до 12 %.

По этим причинам к выплавке феррохрома прибегали лишь в особых условиях – например, эта технология эпизодически применялась на Урале в годы Великой Отечественной Войны.

Проблемы производства доменных ферросплавов

Использование доменных печей для выплавки кремний- и марганецсодержащих сплавов снимало проблему низкой производительности, характерную для тигельной и ваграночной плавки ферросплавов. Однако себестоимость сплавов оставалась очень высокой из-за особенностей технологии и высоких потерь марганца. Так как температура в рабочем пространстве агрегата должна была быть как можно более высокой расход топлива (кокса или древесного угля) достигал 3 т/т чугуна, а разгар горна был столь интенсивным, что, например, на Нижнетагильском заводе его делали сменным – выкатывающимся на специальной тележке по рельсам. Как уже отмечалось выше, из-за высокой температуры значительная часть марганца терялась с отходящими газами (при содержании в сплаве марганца более 80 % – до 20 % от его поступления в печь). Кроме того, содержание оксида марганца в шлаке иногда превышало 15 %, и потери марганца со шлаком достигали 12 % от общего содержания марганца в шихте. Таким образом, общие потери марганца в доменной печи достигали 27-32 %, а переход марганца в ферросплав составлял 68-73 % от общего количества его в шихте.

Преимущества получения ферромарганца в электропечах

Реакции восстановления марганца из руды и общий ход процесса получения ферромарганца в электропечи аналогичны процессам, протекающим при выплавке ферромарганца в доменной печи. Принципиальное отличие заключается в том, что при электроплавке топливо расходуется только на восстановление, и количество его на 1 т ферромарганца составляет примерно четверть расходуемого в доменной печи при одном и том же качестве. Отсюда вытекает следующее:

- 1) количество золы и вредных примесей, вносимых топливом, при электроплавке примерно вчетверо меньше, чем в доменной печи;
- 2) количество шлака и потери с ним марганца при электроплавке существенно меньше;
- 3) в электропечи можно применять восстановитель более низкого качества с большим содержанием золы, чем в доменной плавке.

В результате доменная печь уступает электропечи как по полноте извлечения марганца из руды, так и по качеству получаемого продукта. Поэтому с появлением в начале XX в. промышленных электропечей основной объём производства ферромарганца постепенно стал выплавляться с их помощью, хотя способ производства углеродистого ферромарганца в доменных печах используется и в наши дни.

Раздел 9. «Дредноуты» и «крупновские пушки»

А теперь зададимся вопросом: зачем понадобились ухищрения, связанные с получением ферросплавов, если раньше получали железо и сталь без них?! Марганец и кремний, как уже отмечалось выше, были необходимы, в первую очередь, для раскисления литой стали (то есть стали, получаемой в жидком виде). Причём они использовались как при выплавке бессемеровской и томасовской стали, так и мартеновской «спокойной» (плотной) стали. Необходимость применения прочих ферросплавов была обусловлена двумя факторами – потребностью стремительно развивающейся промышленности в материалах с особыми свойствами и начавшейся после Крымской войны гонкой вооружений – «спором брони и снаряда».

Как уже говорилось выше, к концу первой четверти XIX в. было изучено влияние на свойства стали большинства используемых поныне легирующих элементов. Однако практическое применение этих знаний ограничивалось тем, что использовать их можно было только при производстве стали в тиглях небольшого объёма (а предварительно их самих надо было произвести в тех же тиглях), что, безусловно, делало процесс производства особенно крупных изделий неэффективным как с технологической, так и с экономической точки зрения.

Ситуация изменилась во второй половине XIX в., когда благодаря разработкам Бессемера (конвертер с кислой футеровкой), Томаса (конвертер с основной футеровкой), Сименсов (регенеративная печь) и Мартенов (использование регенеративной печи для выплавки стали) стало возможно производить литейную сталь в больших объёмах.

В 1864 г. Роберт Мюшет ввёл в сталь как легирующую добавку около 5 % вольфрама. Сталь, вошедшая в историю металлургии под названием «самокал Мюшета», могла выдерживать красное каление, не только сохраняя, но и увеличивая свою твёрдость, т.е. обладала свойством



Роберт Аббот Гадфильд

«самозакалки». Резцы, изготовленные из «самокала Мюшета», позволили в 1,5 раза повысить скорость резания (с 5 до 7,5 м/мин.). В дальнейшем содержание вольфрама в стали и соответственно скорость резания непрерывно возрастали. В 1907 г. был разработан стеллит – сплав вольфрама, хрома и кобальта с небольшим содержанием железа, который дал возможность повысить скорость резания до 45 м/мин.

Вехой в истории использования марганца стал 1882 г., когда английский металлург Роберт Гадфильд (Robert Abbot Hadfield) выплавил сталь с высоким содержанием этого элемента (точнее, он

был владельцем предприятия, где проводилась эта работа). «Сталь Гадфильда», содержащая 11-14 % марганца и около 1 % углерода, обладала повышенной стойкостью к ударам и истиранию и использовалась для производства сейфов, решёток, стрелочных переводов, в дробилках Блэка, шаровых мельницах и других механизмах, работавших с высокими ударными нагрузками.

Однако наиболее широкое применение легирование нашло в военной промышленности. История брони из углеродистой стали закончилась в 1889 г., когда Шнейдер впервые использовал никель при производстве стальной брони. Количество никеля в первых образцах менялось от 2 до 5 %, но, в конце концов, установилось на уровне 4 %.

Никель имеет свойство сильно повышать вязкость стали. При одинаковых ударных нагрузках броневые плиты из никелевой стали не растрескиваются и не отслаиваются осколками, как это бывает с чисто углеродистой сталью. Кроме того, никель облегчает термообработку – при закалке никелевая сталь меньше коробится. Таким образом, вслед за марганцем был «пристроен» и никель, а вслед за ним и хром.

Если добавление никеля увеличивает вязкость стали и позволяет при соответствующей обработке получать волокнистую структуру, то хром ещё более увеличивает твёрдость, обеспечиваемую углеродом, не увеличивая при этом хрупкость. Хром также делает сталь особенно чувствительной к термообработке, что облегчает финишную закалку.

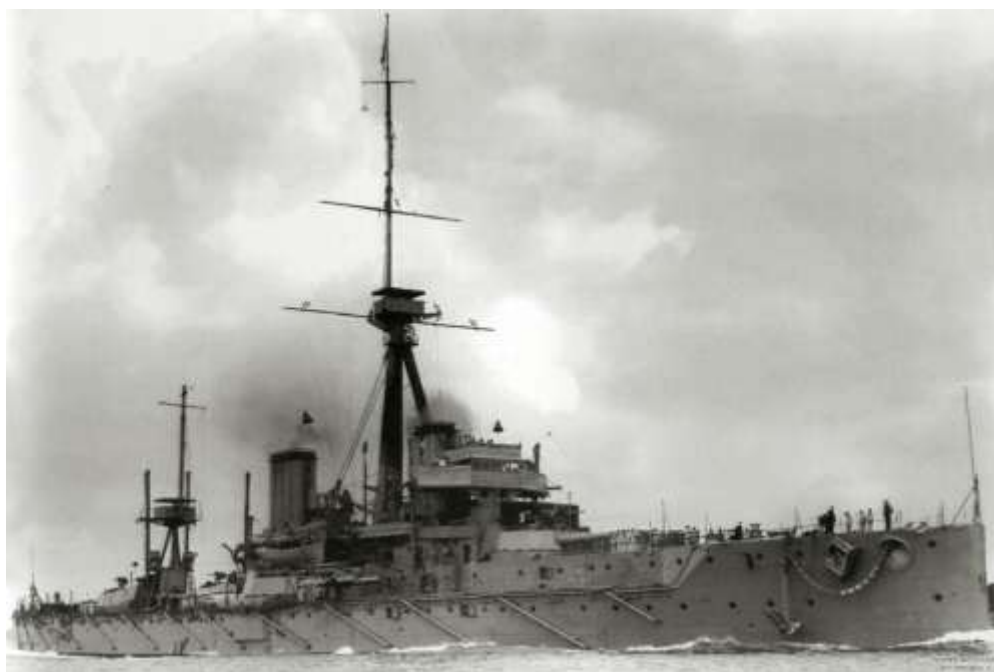
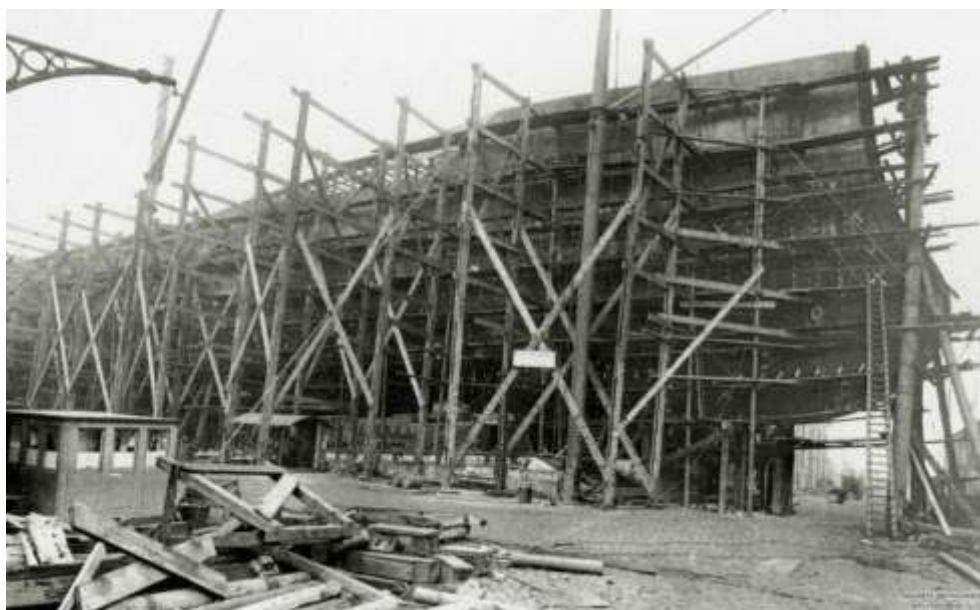


Ковка броневой плиты с помощью парового молота, США, начало XX в.

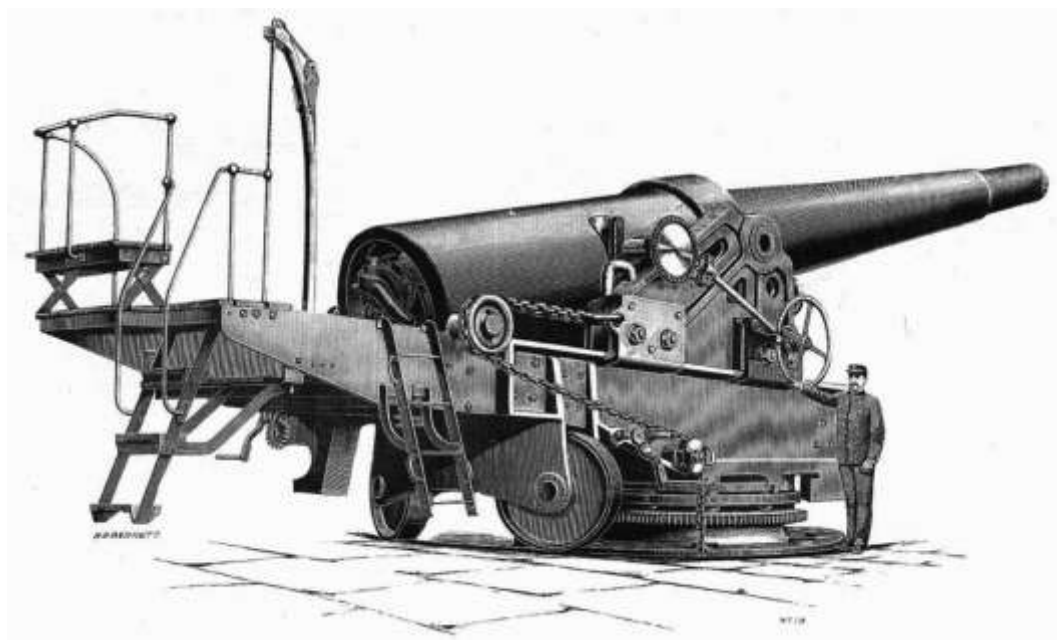
Первый патент на хромистую сталь был выдан в 1865 г. Его масштабное применение началось в 80-х годах XIX в. (сначала для легирования небольших стальных отливок). Выяснилось, что

полученный сплав при соответствующей термообработке, получает значительную твёрдость. Однако металлурги, несмотря на постоянные усилия, не могли получить большие слитки хромоникелевой стали и соответствующим образом обрабатывать их, пока в 1893 г. германский промышленник Крупп не решил эту проблему.

Не отставало от оборонительного вооружения и наступательное: германские инженеры заметили, что наличие в стали вольфрама существенно повышает стойкость орудийного ствола. Так, в годы I мировой войны лёгкие германские пушки выдерживали до 15 тыс. выстрелов, в то время как русские и французские орудия выходили из строя после 6-8 тыс. выстрелов. Всё это привело к колоссальному росту объёмов производства стали, в первую очередь легированной для нужд военной промышленности – на рубеже веков термины «дредноут» и «крупповская пушка» стали нарицательными.



Британский линейный корабль HMS «Dreadnought» на стапеле и в походе



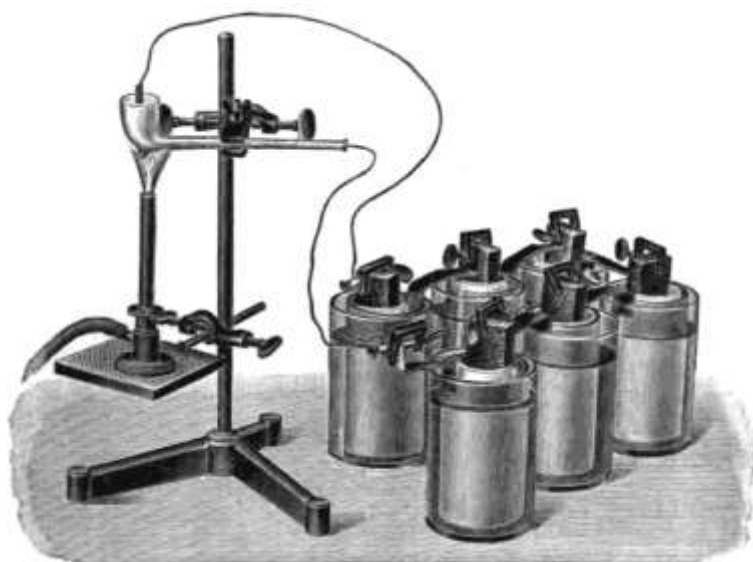
Береговое орудие Круппа

Естественно, этот процесс не мог не отразиться на объемах потребления ферросплавов и руд, используемых для их выплавки. Например, если в 1890-х гг. в мире ежегодно добывалось 200-300 т вольфрамовой руды, то уже в 1910 г. её добыча составила 8 тыс. т, а в 1918 г. – 35 тыс. т. Конечно же, 140-кратное увеличение объемов производства за 20 с небольшим лет было обусловлено не только существенным увеличением спроса на ферросплавы – в это время был разработан (точнее доведён до промышленной реализации) принципиально новый способ производства сплавов, который позволил отказаться от малопродуктивных тиглей и вывести ферросплавное производство на новый уровень – электроплавка.

Раздел 10. Ранняя история электропечей

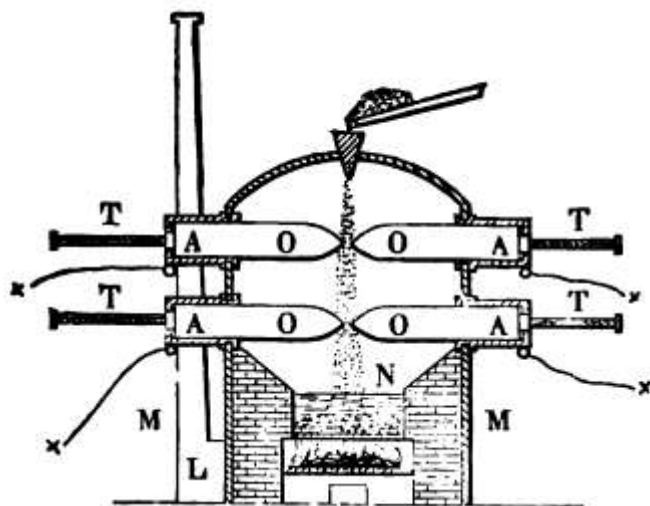
Первые исследования, позволившие в дальнейшем разработать промышленные электросталеплавильные агрегаты, были проведены ещё в XVIII в. В 1753 г. академик Петербургской академии наук Георг Вильгельм Рихман доложил о возможности применения электрических разрядов для плавления металлов. Позднее, в 1782 г., немецкий физик Герг Кристоф Лихтенберг сообщил о том, что с помощью искрового разряда ему удалось расплавить и соединить тонкие стальные пластинки и проволоочки.

В конце 1799 г. Алессандро Вольта создал гальваническую батарею: первый «вольтов столб» состоял из 20 пар медных и цинковых кружочков, разделенных суконными кружочками, смоченными соленой водой. Это дало возможность учёным проводить исследования, используя стабильный источник электрического тока. В 1801 г. Л. Тенар установил, что платиновая проволока нагревается электрическим током, а в 1802 г. Василий Владимирович Петров открыл электрическую дугу и впервые показал возможность использования электроэнергии для проведения технологических процессов, осуществив с помощью электрической дуги нагрев и плавление различных металлов, а также восстановление металлов из оксидов. Наконец, в 1812 г. Хэмфри Дэви разработал первые лабораторные электропечи сопротивления с прямым и косвенным нагревом, и использовал их для исследования свойств щелочноземельных и благородных металлов. В 1839 г. Р. Хар (Великобритания) изготовил электропечь, накрытую колоколом, в которой создавал вакуум. Хар впервые осуществил разделение металлов, испаряя их энергией от гальванической батареи.

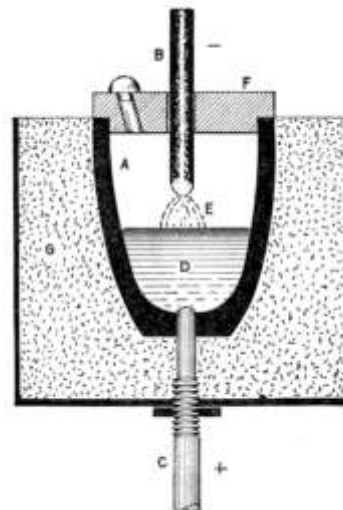


Гальванические батареи – источник электричества для лабораторных опытов

В середине XIX в. появляются лабораторные дуговые электропечи Сименса, Дебре, Пишонна и Джонсона. Почти до конца XIX в. дуговые печи, хотя их конструкций было предложено около десятка, не выходили за пределы лабораторий ввиду отсутствия мощных источников электроэнергии.



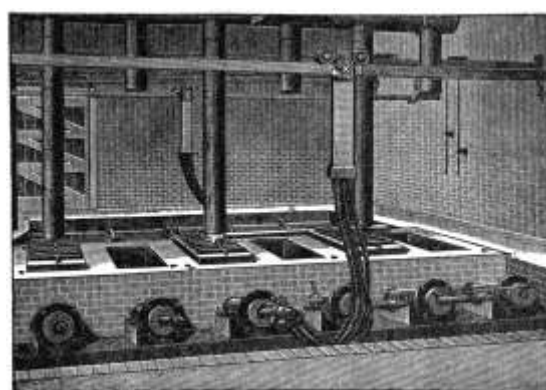
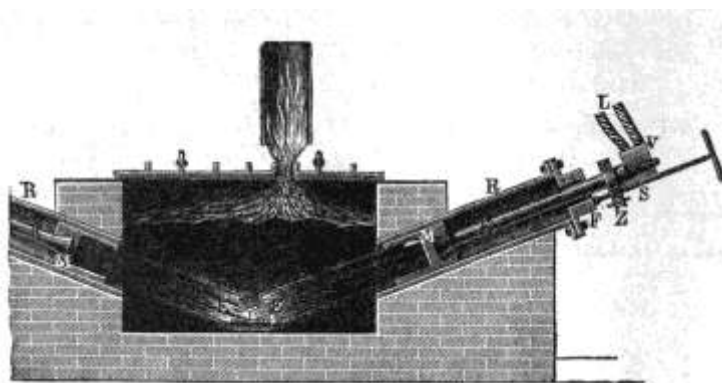
Конструкция печи Пишона



Конструкция печи Сименса

В 1883 г. Ч. Бадлей разработал процесс электроплавки в гарнисаже, при котором плавильное пространство печи ограничивалось самой шихтой. Руда на угольной подушке подключалась под положительный потенциал и плавилась в зоне вокруг электрода. Нерасплавленная руда и остывший, затвердевший сплав – гарнисаж – служили футеровкой печи. В дальнейшем некоторые принципы этой разработки были применены при создании рудовосстановительных печей.

Д. Напьеру в 1884 г впервые удалось получить слиток из металла, расплавленного электричеством. Сделал он это в тигле с металлическим водоохлаждаемым днищем, подключенным к отрицательному полюсу батареи, положительный полюс которой был соединён с металлическим диском, находящимся на поверхности расплавленного металла.



Электропечь братьев Коулесс

Электропечь американских изобретателей братьев Коулесс для получения алюминия впервые в истории техники нашла широкое производственное применение. В пространстве печи устанавливались два держателя с угольными электродами, подключёнными к полюсам динамомшины. В печь загружали послойно древесный уголь, глинозём, измельчённую медь. Такие печи с не-

большими усовершенствованиями работали с 1884 г. восемь лет до тех пор, пока не был внедрен электролизный метод получения алюминия.



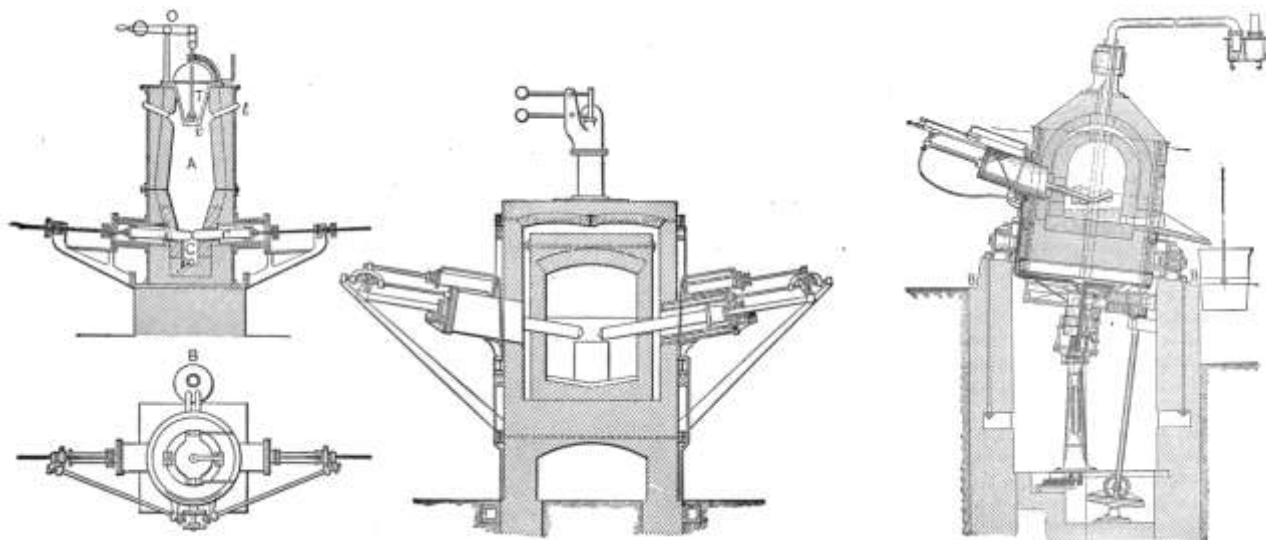
Анри Муассан и его лабораторная дуговая печь

В 90-е годы XIX в. конструкция электропечей быстро совершенствовалась. Французский химик А. Муассан разработал дуговую электропечь с косвенным нагревом. При таком способе дуга горит между двумя электродами, в то время как при прямом нагреве – между электродом и металлом. Муассан предложил управлять дугой с помощью магнита, расположенного вне печи, что позволило получить высокую концентрацию энергии. Благодаря этому Муассаном были восстановлены из оксидов хром, вольфрам, ванадий, титан, молибден, уран – металлы, которые до того

считались невозможными. Муассан также доказал, что в дуге любые металлы не только плавятся, но и испаряются.

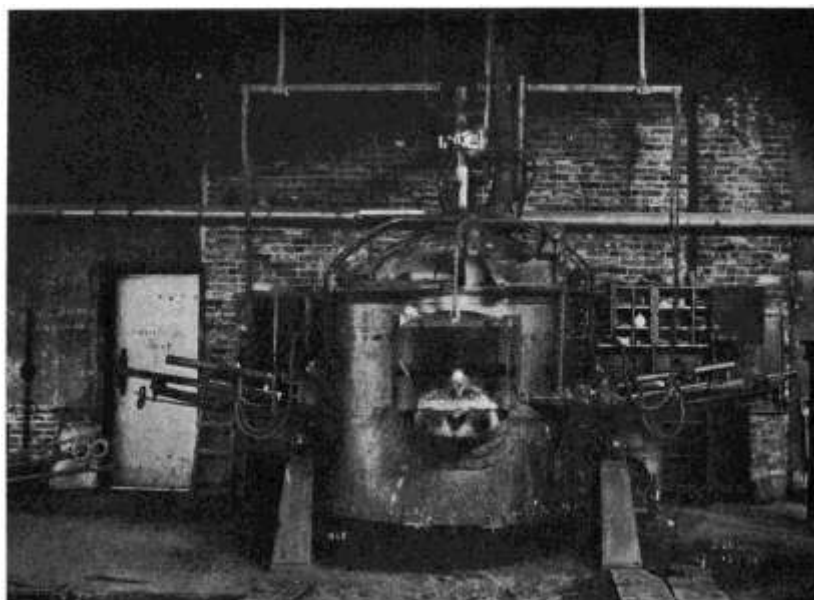
В 1892 г. Ачесон разработал процесс получения карборунда в электрической печи прямого действия; в ней шихта нагревалась до температуры 1800 °С, необходимой для получения карборунда. В этом же году Муассан впервые получил в небольшой дуговой печи карбид кальция.

В 1898 г. итальянец Эрнесто Стассано разработал и построил промышленную электропечь косвенного нагрева, предназначенную для выплавки железа и других металлов непосредственно из руд. Его печь была установлена в Северной Италии, богатой водными ресурсами, что позволяло получать наиболее дешевую электроэнергию, используя для этого потенциал рек, находящихся поблизости. Это была шахтная печь, фактически представлявшая собою миниатюрную доменную печь, в горне которой были расположены электроды. Однако этот способ оказался слишком дорог и в дальнейшем Стассано отказался от использования шахты, переоборудовав печь для переплава стального скрапа. Печи подобной конструкции оказались удобными для плавки цветных металлов. В 1918 г. в США появилась качающаяся однофазная печь фирмы «Детройт» для переплава меди и её сплавов. Конструкция этой печи оказалась настолько удачной, что сохранилась почти без изменения до наших дней, а многочисленные попытки её усовершенствования оказались неудачными.



Электropечи Стассано (слева направо): шахтная, низкошахтная, окончательный вариант

Работы Н. Теслы и М.О. Доливо-Добровольского в области трёхфазного электрического тока сделали возможным строительство (начиная с 1891 г.) трёхфазных электрических печей. В 1912 г. П. Реннерфельдт (Швеция) видоизменил и усовершенствовал электropечь Э. Стассано. Печь Реннерфельдта работала на трёхфазном токе, имела три электрода. Она нашла широкое применение для рафинирования стали и чугуна, плавки медных сплавов, никеля, серебра и алюминия.



Электropечь Реннерфельдта

Прототипом современных электросталеплавильных печей стала изобретенная в 1899 г. французским инженером Полем Эру (Paul-Louis-Toussaint Heroult) печь с двумя вертикальными электродами, подведёнными к металлической ванне. Конструкция отличалась простотой: в прямоугольную вытянутую ванну сверху через отверстие в съёмном своде входили два электрода, закрепленные в электрододержателях, перемещающихся вверх и вниз вдоль вертикальных стоек, чем осуществлялось регулирование тока дуги. Печь загружали через торцевые дверцы, металл

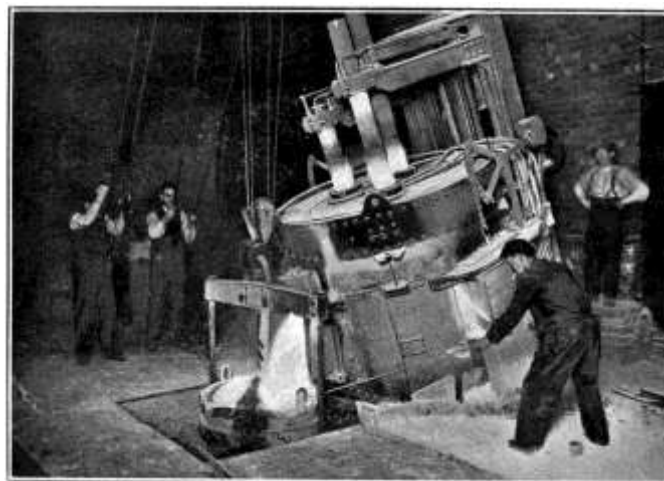
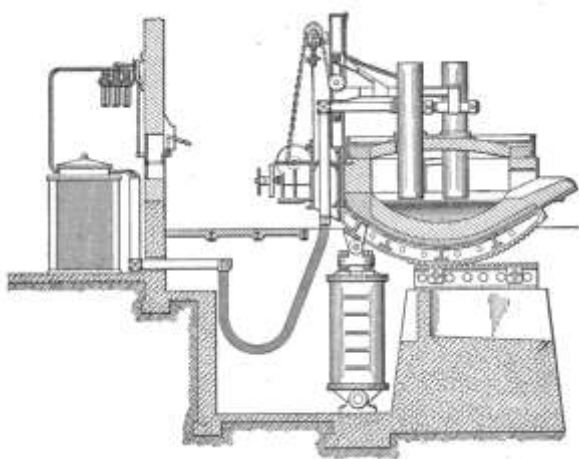
сливали через летку при наклоне печи. Ток между электродами замыкался через ванну, а дуги горели между электродами и металлом (или шлаком) – то есть это была печь прямого действия.

Первая печь Эру была построена в Савойе, в предгорьях Альп, поскольку в этом регионе имелась возможность производства дешёвой гидроэлектроэнергии. Первая промышленная печь Эру появилась в октябре 1900 г. на заводе Ла Пра во Франции и была предназначена для получения высококачественной стали. Основными недостатками печей Эру были невысокое рабочее напряжение и, следовательно, малая удельная мощность; это приводило к удлинению периода расплавления металла.



Поль-Луи-Туссен Эру

Результаты исследований Андреэ и Рикке, разработавших круговые диаграммы дуговых печей и построивших их электрические характеристики, дали возможность внедрить новый электрический режим работы дуговой сталеплавильной печи. Вместо работы на низком питающем напряжении (около 90-130 В), рабочее напряжение печных трансформаторов повысили до 180-230 В. Это позволило при тех же размерах печи и токоведущих частей резко увеличить удельную объёмную мощность, значительно сократить время расплавления металла, снизить тепловые потери и повысить КПД.



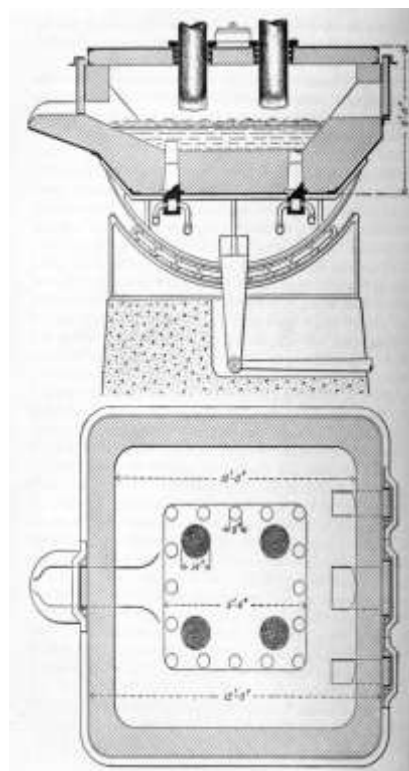
Печь конструкции Поля Эру – прототип современных электропечей

В результате этих усовершенствований печи Эру за несколько лет заняли лидирующие позиции, обогнав печи более сложных конструкций, в том числе основного конкурента – печи конструкции Жиро, основной особенностью которых было наличие подовых электродов, которые, как считалось, способствовали дополнительному перемешиванию ванны жидкого металла.

Большое значение для развития дуговых сталеплавильных печей имело появление в 1910-1911 гг. свинчиваемых непрерывных угольных, а затем и графитированных электродов.

В 1910 г. во всех странах мира работали 114 электрических печей. В 1915 г. их было уже 213, а к началу 1920 г. сталь выплавляли 1025 электропечей и 362 агрегата находились в стадии монтажа и наладки. В развитых странах, богатых электроэнергией, производство электростали и ферросплавов росло особенно быстрыми темпами. В США, например, производство стали в электропечах только за 4 года, с 1914 по 1918 гг., возросло с 24 до 800 тыс. т, т. е. в 33 раза. Аналогичная картина наблюдалась в Германии и Канаде.

В этот же период электропечи нашли широкое применение для получения ферросплавов, выплавки цветных металлов, а также в химической промышленности — для производства карбида кальция, фосфора и пр.



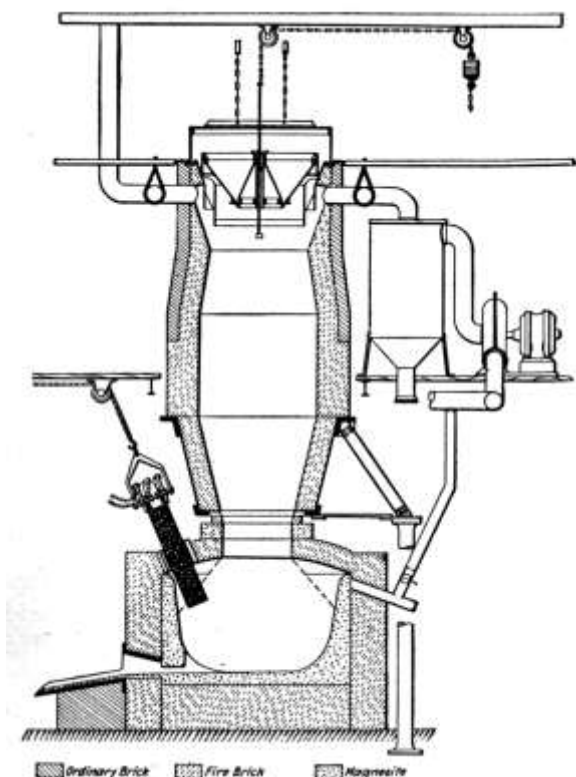
Печь с подовым электродом конструкции Жиро



Гидроэлектростанция начала XX в., снабжающая электрометаллургическое производство, Норвегия

Раздел 11. Рудовосстановительные электропечи

Дуговые рудовосстановительные печи первоначально повторяли устройство обычных доменных печей, в горн которых вставляли электроды. Выше уже упоминалась шахтная рудовосстановительная печь Стассано. Схожую конструкцию имела печь в Домнарверте (Швеция). Мощность этой печи, построенной в 1910 г., составляла 1850 кВт; она была двухфазной, с четырьмя круглыми электродами.



*Рудовосстановительная печь
завода в Домнарверте*

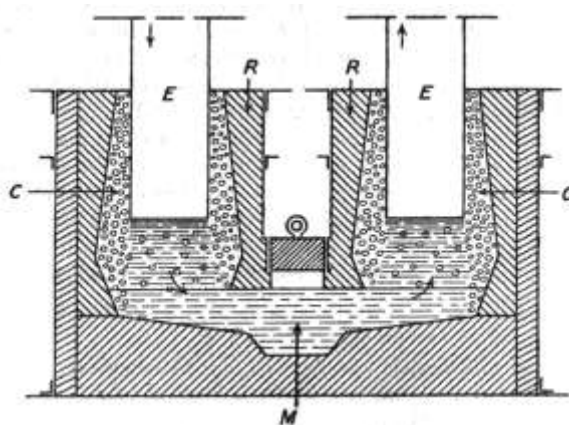
Высокая шахта печи позволяла работать удовлетворительно лишь на древесном угле, что ограничивало как область применения, так и мощность агрегатов. Появление низкошахтных печей Хельфенштейна устранило это ограничение и позволило строить мощные печи, работающие на коксе. Разрабатывались альтернативные конструкции, например, печь Келлера.

Промышленное применение шахтные рудовосстановительные печи впервые нашли при производстве карбида кальция. Эту технологию в 1892 г. разработали Муассан и Вильсон. В следующем 1893 г. Муассан выплавил в электропечи углеродистый феррохром, содержащий 60 % хрома и 6 % углерода.

В 1890 гг. печи для производства карбида кальция работали на постоянном токе. В ходе плавки в качестве попутного продукта получался ферросилиций.

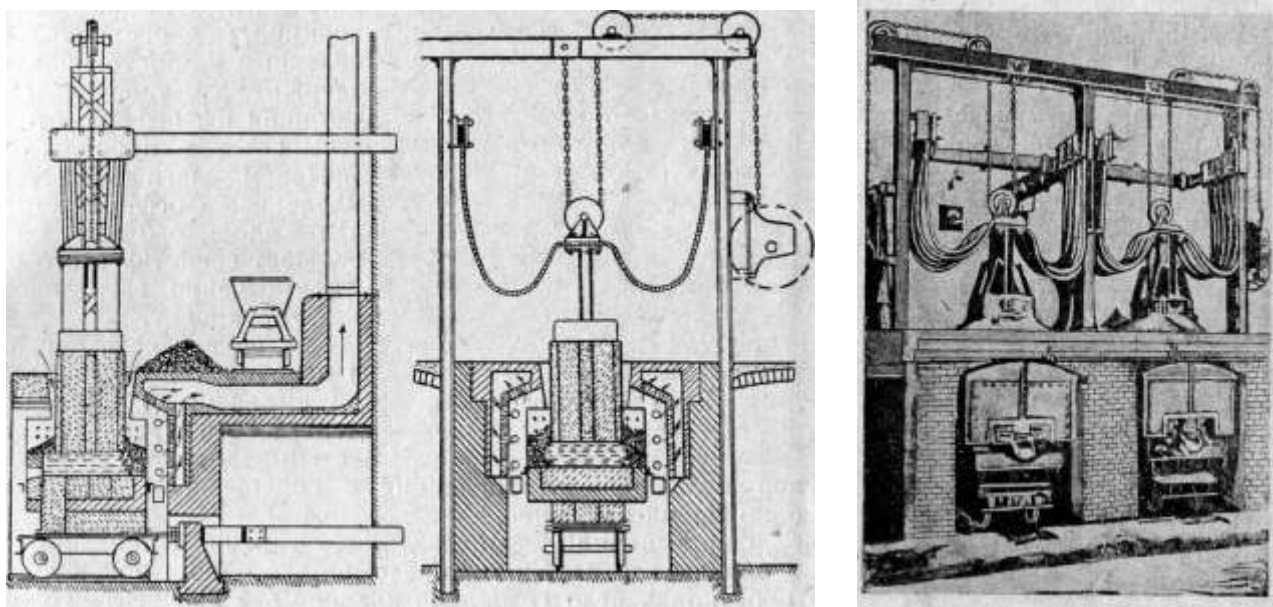
Оксиды железа и кремния, находящиеся в золе кокса, восстанавливались, и получался ферросилиций с низким содержанием кремния.

Применение постоянного тока вызывало существенные проблемы в работе рудовосстановительных электропечей. При постоянном токе имеет место электролитический процесс, в результате которого восстанавливается не только кремний, но и другие элементы. В результате, ферросилиций, восстановленный на постоянном токе, содержал заметное количество алюминия и фосфора. Поэтому он рассыпался в порошок и под действием влаги разлагался с выделением фосфористого водорода – ядовитого газа. При перевозке ферросилиция на пароходах в начале 1890-х гг. имели место случаи смертельного



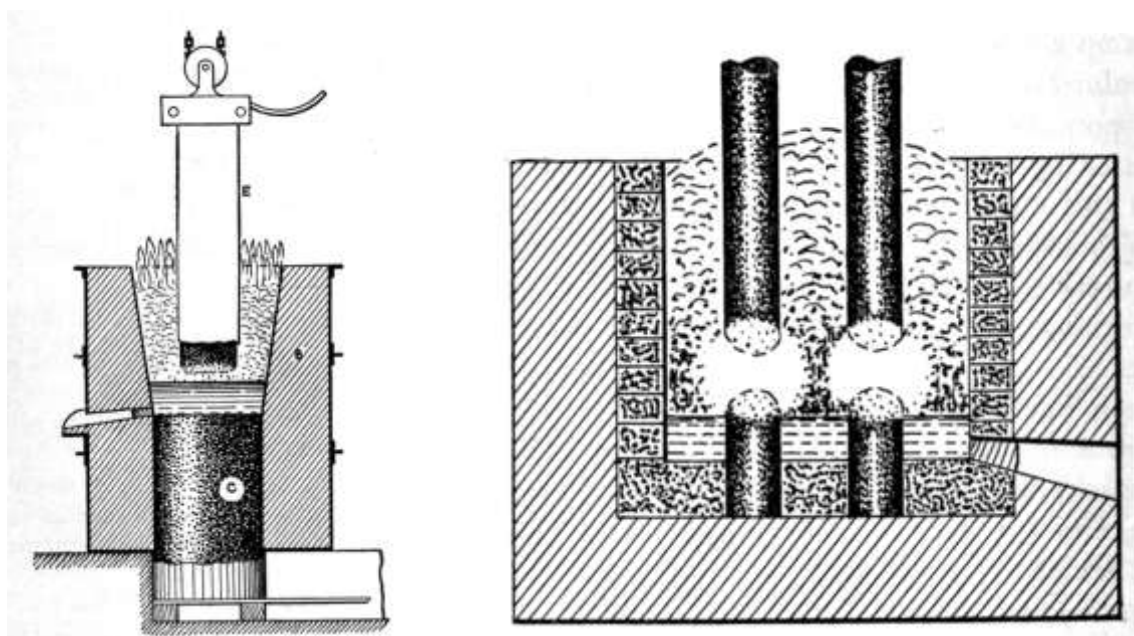
Рудовосстановительная печь Келлера

отравления фосфористым водородом, в связи с чем морской транспорт ферросилиция с содержанием 50 % кремния был одно время запрещён.



Разрез и внешний вид однофазной печи

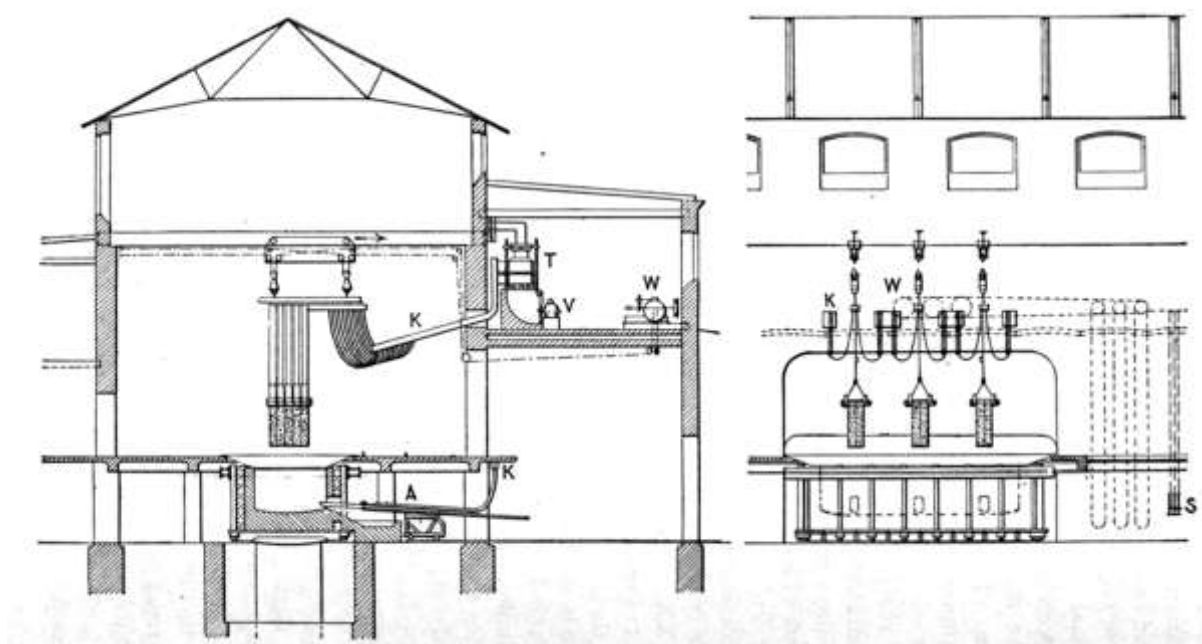
Другой технологической проблемой, вызванной электролитическим действием постоянного тока, было образование графитового блока, который тормозил процесс выпуска материала из печи. Для борьбы с образованием графитового блока применяли режим работы печи, при котором полюса электрической подводки менялись через две-три недели. Упомянутые сложности, связанные с применением постоянного тока были настолько значительны, что переход на трёхфазный переменный ток стал крупнейшим прорывом в области ферросплавного печестроения.



*Рудовосстановительные печи для производства ферросилиция (слева)
и кристаллического кремния (справа)*

Первая трёхфазная электросталеплавильная печь ёмкостью 3 т была построена в Макеевке (Украина) в 1910 г. Примерно в это же время на заводе А. Тиссена были установлены две шеститонные печи. В 1912 г. там же построили печь ёмкостью 25 т. Уже в 1912-1915 гг. в Германии и США производство электростали превысило производство стали в тиглях.

Мощность рудовосстановительных печей постоянно увеличилась, они выполнялись трёхфазными, с шестью электродами, питаемыми от трёх однофазных трансформаторов. На ферросплавных и карбидно-кальциевых заводах, на которых было установлено большое количество малых печей, мощность которых измерялась несколькими сотнями киловатт, с применением мощных электростанций трёхфазного тока перешли к большим трёхфазным печам; мощностью в несколько тысяч киловатт. При этом одна крупная трехфазная печь заменяла от 12 до 36 малых печей.



Трёхфазная печь для производства ферросилиция

Помимо применения трёхфазного тока, важнейшими достижениями на пути совершенствования рудовосстановительных печей стали разработка бифилярных (двухпроводных) токоподводов и самоспекающихся набивных электродов (Содерберг, завод Фискаа, Норвегия, 1919 г.). В результате к 1930 г. сформировалась «классическая» конструкция рудовосстановительной электрической печи для производства ферросплавов: печь круглого сечения с тремя электродами, расположенными по вершинам треугольника. Мощность рудовосстановительных печей достигла 24 тыс. кВт.

Раздел 12. Металлургия легированной стали и электропечных ферросплавов начала XX в.

К 1920 г. во всех промышленно развитых странах мира практически все ферросплавы за исключением ферромарганца производились в электропечах. Масштабы их производства увеличивались быстрыми темпами, поскольку непрерывно росла потребность в легированных сталях специального назначения. Ниже приводятся данные, иллюстрирующие этот процесс для США (вплоть до Великой депрессии 1930 г.) и Швеции, которая располагала значительными ресурсами электроэнергии и много ферросплавов производила на экспорт. Впрочем, аналогичный рост производства ферросплавов наблюдался и в других западноевропейских странах.

Производство ферросплавов и легированной стали в США

Год	Производство ферросплавов, тыс. т/год	Производство ферросплавов, кг /т чугуна	Производство легированной стали, тыс. т/год	Доля легированной стали по отношению к общему объёму выплавки, %
1909	294	9	181	0,76
1915	398	13	1021	3,17
1920	623	17	1660	3,94
1929	843	21	4000	7,00

Производство ферросплавов в Швеции, т

Ферросплав	1921 г.	1922 г.	1924 г.	1925 г.	1926 г.
Ферросилиций	3443	5 657	13 228	18 216	20466
Феррохром	725	3 754	5 052	8 921	11 213
Силикошпигель	520	372	2 238	1 348	4 065
Ферромарганец	—	54	41	53	63
Кремнеалюминий	294	34	52	313	400
Шпигель	—	—	—	64	326
Ферровольфрам				4	
<i>Итого</i>	<i>4 982</i>	<i>9 871</i>	<i>20 611</i>	<i>28 919</i>	<i>36 533</i>

Производство ферросилиция

Наряду с ферромарганцем ферросилиций являлся наиболее употребительным ферросплавом в производстве всех сортов стали (кроме «кипящей» мартеновской стали). Кроме применения в качестве сильного раскислителя ферросилиций широко использовался для получения специальных сталей с высоким содержанием кремния. На первых порах ферросилиций выплавлялся преимущественно в печах, построенных для выплавки карбида кальция, на ряде мелких заводов Франции, Австрии и Швейцарии. В 1903 г. был основан синдикат по производству всех сортов ферросилиция под руководством Campagne Generale d'Electrochimie, охватывающий Германию, Францию и Австрию. Затем производство возникло в США, Швеции и Норвегии. В 1920-30 гг. лидерами в производстве ферросилиция были США, Канада, Скандинавские страны, Франция, Италия.

Ферросилиций применялся в производстве стали как бедный, с содержанием 12-13 % кремния, так и богатый, содержащий от 45 до 90 %. Согласно принятой в СССР в 1931 г. класси-

фикации (по аналогии с европейскими стандартами) ферросилиций производился четырех сортов, отличающихся по содержанию кремния:

Сорт	Содержание элементов, % (масс.)						
	кремний	углерод	марганец	фосфор	сера	кальций	алюминий
13 %	12-13	1,3	0,3-1	< 0,20	< 0,03	—	—
45 %	43-50	< 0,15	< 0,4	< 0,06	< 0,04	< 0,3	1,0
75 %	72-80	< 0,15	< 0,4	< 0,05	< 0,05	< 0,6	< 2,5
90 %	87-95	< 0,12	< 0,2	< 0,04	< 0,04	< 0,5	< 1,0

13 %-ный ферросилиций производился в доменных печах и использовался в мартеновской плавке для раскисления металла. Остальные сорта выплавлялись в электропечах. Большое количество высокопроцентного ферросилиция расходовалось на получение ферросплавов (ферромарганца, хрома, ванадия) с низким содержанием углерода путем силикотермической реакции, например:



Эта реакция идет с выделением тепла, как и большинство других силикотермических реакций, поэтому методы силикотермии имели особое значение в металлургии ферросплавов.

Производство феррохрома

Промышленное производство феррохрома в электропечах было начато Полем Эру в 1899 г. Технология получила быстрое распространение и после Первой Мировой войны весь феррохром стал выплавляться в электрических печах. Использовались высокосортные хромиты и восстановители: кокс, антрацит и древесный уголь. Уже в это время ясно обозначилась основная проблема процесса – склонность восстановленного хрома к насыщению углеродом за счёт образования карбидов. Необходимость использования высокосортных хромитов в процессе получения феррохрома и высокая кратность шлака заставили специалистов искать более совершенные и экономичные методы рафинирования.

Стоит отметить, что электроплавка быстро заняла лидирующие позиции в производстве ферросплавов, однако отнюдь не вытеснила полностью другие способы извлечения легирующих элементов из руд (кроме, разве что, тигельного). Если давно «забытый» способ производства ферросплавов оказывался, вдруг, экономически эффективен в сложившихся условиях, его в ряде случаев брали на вооружение.

Так, уходящий корнями в глубокую древность способ производства природнолегированного металла использовался, к примеру, когда во второй половине конце XIX столетия в России усиленными темпами начали строить железные дороги. Есть сведения, что рельсы уральского Катав-Ивановского завода обладали настолько высоким качеством, что неизвестно ни одного случая рекламаций на них. Установлено, что катав-ивановский чугун выплавлялся из чистых по сере и фосфору высокожелезистых руд, к которым добавлялась бедная по железу местная руда, содержащая хром и марганец. Полученный из неё природно-легированный чугун продували воздухом в бессемеровском конвертере, получая природно-легированную хромомарганцовистую рельсовую сталь.

Раздел 13. Ферросплавное производство в России XIX в.

Отечественная практика производства ферросплавов в XIX в. в основном соответствовала мировым тенденциям. Однако имелись и существенные отличия: даже на лучшем предприятии России того времени – Нижне-Тагильском заводе – выплавка богатого ферромарганца (50-60 %) в доменных печах непосредственно из руд оказывалась невозможной. Такой ферромарганец получали в результате доменной плавки с использованием чугуна и оборотного шлака.

Путём обычной доменной плавки из марганцевой руды Лебяжьей горы получали ферромарганец с содержанием марганца 40 %, при этом при малейшем ухудшении хода плавки значительно увеличивались потери марганца в шлак (содержание оксида марганца MnO в шлаке составляло от 30 до 60 %). Расход древесного угля составлял 4,25-4,5 т/т сплава.

Через 6-7 дней горн сильно «разгорался» (т.е. происходил сильный износ огнеупоров горна с увеличением его размеров) и содержание марганца в сплаве снижалось. Тогда переходили на выплавку кремнистого чугуна (3-7 % кремния), который затем перерабатывали на сталь в бессемеровском конвертере. Через 1-2 дня из-за тугоплавких настывлей горн сужался и можно было вновь выплавлять ферромарганец. Как уже упоминалось выше, горн делался съёмным и менялся каждые 6 недель.

Для повышения содержания марганца применяли двустадийную схему производства. По первому варианту смесь марганцевой руды и древесного угля с добавками железной руды и извести помещали в ящиках на 10 дней в цементационную печь, где и происходило первичное восстановление. Затем полученный спёк переплавляли в доменной печи. Однако такой способ оказался чрезвычайно дорогим и от него вскоре отказались. Второй же вариант предполагал использование в качестве источника марганца оборотного шлака, который получался в ходе обычной плавки на ферромарганец и содержал, как уже говорилось, до 60 % MnO .

Для обезуглероживания ферромарганца (если была такая необходимость) его помещали в смеси с магнитным железняком в ящиках в цементационную печь. Процесс продолжался в течение 10 дней, по истечении которых содержание углерода не превышало 0,3 %.

С 1878 г. Нижне-Тагильский завод стал (в той же самой печи) готовить ферросиликомарганец (ферро-силициум-манган). Для получения этого продукта плавка велась сначала на кремнистый чугун, а затем, когда печь хорошо разогреется, начинало засыпать марганцевую руду и оборотный шлак. Получаемый сплав содержал от 40 до 45 % марганца и от 3 до 7 % кремния. В этой же печи производили ферросилиций, используемый для раскисления мартеновской стали и содержащий от 6 до 9 % кремния.

Раздел 14. Электросталеплавильное производство дореволюционной России

В начале XX в. профессор Киевского политехнического института В.П. Ижевский предложил ряд конструкций лабораторных электропечей для плавки металлов и термообработки. Первая лабораторная печь, построенная в 1901 г., предназначалась для переплавки небольшого количества чугуна с железными обрезками или с присадками руды. Керамические стенки разогревались электрическим током, проходящим по заложенным в них электродам. Ёмкость печи составляла 16,5 кг. Печь позволяла получать однородный металл, она была компактной, могла работать на постоянном и переменном токе разного напряжения. В последующие годы печи Ижевского (ёмкостью до 100 кг) работали на ряде заводов Украины.

Первая промышленная дуговая сталеплавильная печь в России была установлена в 1910 г. на Обуховском сталелитейном заводе. Печь была двухэлектродной мощностью 500 кВт и предназначалась для рафинирования стали дуплекс-процессом (мартен – электропечь). При работе на жидкой завалке ёмкость электропечи составляла 3,5 т, при твёрдой завалке – 2,5 т.

Накануне Первой Мировой войны Россия значительно отставала от европейских стран и Америки по развитию электрометаллургии. В 1913 г. на русских заводах работали 4 электрические печи, выплавлявшие в год 3500 т стали при общем производстве 4,2 млн. т.

В 1915 г. на Мотовилихинском заводе в Перми была пущена первая сталеплавильная однофазная печь, сконструированная инженерами С.С. Штейнбергом и А.Ф. Грамолиным. В последующие годы аналогичные печи ёмкостью 0,75-1 т были установлены на Златоустовском, Надеждинском и других уральских заводах. Всего в России в 1915 г. работало 9 электрических печей (из них только одна ёмкостью 8 т), а в 1917 г. – 12 общей ёмкостью 26 т.

В 1917 г. началось строительство под Москвой в районе Богородска (Ногинск) первого специализированного электросталеплавильного завода качественных сталей с четырьмя дуговыми печами прямого действия, получившего в дальнейшем название «Электросталь». Одним из руководителей строительства был Н.И. Беляев, ставший впоследствии заведующим кафедрой «Термообработки специальных сталей» Московской Горной Академии, также в нём принимал активное участие К.П. Григорович, о котором будет рассказано подробнее.

В ноябре 1917 г. первая электропечь ёмкостью 1,5 т вступила в строй и, таким образом, завод «Электросталь», строительство которого происходило при Временном правительстве, стал первым крупным предприятием, пущенным при Советской власти.

Аналогичным образом обстояло дело с производством ферросплавов – до начала 1930-х гг. в России существовал лишь один небольшой завод.

Раздел 15. Ферросплавное производство дореволюционной России. Завод «Пороги»

Производство ферросплавов в России впервые было организовано за несколько лет до начала мировой войны. В 1910 г. первые рудовосстановительные электропечи заработали на заводе «Пороги» (был выплавлен первый отечественный ферросилиций и углеродистый феррохром) и на Аллавердском заводе в Армении, где было организовано производство карбида кальция в электропечи мощностью 250-300 кВт.

В 1904-1905 гг. русский горный инженер Александр Филиппович Шуппе (бывший управляющий Саткинским чугуноплавильным заводом) провёл изыскания на реке Большая Сатка. Он обладал информацией о месторождениях хромистых руд и кварцитов в районах Южного Урала. Необходимо было провести обследование реки вблизи таких месторождений для постройки гидроэлектростанции. Место для электрометаллургического завода А.Ф. Шуппе нашел в 35 верстах от Саткинского завода, в 18 верстах от железнодорожной станции Бердяуш и в 5 верстах выше впадения реки Б. Сатка в реку Ай. В этом, самом узком месте долины, река Б. Сатка была зажата между двумя хребтами Уары и Чулковский. На Чулковском хребте предполагалось добывать кварцит – исходное сырье для получения ферросилиция. Район также обладал значительными лесными ресурсами для получения древесного угля.

29 сентября 1905 г. А.Ф. Шуппе подал прошение на имя министра финансов Российской империи о передаче ему участка казенной земли площадью 50 десятин на левом берегу реки Б. Сатка под строительство электрометаллургического завода. Такое разрешение было получено, и 3 июня 1906 г. с казначейством заключен договор на аренду сроком на 99 лет. Размер арендной платы составил 1 руб. за одну десятину, а за использование водяной силы реки – 500 руб. в год.

В 1906 г. началось проектирование гидроузла и заводского комплекса. Эту работу выполнил профессор Борис Александрович Бахметьев – российский инженер-гидравлик, впоследствии посол временного правительства в США, а затем профессор Колумбийского университета,

13 октября 1907 г. А.Ф. Шуппе испросил разрешения увеличить участок арендуемой земли ещё на 10 десятин и разрешить строительство второй плотины на реке Б. Сатка. 9 ноября 1907 г. разрешение было получено.

В мае 1908 г. была создана фирма «Уральское электрометаллургическое товарищество графа А.А. Мордвинова, графини Е.А. Мордвиновой, барона Ф.Т. Роппа и И.Ф. Шуппе». На средства этого товарищества и было осуществлено строительство заводского комплекса.

Вот что писал по этому поводу сам Шуппе в своей автобиографии:

«В начале девятисотых годов у меня явилась мысль основать на Урале электрометаллургический завод для выплавки специальных сплавов феррохрома и высокопроцентного ферросилиция – прежде в России на производимых и имеющих огромное значение при изготовлении специальных сортов стали, необходимых, в особенности, для выделки предметов обороны, а также при изготовлении автомобилей, аэропланов и т. п. С этой целью я хлопотал у Мин[истерства]

Торг[овли] и Промыш[лености] право на постройку каменной плотины на реке Сатке в Златоустовском округе и на постройку металлургического завода. Необходимые денежные средства дал граф А.А. Мордвинов и в 1910 году мы приступили к постройке самой высокой в Евр[опейской] России каменной плотины и к постройке и оборудованию завода.

Так как в России в то время не было специалистов этой отрасли – электрометаллургии, то мы пригласили из одного завода Ю[жной] Франции инженера Рошанд, который сконструировал электрометаллургическую часть завода и пустил завод в ход, оставшись на нём до последнего времени служить. Постройкою же плотины, цеха и всех других частей завода и оборудованием руководил я.

В течение всего времени я состоял одним из директоров в Правлении предприятия, а последние 1,5 года частью из-за отрезанности завода от Правления, находившегося в Петрограде, единолично руководил делом».

К возведению комплекса были привлечены мастеровые с ближайших заводов (Саткинского, Юрюзанского, Катав-Ивановского, Аша-Балашовского). Для качественной кладки плотины и производственных помещений из района г. Пскова были привезены около 40 квалифицированных каменщиков. Для постройки плотины и корпусов был использован местный камень. Вблизи завода велось строительство жилых домов для рабочих и служащих. В общей сложности всё строительство заняло менее двух лет.



Строители Порожской плотины и завода, 1909 г.

Завод представлял собой единый комплекс зданий и сооружений, гармонично расположенных на левом берегу реки. Комплекс состоял из плотины, построенной из камня, высотой 21 м, длиной по гребню 125 м. Ширина в основании – 12,5 м и по гребню плотины – 4,2 м. В производ-

ственных корпусах размещались машинный зал электростанции, шихтарник с дробилкой Блэка, электроплавильный цех, отделение для подготовки шихты и электродов. Кроме этого в комплекс входили: заводская химическая лаборатория, построенная из камня, деревянный склад, весовая, конюшня, пожарный сарай, кузница и здание конторы, которое было расположено в поселке в нескольких сотнях метров от завода.



Заводской комплекс был оснащен механизмами, машинами и агрегатами западноевропейских фирм – Великобритании, Германии, Франции. В помещении машинного зала ГЭС была установлена гидротурбина системы «Френсис». На одном валу с ней использовался генератор для питания электропечей мощностью 560 кВт производства фирмы «Бригель, Хансен и Ко», изготовленный в 1909 г. в Готе, Германия. Другой генератор мощностью 50 кВт использовался для освещения завода и рабочего поселка. В помещении машинного зала был установлен мостовой кран грузоподъемностью 5 т, изготовленный на заводе в Бирмингеме, Великобритания.

В плавильном цехе были установлены четыре рудовосстановительные одноэлектродные электропечи конструкции Эру. Все печи были одноэлектродными и однофазными, причём их подины попарно соединены медными шинами. Одновременно работал комплект из двух печей (фактически две одноэлектродные печи). Подвод тока к вертикально расположенным электродам печей осуществлялся через систему гибких кабелей и шин, непосредственно от генератора. Печи работали на цельных блочных угольных электродах сечением 400×400 мм, которые изготавливались наборными из электродных брусков сечением 200×200 мм в отделении подготовки электродов. Перемещались угольные электроды в ванне печи относительно подины с помощью тросового подъёмного механизма.

Электрические параметры печей:

- | | |
|---|----------|
| • рабочее напряжение на электродах двух печей | 60-80 В; |
| • сила тока в электроде | 6-7 кА; |
| • напряжение на печи (электрод-подина) | 30-40 В; |
| • частота тока | 25 Гц. |

Кожух печей был выполнен из листовой стали методом клёпки. Размер кожуха в плане составлял 1800×1800 мм. Пространство между рабочей футеровкой и кожухом было заполнено кварцевой крупкой. Рабочее пространство ванны в сечении имело размеры 1300×1300 мм (вверху), 1000×1000 мм (внизу), глубину 1550 мм, общим объёмом 2,05 м³. В передней стенке печей выполнена лётка для выпуска сплава и шлака. При выплавке углеродистых марок феррохрома и ферромарганца использовали магнезитовую футеровку, а при выплавке ферросилиция – диносовую. Подины печей для выплавки всех ферросплавов были собраны из угольных блоков и набиты углеродистой коксовой массой. Шихту загружали сверху: сначала вручную, затем из вагонетки. В отделении подготовки шихты для измельчения сырья применялась дробилка.



Плотина и производственные корпуса завода «Пороги»

К 1 июля 1910 г. завод «Пороги», названный в память о каменных порогах, которые были затоплены водой заводского пруда, был полностью укомплектован, и его оборудование было отлажено. 12 июля 1910 г. в заводских электропечах была начата опытная выплавка и получен первый ферросилиций. Однако официально завод был открыт 19 августа 1910 г. Эта дата и считается началом электрометаллургического производства ферросплавов в России.

24 августа 1910 г. была выпущена опытная плавка феррохрома весом 954 кг. Содержание хрома в сплаве составляло 63,5 %. За первые полгода со дня пуска завода «Пороги» было выплавлено 533 т ферросилиция и 206 т феррохрома.

Для выплавки ферросилиция использовали кварцит (95-97% SiO₂) с горы Чулковой. В качестве восстановителя был выбран древесный уголь, который выжигали в окрестностях завода. Шихтовые материалы подвозили на лошадях. Перед плавкой всю шихту дробили и просеивали от

мелочи. Для кварцита оптимальная крупность составляла 15-65 мм, для древесного угля – 10-100 мм. Шихту загружали непрерывно.

Ферросилиций выпускали каждые 3-4 ч. в изложницы, которые были «заправлены» мелким песком. Содержание кремния в бедном ферросилиции было на уровне 22-29 %, в богатом – 41-60 %. Отмечалось, что высокопроцентный ферросилиций имеет тенденцию к рассыпанию. Среднесуточная производительность электропечей составляла 1,3-1,9 т/сутки при выплавке 50 %-ного ферросилиция и 3-4 т/сутки при выплавке 25 %-ного ферросилиция.

При выплавке углеродистого феррохрома использовали руды Миасского, Нуралинского, Мулдашевского, Андрей-Ивановского и Мокроямского месторождений Урала. Перед загрузкой в печь хромовую руду и флюсы дробили до фракции 5-30 мм, коксик – 5-15 мм, древесный уголь – 5-50 мм. Выплавку феррохрома проводили с закрытым колошником. Сплав и шлак выпускали каждые 2-3 ч. В качестве флюсов использовали кварцит, известняк, плавиковый шпат, барит и поваренную соль. Состав феррохрома был следующим: 60-65 % хрома; 5,5-6,0 % углерода; 3,0-7,5 % кремния.

Готовую продукцию разбивали кувалдами на куски, упаковывали в бочки и вывозили на лошадях на станцию Бердяуш. После установки ещё одного гидрогенератора выплавка ферросилиция была увеличена. В зимнее время завод также выплавлял карборунд.

После октября 1917 г. завод некоторое время продолжал работать под началом своего первого управляющего А.Ф. Шуппе. Затем имущество «Уральского электрометаллургического товарищества» было национализировано и объявлено собственностью Советской России на основании декрета СНК «О национализации крупнейших предприятий...» от 28 (15) июня 1918 г. Завод был остановлен. После этого в 1918 г. А.Ф. Шуппе переехал в Златоуст, а спустя некоторое время выехал в Одессу.

В 1919 г. образуется Правление Саткинских заводов, в состав которого вошли Саткинский чугуноплавильный завод, завод «Магнезит» и завод «Пороги». В 1920 г. завод выходит из состава Правления и выделяется в самостоятельную единицу.

Только в 1926 г. первый ферросплавный завод был восстановлен и пущен в эксплуатацию. Сначала он вошёл в состав Южно-Уральского горнозаводского треста, затем в объединение «Востоксталь». В 1928 г. комплекс был передан Саткинскому металлургическому заводу (Главуралмет) и продолжал производить ферросплавы до 1959 г., когда был переориентирован на выплавку плавленных огнеупоров.

В 20-30-е гг. завод выплавлял сначала углеродистый феррохром, затем 30-40 %-ный ферросилиций, а позднее 45-75 %-ный ферросилиций в количестве 40 тыс. пудов в год. После установки в конце 30-х гг. в машинном зале ещё одной гидротурбины мощностью 750 кВт появилась возможность наладить работу ещё одной пары электропечей. Этот агрегат был установлен совместным акционерным русско-австрийским обществом «Ротао». Гидротурбина была изготовлена по



лицензии на московском заводе им. Калинина, электрогенератор – на Ленинградском заводе «Электросила», а масляный генератор скорости (выпуска 1929 г.) поставлен австрийской фирмой из г. Леоберсдорфа под Веной. С пуском этой гидротурбины более чем вдвое вырос выпуск ферросплавов.

До 1931 г. завод «Пороги» являлся единственным в России предприятием по выплавке ферросплавов электропечным способом и сыграл большую роль в формировании и подготовке производственных кадров для вновь создаваемых ферросплавных заводов, которые были введены в эксплуатацию в 1931-1934 гг. в Челябинске, Зестафони и Запорожье. В частности, на заводе проходили практику советские уче-

ные и специалисты в области ферросплавного производства – С.С. Штейнберг, М.А. Иовнович, В.Н. Гусаров.

Кроме того, Порожский завод был настоящей экспериментальной площадкой – к 1921 г., т.е. за десять лет существования завода в его печах была уже опробована технология выплавки ферросилиция, углеродистых феррохрома и ферромарганца, карбидов кремния и кальция, ферровольфрама, а 20 января 1921 г. была проведена опытная плавка карборунда.

Уникальный завод был остановлен в ноябре 2000 г.; оборудование плавильного цеха демонтировано, но Порожская ГЭС до сегодняшнего дня сохранилась практически в первозданном виде – несмотря на то, что в 2010 г. предприятию исполнилось 100 лет и за всё время эксплуатации на нём не было осуществлено ни одного капитального ремонта, оборудование исправно работает и снабжает электроэнергией близлежащий посёлок. Однако состояние самой плотины и некоторого оборудования в настоящее время ухудшается, что делает необходимым проведение восстановительных мероприятий.

В 1993 г. комплекс «Пороги» вошёл в число основных претендентов на включение в Мировой список памятников индустриального наследия ЮНЕСКО, а постановлением Челябинской областной Думы № 378 от 15 февраля 1996 г. комплекс был объявлен памятником истории и культуры областного значения.

Раздел 16. Становление ферросплавной промышленности СССР в годы первых пятилеток

Ситуацию с производством ферросплавов на заре СССР кратко и очень ёмко описал Владимир Николаевич Гусаров – ровесник Порожского завода, один из пионеров отечественной ферросплавной промышленности, участвовавший в строительстве Челябинского ферросплавного завода (с 1960 г. – электрометаллургический комбинат), а позднее и возглавивший его.



В своей книге «Чудесный сплав» (Челябинск, 1981) он писал: *«Мы, ветераны отечественной электрометаллургии, никогда не забудем «Пороги». Ведь создание советской ферросплавной промышленности было немыслимо без того, чтобы не переступить пороги убогого производства. Другого выхода в те времена у нас не было. Хотя заводы «Электросталь» под Москвой, Златоустовский металлургический, Верх-Исетский в Свердловске, «Серп и молот» в Москве были невелики, они, тем не менее, требовали немало ферросплавов. Но своих ферросплавов у нас почти не было, поэтому их пришлось покупать за границей, стоили они непомерно дорого... В 1931 г. импортные поставки ферросплавов превысили 30 тыс. т. Это обошлось государству более чем в 70 млн рублей золотом. Таким образом, вопрос об организации собственного ферросплавного производства был продиктован самой жизнью, теми огромными задачами, которые стояли перед страной».*

Ему вторит один из создателей советской качественной металлургии – член-корреспондент Академии наук СССР В.С. Емельянов. В своих воспоминаниях он рассказывает о разговоре, который произошёл у него с одним из металлургов в Германии, во время поездки для изучения опыта зарубежных специалистов: *«В 1933 году на небольшом немецком заводе я спросил главного инженера:*

Кому вы продаёте изготовляемый на заводе феррохром?

Он принялся перечислять:

– Примерно 5 % всего производства мы поставляем близлежащим химическим заводам, 2 % у нас покупает завод Беккера, около 3 %...

Перебив его, я спросил:

– Ну, а много ли у вас покупает Советский Союз?

– А Советский Союз когда как. 75-80 % нашей продукции мы отправляем на ваши заводы. Да мы и работаем-то на уральской хромистой руде».

Хромистая руда вывозилась не только в Германию, но и в Швецию, Италию, США. Аналогичным образом обстояло дело и со сплавами марганца – более 90 % добываемой в стране марганцевой руды импортировалось, а ферросплавы закупались за рубежом.

Забегаая вперёд, скажем, что на полное решение этой проблемы понадобились долгие 30 лет: в 1930-е гг. были введены в эксплуатацию первые ферросплавные заводы – Челябинский и Липецкий (впоследствии ставший цехом Новолипецкого комбината), а также Запорожский (Украина) и Зестафонский (Грузия); в 1942-1945 гг. были введены Кузнецкий, Актюбинский (Казахстан) и Ключевской заводы ферросплавов; в 1950-60 гг. построены Серовский (1956 г.), Стахановский (Украина, 1962 г.) и Никопольский (Украина, 1966 г.), а также Ермаковский (Казахстан, 1968 г.). В результате производственные мощности ферросплавной промышленности СССР превысили 6 млн т в год и полностью удовлетворяли потребности внутреннего рынка и экспорта.



Завод «Электросталь», сталеплавильный цех, 1932 г.

Взятый СССР курс на форсированную индустриализацию потребовал резкого увеличения производства качественных сталей. Для решения этой проблемы за годы первых двух пятилеток был построен и введен в действие ряд электросталеплавильных заводов и цехов: Запорожский завод инструментальных сталей (позднее – «Днепро-спецсталь»), металлургические заводы в Ленинграде и Горьком.

Одновременно мощные сталеплавильные цехи были построены и на крупных машиностроительных заводах – первенцах тракторной промышленности, а на автомобильных заводах в Москве и в Горьком были установлены электропечи для плавки высококачественного чугуна дуплекс-процессом (вагранка – электропечь).

Для обеспечения этих производств ферросплавами началось строительство крупных ферросплавных заводов, работающих на отечественных рудах (как уже говорилось, в Челябинске, Зестафони, Липецке и Запорожье).

Параллельно создавалась отечественная школа электропечестроения. Годом его зарождения следует считать 1924 г., когда в Харькове на заводе «Электросила» (позднее ХЭМЗ) была создана небольшая группа конструкторов во главе с Л.И. Ароновым. В 1925 г. этой группой были сконструированы первые советские дуговые сталеплавильные печи (ДСП), а в 1926 г. две из них – одноэлектродная и двухэлектродная – ёмкостью по 0,25 т были пущены в эксплуатацию с использованием в основном для выплавки фасонного стального литья.

В конце 1926 г. производство электропечей и трансформаторов для них было переведено на Московский электрозавод, где в 1928 г. был создан отдел электропечей. Силами этого отдела за 1928-1938 гг. были спроектированы и освоены в производстве серия ДСП ёмкостью 0,25-12 т (всего за десятилетие было пущено свыше 150 ДСП), печи для рафинирования чугуна ёмкостью 3 и 10 т, серия дуговых печей качающегося типа для плавления меди и её сплавов и некоторые ферро-

сплавные печи. Были освоены производством также печные трансформаторы и реакторы и релейно-контактные регуляторы мощности дуговых печей.

Стремление организовать собственное производство ферросплавов в СССР вылилось в виде конкретных наработок впервые в 1925 г. Группа металлургов, работавшая по заданию комиссии И.Г. Александрова над проблемой Днепростроя, выдвинула проект организации электрометаллургического завода ферросплавов при Днепровской гидростанции. Производительность завода должна была составить 80 тыс. т ферромарганца и 10 тыс. т ферросилиция в год.

В это же самое время ВСНХ Грузии точно так же начал работать над проблемой утилизации своих водных ресурсов и выдвинул проект организации электрометаллургического завода в Кутаиси с выпуском 25 тыс. т ферромарганца в год. Оба этих проекта дискутировались и разрабатывались вплоть до 1928 г.

Весной 1929 г. была создана проектная организация по проектированию завода ферросплавов на Днестре, работавшая над проектом самостоятельно около двух лет, а затем привлекая для технической помощи по составлению проекта французскую фирму во главе с инженером Мигэ.

Осенью 1928 г. получил благоприятное разрешение и вопрос об организации производства ферромарганца в Грузии, причём ВСНХ СССР утвердил постройку ферромарганцевого завода на 30 тыс. т в год с возможностью расширения завода до 150 тыс. т.

Челябинский ферросплавный завод

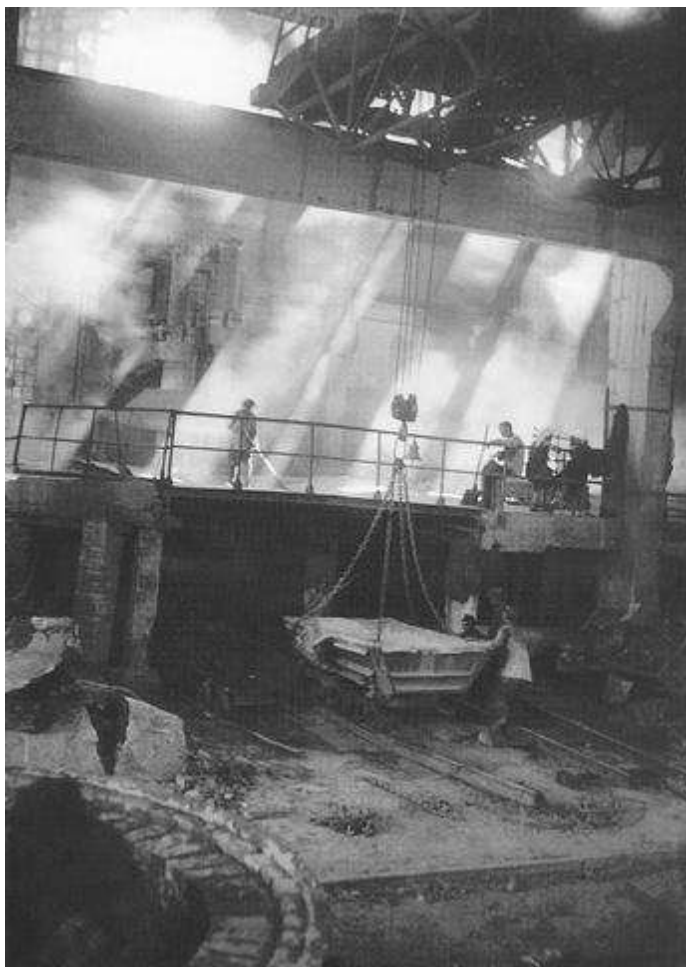
Постройкой этих двух крупных ферросплавных заводов разрешалась проблема снабжения страны собственными ферросплавами, но темпы строительства внушали большие опасения. По этой причине в апреле 1929 г. начальник Главного управления металлической промышленности Ф.И. Локацков поставил вопрос о необходимости постройки нового, третьего, ферросплавного завода в Челябинске. Причём Уралмету было предложено в течение лета 1929 г. выбрать площадку для постройки завода, исследовать грунт, составить проект завода, провести его через научно-техническую экспертизу и использовать конец строительного сезона 1929 г. для подготовительных работ и начала строительства.

В апреле 1929-го Высший совет народного хозяйства СССР принимает решение о строительстве, а уже осенью площадка для завода была выбрана, проект завода был составлен и утверждён соответствующими НТС. Конец строительного сезона 1929 г. был использован для прокладки железнодорожного пути на заводскую площадку, производства главной массы земляных работ, завоза строительных материалов и начала строительных работ. 7 ноября того же года был заложен фундамент первого цеха.

Практически все крупные стройки первых пятилеток, особенно самые первые, осуществляемые в условиях, когда не имелось ни опыта реализации столь масштабных проектов, ни достаточного количества материальных и людских (в том числе управленческих) ресурсов, являли собой причудливую смесь слабой организации и каждодневного подвига. Строившие ферросплав-

ный завод люди жили в землянках, не было техники, не хватало материалов. Зима 1929-1930 гг. выдалась суровой, мёрзлый грунт отогревали кострами. Впрочем, для этого периода это было скорее правилом, чем исключением – на строившемся пятью годами спустя Челябинском цинковом заводе были даже вынуждены делать водопровод из древесных стволов из-за отсутствия труб.

Несмотря на все трудности, уже в начале 1931 г. на Челябинском заводе была пущена в ход первая ферросплавная печь, а 25 июля 1931 г. Государственная комиссия приняла в эксплуатацию первую очередь Челябинского ферросплавного завода (ЧФЗ) – цех №1. Этот день стал официальной датой рождения предприятия. Можно без преувеличения сказать, что с этого началась новая



Плавка на Челябинском заводе ферросплавов, 1935 г.

история Челябинска, превратившая захолустный городишко в мощный индустриальный, процветающий областной центр. Таким образом, Челябинский ферросплавный завод был не только первым ферросплавным заводом, построенным в СССР, но и вообще первым металлургическим заводом, построенным в Советском союзе в первую пятилетку.

Согласно официальному заданию Челябинский завод должен выпускать в год 10 тыс. т ферросилиция, 1500 т феррохрома и 500 т ферровольфрама.

Новизна технологического процесса производства ферросплавов, отсутствие квалифицированных рабочих и техников, знакомых с этим производством, заставляли предполагать, что в течение первых двух лет работы «болезни освоения» не позволят «сразу достичь максимально возможной производительности новых печей».

Учитывая это обстоятельство, равно как и неизбежность быстрого роста потребности в ферросплавах в связи с ясно наметившимся бурным ростом советского машиностроения, проектант несколько отступил от проектного задания и предусмотрел значительные резервы, как в оборудовании, так и в площади, с таким расчетом, чтобы заданная официально программа была выполнена в первый же год работы, несмотря на ряд «детских болезней» производства, а в последующие годы, когда производство ферросплавов на Челябинском заводе будет освоено, можно было бы перевыполнить это задание и довести выпуск завода до следующих цифр: ферросилиция (75 %) 7900 т, ферросилиция (50 %) 7900 т, феррохрома 2000 т, ферровольфрама 600 т.

В соответствии с этим на заводе было установлено семь электрических печей, из которых три печи с трансформаторами мощностью по 7800 кВА для плавки ферросилиция, три печи с трансформаторами мощностью по 1300 кВА для плавки феррохрома и одна печь с трансформатором в 1130 кВА для плавки ферровольфрама. В 1933 г. на Челябинском заводе установили ещё восьмую печь для рафинирования феррохрома.

За сравнительно короткий период Челябинский завод освоил это новое для СССР производство и достиг хороших технических показателей, как в отношении производительности печей, так и в отношении расхода электроэнергии и электродов.

Зестафонский ферромарганцовый завод

Грузинский ферромарганцовый завод в Зестафони был запроектирован на производительность 150 тыс. т ферромарганца в год. Первая очередь завода, включавшая три ферромарганцевые печи с мощностью трансформаторов 7500 кВА и обеспечивавшая годовой выпуск 30 тыс. т ферромарганца, была пущена в конце октября 1933 г.

Так как Зестафонский ферромарганцевый завод имел возможность обучать как своих техников, так и рабочих в течение двух лет на Челябинском ферросплавном заводе и на опытной ферромарганцевой печи в Тифлисе, то предполагалось, что период «детских болезней» и освоения агрегатов будет сравнительно коротким и с лета 1934 г. печи достигнут проектной производительности. Однако период освоения в связи с рядом конструктивных недостатков печей затянулся, и к осени 1934 г. проектная производительность ещё не была достигнута.

Днепровский ферросплавный завод

Строительство завода началось в 1931 г., однако оно несколько затянулось, поэтому ровно через год после пуска Днепровской гидроэлектростанции, 10 октября 1933 г. были введены в работу только две малые печи для выплавки феррохрома. Первую большую ферросплавную печь Мигэ

с мощностью трансформаторов 11 тыс. кВА удалось ввести в эксплуатацию лишь с середины января 1934 г.

Сооружение цеха феррохрома в составе пяти электропечей закончилось в августе 1934 г. Параллельно шло строительство цеха ферросилиция, первая печь которого пущена в эксплуатацию в феврале 1934 г. Основными агрегатами Днепросплава бы-



Строительство ДнепроГЭС, 1934 г.

ли шесть однофазных печей Мигэ по 11 тыс. кВА для выплавки ферросилиция, и четыре трёхфазных печи по 1600 кВА для выплавки феррохрома.

К 1941 г. на заводе в двух плавильных цехах работало 11 электропечей, в которых выплавлялось свыше 50 % ферросилиция и около 45 % рафинированного феррохрома отечественного производства.

Дальнейшее расширение ферросплавных мощностей

На 1934 г. на трёх новых заводах выпуск ферросплавов превысил 60 тыс. т ферросилиция, ферромарганца и феррохрома.

На Челябинском заводе в 1934 г. была закончена постройка нового феррохромового отделения с годовой производительностью около 10 тыс. т феррохрома, а на Зестафонском заводе в это же время были начаты работы по расширению ферромарганцового завода с установкой ещё трёх печей такой же мощности, как и печи первой очереди.

Все крупные ферросплавные печи первых заводов импортировались из-за границы (если не считать отдельных деталей двух печей Мигэ, отлитых в СССР). Первыми же советскими крупными ферросплавными печами были печи второй очереди Зестафонского завода, ввод в эксплуатацию которых был намечен на начало 1935 г.

Ввиду того, что мелкая чистурская руда затрудняла правильную эксплуатацию крупных ферросплавных печей, трест «Спецсталь» принял решение перевести зестафонские печи на работу на окучкованном сырье – агломерате. В середине 1935 г. на Зестафонском заводе была установлена агломерационная лента Дуайт-Ллойда.

По заданию наркомата тяжёлой промышленности (НКТП) в 1934 г. началось проектирование ферромолибденового отделения при Зестафонском заводе мощностью до 1000-1200 т ферромолибдена в год и нового феррохромового цеха на Днепровском ферросплавном заводе мощностью до 10 тыс. т феррохрома и 1500 т ферровольфрама. Эти новые цеха должны были быть введены в работу в середине 1936 г.

В связи с разработкой технологии переработки железных руд с повышенным содержанием титана и ванадия (т.н. «титаномагнетитовая проблема») к 1936 г. намечалась организация производства в Союзе ферротитана и феррованадия.



Раздел 17. Производство ферросплавов и ввод новых мощностей в годы Великой Отечественной Войны

Таким образом, постройка в 1930-х гг. первых трёх ферросплавных заводов позволила СССР в целом решить проблему производства легированных сталей. К началу 1940-х гг. страна даже могла себе позволить снабжать ферросплавами своих союзников, в первую очередь Германию – эшелоны с продовольствием и сырьём, в частности с ферросплавами, в которых очень нуждалась немецкая промышленность, шли в Германию вплоть до начала боевых действий в 1941 г.

Однако с переводом промышленности на военные рельсы и потерей Южной металлургической базы СССР на Украине ситуация резко изменилась в худшую сторону. Особенно остро стояла проблема с производством ферромарганца, используемого как для раскисления мартеновской стали, так и при производстве броневой стали и стали для танковых траков.

Перевод промышленности на «военные рельсы» и создание Восточной промышленной базы

16 августа 1941 г. ЦК ВКП (б) и СНК СССР утвердили и ввели в действие военнo-хозяйственный план на IV квартал 1941 г. и на 1942 г. для районов Поволжья, Урала, Западной Сибири, Казахстана и Средней Азии. Наряду с быстрым увеличением производства боеприпасов, военной техники и снаряжения новый военнo-хозяйственный план предусматривал резкое увеличение продукции металлургической, угольной и других отраслей тяжелой промышленности, добычи стратегического сырья. Научным обеспечением этой сложнейшей работы, в первую очередь в области тяжелой промышленности, занималась Комиссия Академии наук СССР по мобилизации ресурсов Урала, Западной Сибири и Казахстана на нужды обороны.

Наиболее важной задачей в этот периода стало немедленное перебазирование на Восток запорожских металлургических предприятий. Новым центром ферросплавной промышленности СССР стал Сталинск (образован в 1932 г. путём объединения заводского посёлка Сад-город и г. Кузнецка (Старокузнецка); позднее Сталинск был переименован в Новокузнецк), где располагался построенный незадолго до этого Кузнецкий металлургический завод.

Один из организаторов эвакуации – Яков Вениаминович Дашевский, позднее вспоминал: *«Оборудование заводов «Днепросталь», ферросплавного и алюминиевого, направлялось в Сталинск. Эвакуацию проводили в боевых условиях, под непрерывными бомбёжками. Особенно запомнились два эпизода. Когда тянули силовой кабель, у другого конца кабельной галереи появились немецкие части. Работникам завода пришлось брать в руки винтовки и вместе с солдатами 16-й Гвардейской армии отбивать вражеские атаки. А когда во время переправы через Днепр немецкая авиация потопила баржу с особо ценным электрооборудованием, заводчане под покровом ночи вытащили его и переправили на плотках на левый берег Днепра, где перегрузили в вагоны. За этот подвиг несколько специалистов-ферросплавщиков были награждены боевым орденом Красной Звезды».*

В сентябре 1941 г. в Сталинск начали прибывать первые эшелоны с эвакуированным оборудованием, квалифицированными рабочими и специалистами из Запорожья. Именно на базе запорожского оборудования в Сталинске в декабре 1942 г. был запущен Кузнецкий завод ферросплавов.

Организация производства ферросилиция

Однако выплавка ферросплавов в Сталинске началась ещё до прибытия эвакуированного с Юга производства. Вообще, ещё в 1939 г. было начато строительство на реки Томи, рядом с Байдаевским угольным месторождением (в районе Старокузнецка), ферросплавного завода для производства ферросилиция. Однако к началу войны оно ещё не было завершено.

По этой причине на одной из доменных печей Кузнецкого металлургического завода была организована выплавка ферросилиция. Чтобы не снижать производство чугуна, его выплавляли короткими кампаниями по 5-7 дней. Получаемый при этом сплав имел низкое содержание кремния, кроме того работа в таком режиме существенно ухудшила показатели работы печи.

Поэтому уже в сентябре 1941 г. по указанию Совета народных комиссаров (СНК) СССР кузнечане перевели одну 10-тонную электропечь литейного цеха на выплавку дефицитного ферросилиция, но маленькая электропечь не могла обеспечить потребность завода. Тогда было принято решение перевести на производство ферросилиция первую электропечь восстанавливаемого на комбинате эвакуированного завода «Днепроспецсталь».

Трудность состояла в том, что печь не была приспособлена для выплавки ферросплавов, кроме того, кадров, знакомых с технологией выплавки ферросилиция, на комбинате не было. Поэтому, когда электропечь вступила в строй, не сразу удалось добиться нужных результатов – это удалось сделать только после прибытия специалистов-ферросплавщиков из Запорожья.

С освоением технологии производства богатого ферросилиция в электросталеплавильном цехе была ликвидирована одна из серьёзных причин, сдерживавших выполнение оборонных заказов. Однако, в связи с тем, что Кузнецкому заводу пришлось выплавлять ферросилиций, необходимо было срочно обеспечить добычу кварцитов.

Доставка кварцитов с Антоновского месторождения, расположенного в 450 км от завода, затруднялась из-за отсутствия транспорта. В 1942 г. было разведано месторождение чугунашских кварцитов, расположенное сравнительно недалеко от завода, у железнодорожной линии Кузнецк – Таштагол. В конце 1942 г. с помощью коллективов механических и котельного цехов комбината, которые изготовили оборудование, были построены временные сооружения и рудник ввели в эксплуатацию. Это позволило обеспечить сырьём не только комбинат, но и построенный на базе эвакуированного из запорожского оборудования Кузнецкий ферросплавный завод, который 3 июля 1942 г. выдал первый ферросилиций.

Производство ферросплавов в доменных печах и обеспечение марганцевым сырьём

Но ферросилиций был далеко не единственной проблемой. Уже в конце 1941 г. заводы начали испытывать острейшую нужду в ферромарганце, производившемся ранее в регионах, попавших в зону оккупации. Ещё 29 августа 1941 г., Совнарком срочно разработал и принял план создания на Востоке новой базы по добыче марганцевой руды, однако в начале 1942 г. руды ещё не было.

27 января 1942 г. на комбинат поступило телеграфное распоряжение наркома И.Ф. Тевосяна, в котором предлагалось немедленно начать производство ферромарганца на одной из доменных печей, используя для этой цели небольшой запас имевшейся на заводе чиатурской марганцевой руды. Как уже говорилось, ранее ферромарганец достаточно успешно производили в доменных печах, однако это были печи небольшого объёма – новые мощные печи Кузнецкого завода для этой цели никогда не применялись. Несмотря на всю сложность этой задачи, в середине февраля коллектив доменного цеха выдал первый ферромарганец.

В условиях нехватки ферросплавных мощностей и сырья перевод доменных печей на выплавку ферросплавов из местного сырья был вынужденной, но необходимой мерой. Если задача выплавки ферромарганца была просто сложной, то следующая задача – выплавка в доменных печах феррохрома – в мирное время считалась не имеющей решения.

В 1941 г. началась разработка бедных хромистых руд Сарановского месторождения на Урале. Перерабатывать эту руду решено было на Тагильском заводе, который уже имел неудачный опыт выплавки феррохрома в доменной печи (1890 г.). Совместный «мозговой штурм» специалистов уральских и эвакуированных с Юга заводов позволил решить эту проблему и разработать соответствующую технологию. 30 августа 1941 г. был получен первый доменный феррохром, а к середине сентября технология была отработана, при этом содержание хрома в сплаве было увеличено с 9,2 на первой плавке до 30-50 %. Также феррохром выплавлялся ещё на нескольких доменных печах Урала.

Параллельно решалась проблема с обеспечением производства марганцевым сырьём. К концу 1942 г. были полностью израсходованы запасы чиатурской руды на предприятиях Кузнецка. Ближайшим источником марганцевой руды оказалось небольшое месторождения в 70 км от Гурьевска, около деревни Дурново, разведанное ещё в 1920-е гг. На нём в сжатые сроки был построен рудник и в разгар зимы 1942-1943 гг. началась добыча и вывозка руды.



Как и Сарановское и многие другие, Дурновское месторождение было расположено в нескольких десятках километров от железной дороги, в практически неосвоенных районах, поэтому на первых порах руду приходилось возить автотранспортом в условиях полного бездорожья. В случае непогоды рейс мог длиться по несколько суток.

Использование в доменной плавке дурновской руды, содержащей соединения бария, также было задачей нетривиальной – при выпусках металла и шлака из печи последний зачастую вспенивался и заливал литейный двор. Однако других источников сырья просто не было.

Дурновское месторождение было отработано в начале 1943 г. Но к этому времени, благодаря усилиям геологов, горняков и строителей, удалось ликвидировать напряженность в снабжении Кузнецкого и Магнитогорского комбинатов марганцевой рудой, так как завершилось строительство Джездинского марганцевого рудника в Казахстане и Полуночного на Урале.

Тем самым была решена проблема создания марганцевой базы на Востоке страны. Если в 1940 г. удельный вес восточных районов в добыче марганцевой руды составлял 8,4 %, то в 1941 г., он возрос до 13,7 %, а в 1942 г., когда началась эксплуатация Джездинского месторождения, восточные районы давали уже 84,6 % всего производства марганцевой руды в стране.

Организация производства феррохрома

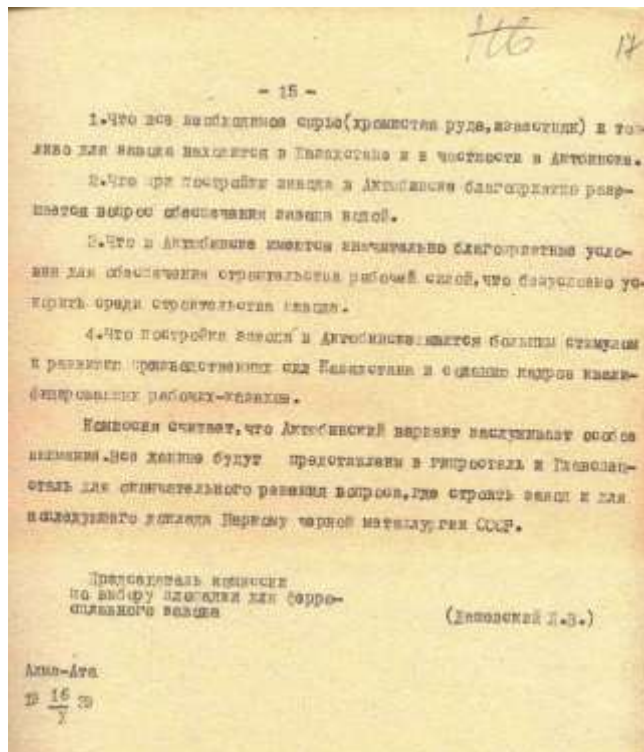
Следующим шагом к решению проблемы обеспечения металлургической промышленности ферросплавами было строительство Ключевского и Актюбинского ферросплавных заводов. Поскольку выплавка феррохрома в доменных печах была лишь полумерой, призванной обеспечить сиюминутные потребности металлургии, требовалось как можно скорее ввести в строй и обеспечить сырьём новые мощности по выплавке феррохрома с использованием ферросплавных электропечей.

В 1941 г. на базе Ключевской хромообогадительной фабрики, введённой в эксплуатацию в 1933 г. в 50 км к юго-востоку от Свердловска (Екатеринбурга), был построен Ключевской завод ферросплавов. Приказ Народного Комиссара черной металлургии № 182/155 о создании завода датирован 16 мая 1941 г., а уже в ноябре 1941 г. были проведены первые промышленные плавки хромалюминиевой лигатуры, положившие начало ферросплавному заводу. В 1942 г. было налажено промышленное производство металлического хрома и через два года – низкопроцентного ферротитана.

Особенностью данного предприятия было производство «малых» ферросплавов и лигатур, а также чистых металлов. В 1941-1945 гг. по способу внепечной алюминотермической плавки, без применения металлургических агрегатов, было освоено промышленное производство хромалюминиевой лигатуры, металлического марганца, металлического хрома и низкоуглеродистого феррохрома. Всего за этот период было произведено около 2,1 тыс. т продукции. Таким образом, Ключевской завод не решал проблему производства феррохрома – его специализация была иной. Новый источник феррохрома создавался в это время в Казахстане.

Первоначально (в конце 1930-х гг.) строительство завода для производства феррохрома и ферровольфрама планировалось приурочить к строительству Куйбышевского (Самара) гидроузла, который мог обеспечить энергетические потребности завода. Однако, как и в случае с ДнепроГЭС, сроки ввода энергетических мощностей не устраивали металлургов, перед которыми стояла задача запустить производство до конца 3-ей пятилетки. К этому времени было открыто месторождение хромитов в Актюбинской области (Актобе, Казахстан), которое стало основной базой хромовых руд СССР вместо истощающихся мелких месторождений Урала.

После изучения возможных площадок для строительства завода в 1939 г. был выбран район близ г. Актюбинска (площадки в районе Домбаровки, несколько площадок в районе Орска и около Кимперсая были по ряду причин признаны не подходящими для строительства). Ввод завода в эксплуатацию был запланирован на 1942 г. Согласно проекту завод должен был производить в год 30 тыс. т углеродистого феррохрома, 15 тыс. т низко- и среднеуглеродистого феррохрома и 3 тыс. т ферровольфрама. Помимо собственно производственных целей завод должен был стать «драйвером» промышленного развития Казахстана.



Заключительная страница с выводами комиссии по выбору площадки для ферросплавного завода

Несмотря на существенно возросшие с началом войны потребности в феррохроме, из-за слабого развития инфраструктуры завод был пущен только в январе 1943 г. Сырьевой базой завода стал построенный в безлюдной степи хромитовый рудник с рабочим посёлком Хромтау.

Таким образом, к началу 1943 г. новые сырьевые и производственные базы ферросплавного производства были полностью сформированы.



Актюбинский завод ферросплавов

Раздел 18. Окончание формирования ферросплавной промышленности СССР в послевоенные годы

В послевоенные годы развитие ферросплавной промышленности было продолжено. Работы велись в двух направлениях: обеспечение ферросплавами Уральского промышленного региона и восстановление разрушенных и эвакуированных заводов Украины.

Запорожский ферросплавный завод

После освобождения Запорожья, уже в августе 1944 г. на Запорожском заводе в цехе №1 была организована выплавка карбида кальция, а в 1945 г. введена в эксплуатацию одна печь для выплавки феррохрома. Остальные 4 печи цеха №2 последовательно вводились в 1947-1951 гг.

Помимо феррохрома на восстановленном предприятии выплавляли ферросилиций. Первая печь в цехе №1 начала выдавать металл в 1948 г., остальные 5 печей цеха были введены в строй до 1950 г.

После этого на Запорожском заводе была организовано производство металлического марганца: в 1951 г. в цехе №2 впервые в мире была освоена выплавка металлического марганца электросиликотермическим способом, а в 1955 г. был сдан в эксплуатацию цех №3 для производства металлического марганца в составе 4-х печей.

Дальнейшее развитие завода было связано с начавшимся в то время активным применением в металлургии вакуума. В 1960 г. в цехе №2 была введена в эксплуатацию вакуумтермическая печь для производства феррохрома с особо низким содержанием углерода по технологии Днепропетровского металлургического института. В 1973 г. было введено в эксплуатацию отделение в составе двух вакуумтермических печей для производства азотированного металлического марганца, заменяющего дефицитный и дорогостоящий никель.

Последняя очередь завода – цех №4 с восемью мощными закрытыми электропечами, системами мокрой газоочистки, комплексом разливочных машин для механизированной разливки ферросплавов была сдана в эксплуатацию в 1964-1966 гг. В 1990-е гг. подвергся реконструкции цех №3.

Серовский ферросплавный завод

15 января 1951 г. вышло постановление Совета Министров СССР N 203-75 о строительстве, по проекту Харьковского института «Гипросталь», на севере Свердловской области в г. Серове завода по производству ферросплавов электропечным способом. Значительная энергоёмкость электропечного способа выплавки ферросплавов предопределила привязку площадки завода к источнику электроэнергии – Серовской ГРЭС, а также при выборе площадки учитывалось удобство её примыкания к железнодорожной сети МПС.

При строительстве Серовского ферросплавного завода использовался опыт в строительстве других предприятий этого профиля. На завод направлялись молодые специалисты – выпускники Московского института стали, Уральского политехнического института, Днепропетровского,

Уральского и Сибирского металлургических институтов. Техников начал готовить Серовский металлургический техникум, одновременно завод направил своих специалистов для стажировок на Актюбинский, Челябинский и Кузнецкий заводы ферросплавов.

22 июня 1958 г. в цехе №1 на печи №1 был произведён первый выпуск 45 %-ного ферросилиция. В декабре того же года был завершён ввод в эксплуатацию первой очереди первого плавильного цеха в составе шести рудовосстановительных печей мощностью по 10,5 МВА, которые тогда выплавляли 45 и 75 %-ный ферросилиций. В декабре 1961 г. состоялся пуск первой печи второго плавильного цеха, а к концу 1962 г. в цехе уже работало 9 наклоняющихся печей мощностью по 3,5 МВА, производящих среднеуглеродистый и низкоуглеродистый феррохром. С этого момента завод становится специализированным предприятием по выплавке хромистых сплавов, доля которого со временем составила около 30 % от общего производства феррохрома в стране.

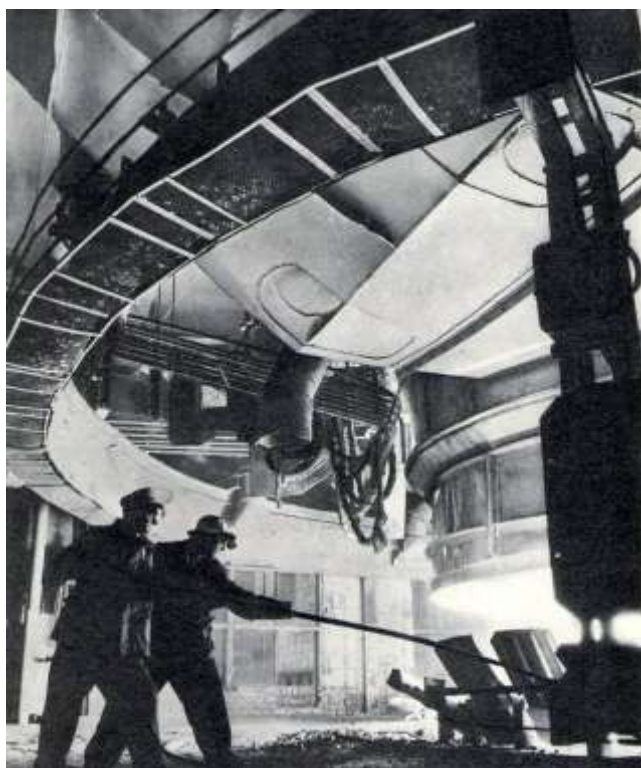
С 1963 г. развернулось строительство комплекса расширения первого цеха в составе трёх закрытых сводом электропечей с системой мокрой очистки колошникового газа, который использовался на предприятии при производстве извести. В 1965 г. впервые в стране на Серовском ферросплавном освоена выплавка высокоуглеродистого феррохрома в закрытых печах.

В дальнейшем на заводе был разработан и освоен способ производства низкоуглеродистого феррохрома методом смешения расплавов. Внедрение этого способа позволило получать низкоуглеродистый феррохром в значительных количествах и с более низкой себестоимостью, чем по традиционной технологии. В дальнейшем этим способом получены промышленные партии хроммарганцевых и хромникелевых лигатур. В 1976 г. на предприятии опробована и внедрена технология получения низкоуглеродистого феррохрома с заливкой жидкого ферросиликохрома в печь.

Стахановский ферросплавный завод

Для удовлетворения всё возрастающей потребности отечественной металлургии в ферросилиции в 1952 г. было принято решение о строительстве в восточной части Донбасса нового Стахановского ферросплавного завода.

Строительство развернулось в 1959 г. после проведения изыскательских работ в степи под станцией Алмазной Ворошиловградской области, рядом с г. Кадиевка, позднее переименованном в Стаханов. Возведение завода в этом регионе было обусловлено двумя важнейшими обстоятельствами: близким расположением других металлургических предприятий и существующими



транспортными связями. Уже 10 апреля 1962 г. была проведена первая плавка. Последние две печи (№№7 и 8) были введены в эксплуатацию в ноябре 1962 г.

Проектом предусматривался высокий уровень автоматизации и механизации производственных процессов, а в качестве плавильных агрегатов использовались закрытые электродуговые печи мощностью 16,5 МВА каждая – принципиально новые агрегаты по сравнению с эксплуатируемыми в то время. Проектная мощность завода составила 193,2 тыс. т ферросилиция в пересчёте на 45 %-ный сплав. В 2004-2005 гг. была проведена реконструкция большинства печей завода.

Ермаковский завод ферросплавов

Завод был построен в 1965-1986 гг. Потребность в строительстве нового завода была вызвана увеличением выпуска в мире качественных сталей и создавшимся в связи с этим дефицитом в производстве ферросплавов.

Площадка для строительства была выбрана правительственной комиссией с учетом близости к источникам сырья и топлива, потребителям готовой продукции, наличия необходимых водных ресурсов (р. Иртыш). Значительное влияние на выбор места строительства оказало наличие дешёвой электроэнергии (тепловые электростанции на базе экибастузского угля). Проектное задание на строительство завода, утверждённое в 1958 г., разработал институт «Гипросталь» (г. Харьков).



Палатки первостроителей Ермаковского ферросплавного завода

Началом строительства завода принято считать прибытие в село Ермак в 1959 г. монтажного поезда, который приступил к прокладке железнодорожной ветки «Спутник – Ермак». С 1963 г. уже полностью развернулось строительство промышленных объектов завода. В 1965 г. начали строить ферросплавный цех №2.

30 декабря 1966 г. в построенном ранее экспериментальном цехе была проведена первая плавка металла. На завод прибывали специалисты с многих родственных заводов, имевшие большой практический опыт. К концу 1967 г. численность коллектива достигла уже 1800 человек. В этом же году начались работы по введению в эксплуатацию городского профессионально-технического училища № 164. 105 человек училось в техникумах и вузах. В январе 1968 г. были введены в эксплуатацию первые печи цеха №2.

Первая плавка ферросилиция на печи №21 состоялась 18 января 1968 г. – эта дата считается днём рождения Ермаковского завода ферросплавов. 2 февраля 1968 г. выдала первый металл печь №22. В то же время велись строительство и монтаж печей №№23 и 24, первые плавки на которых состоялись 7 июня и 11 июля 1968 г. 16 июля был подписан акт о приемке в эксплуатацию всего комплекса первой очереди Ермаковского завода ферросплавов.



Памятная медаль в честь первой плавки на Ермаковском заводе

В 1970 г. приступили к строительству ферросплавного цеха №4. 31 декабря 1971 г. в эксплуатацию приняты печи №№41 и 42, а 30 января и 27 февраля 1972 г. на них прошли первые плавки.

5 октября 1972 г. на заводе выплавляли миллионную тонну ферросплавов. В конце года было начато строительство ферросплавного цеха №1. В 1974 г. закончили строительство цеха №4, две последние печи которого – №№47 и 48 – были исполнены уже в закрытом варианте, с очисткой отходящих газов. Таким образом, за семь лет на заводе ввели в эксплуатацию два ферросплавных цеха – 16 печей, мощностью по 16,5 МВА каждая.

По ходу строительства выяснилось, что потребность в полупродукте и ферросиликомарганце в стране существенно снизилась, и все печи цеха №4 перевели на выплавку ферросилиция.

В апреле 1976 г. завод выплавил двухмиллионную тонну ферросплавов и его мощности продолжали увеличиваться. 13 августа выдала первую плавку печь №11 цеха №1. В 1977 г. пусти-

ли печи №№12 и 13. В 1978 г. закончили строительство ещё двух печей цеха №1. Последняя печь цеха №1 – шестнадцатая – была сдана в эксплуатацию 26 февраля 1979 г.

После этого приступили к строительству самого крупного цеха завода – № 6, с 4 печами типа РКЗ-63И1, мощностью по 63 МВА каждая, с трансформаторами общей мощностью 80 МВА. Первый металл на последней построенной печи №64 выплавляли 5 октября 1982 г. С окончанием строительства цеха № 6 ввод новых мощностей по производству ферросплавов прекратился.

В 1995 г. завод вошёл в состав транснациональной компании «Казхром» и получил новое имя – Аксуский завод ферросплавов (двумя годами ранее г. Ермак был переименован в Аксу). В 2005 г. были проведены мероприятия по реконструкции мощностей завода.

Никопольский завод ферросплавов

8 мая 1958 г. Совет министров СССР принял постановление о подготовке проекта для строительства в Никополе завода по производству марганцевых ферросплавов. В декабре 1961 г. Совет Министров СССР специальным постановлением утвердил проектное решение. Уже к концу осени 1962 г. разметили площади под строительство первых заводских объектов – пожарного депо и насосной станции.

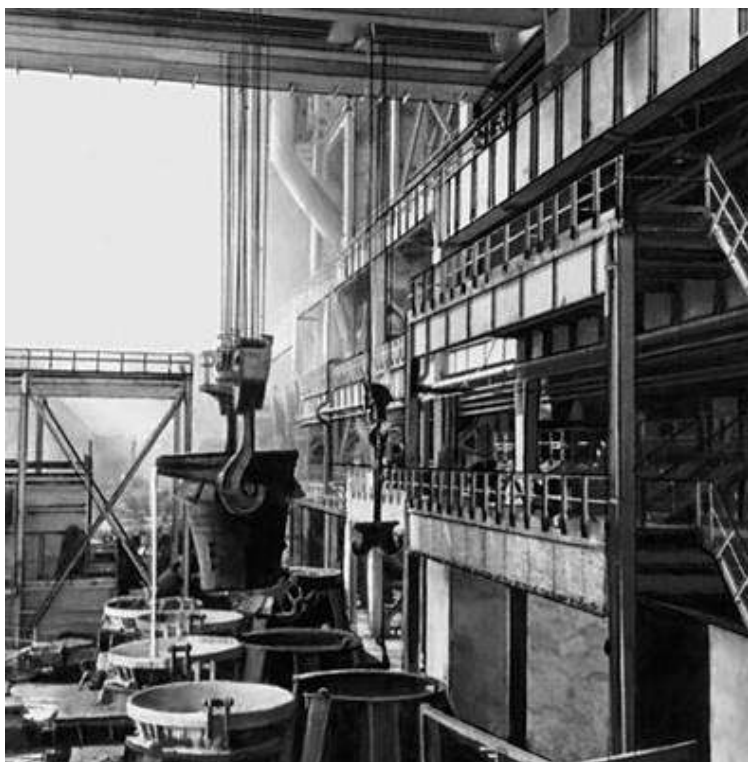
К концу 1963 г. был завершён важный объект – автодорога к городу Никополю с путепроводным мостом над железной дорогой. А со следующего года приступили к строительству цехов – флюсоплавильного, электродной массы, корпуса вагоноопрокидывателей.

С марта 1964 г. начали рыть котлован под флюсоплавильный цех (для производства флюсов для электросварки). Директор завода А. Сухоруков предложил построить небольшую печь для

тренировочных работ. При ней была организована круглосуточная работа, где плавилищники осваивали процессы выплавки флюсов. 6 марта 1966 г. была пущена печь №1 для выплавки флюса АНФ-6.

Строительство флюсоплавильного цеха было завершено к концу июня 1967 г., а уже через год, 27 августа 1968 г., в строй вступил цех №2 по производству марганцевых сплавов.

В 1975 г. в цехе №2 была построена печь №16, также был введён в строй аглоцех в составе двух агломашин, печь №1 в цехе №1 и другие важные объекты. В декабре 1976 г. заработала печь №4.



Цех Никопольского завода ферросплавов



Никопольский завод ферросплавов

Ключевской завод ферросплавов

В 1945-1950 гг. на заводе была освоена технология выплавки низкоуглеродистого и азотированного феррохрома. В послевоенные годы бурное развитие производства специальных сталей и сплавов для аэрокосмического и оборонного комплексов потребовало значительного увеличения объёма выпускаемых заводом сплавов. В 1947 г. с внедрением выплавки низкокремнистого феррониобия была завершена разработка основного сортамента предприятия.

В 1953 г. на правительственном уровне было принято решение о реконструкции и фактически строительстве нового Ключевского завода ферросплавов. В 1954-1957 гг. были введены в эксплуатацию комплекс ферросплавного цеха №2, цех по производству алюминиевого порошка, обогатительная фабрика, газогенераторная станция, котельная и очистные сооружения, т.е. введена в эксплуатацию первая очередь завода.

В 1961 г. сдан в эксплуатацию новый пролёт выплавки ферротитана в цехе №1, а в 1965 г. – пролёт лигатур того же цеха. В 1972-1975 гг. была проведена реконструкция цеха №2 с установкой электропечей и систем газоочисток. В 1972-1977 гг. был организован выпуск товарных глинозёмистых полупродуктов, используемых для выплавки синтетических шлаков.

Также был введён в эксплуатацию комплекс ферросплавного цеха №5 для выплавки феррониобия электропечным способом, организована выплавка лигатур с редкоземельными металлами, модификаторов, силикокальция разных марок и силикокальция с активными добавками. В 1984 г. построена новая шахтная печь для обжига известняка.

Дальнейшее развитие ферросплавных мощностей

Таким образом, к началу 1980-х гг. были введены и реконструированы основные мощности ферросплавного производства, которые составляют его основу и в наши дни. В это же время началась разработка проекта строительства Восточно-Сибирского ферросплавного завода. К работе Государственной комиссии по технико-экономическому обоснованию Восточно-Сибирского завода ферросплавов были привлечены ведущие специалисты Академии наук СССР, министерств геологии и черной металлургии.

Государственная комиссия, рассмотрев несколько потенциальных площадок, в т.ч. в Кузбассе, сделала выбор в пользу сырьевой базы на основе достаточно крупных и богатых Порожненского и Нижне-Удинского марганцевых месторождений, расположенных в Красноярском крае северо-восточнее г. Лесосибирска, в этом же районе и началось сооружение Восточно-Сибирского завода ферросплавов. Однако в 1990-е гг. его строительство было заморожено, а доразведка двух упомянутых месторождений приостановлена.

Дальнейшее развитие ферросплавных мощностей СССР, а затем и СНГ, шло, в основном, путём текущей реконструкции крупных производств и ввода новых небольших предприятий и цехов (Братский, Тихвинский, Кингисеппский, Юргинский и др. ферросплавные заводы).

Раздел 18. Видные организаторы ферросплавной промышленности и представители научных школ

Для СССР периода индустриализации, как уже говорилось, производство ферросплавов являлось совершенно новой областью. В связи с организацией этого производства вопрос о подготовке кадров для этой новой отрасли металлургии приобрёл особую актуальность. Полностью отсутствовали учебники и руководства по производству ферросплавов, фактически не было практического опыта – всё это затрудняло формирование отрасли.

Освоение нового производственного и научного направления велось в традиционном для России направлении – будущие специалисты отправлялись для обучения за границу. Кроме того, особенно это касается теоретических исследований, кадры поставлялись из смежной области металлургической науки – электрометаллургии.

Значительную роль в этом процессе, особенно на первых порах играли специалисты кафедры электрометаллургии Московского института стали им. И.В. Сталина, незадолго до этого созданного на базе Московской Горной Академии, в том числе профессор К.П. Григорович, один из организаторов создания советского электросталеплавильного производства, а также отечественной научной школы электрометаллургов.



Константин Петрович Григорович

Константин Петрович Григорович

Родился 18 сентября 1886 г. в семье учителя гимназии. Из четырёх сыновей в семье двое выбрали металлургию в качестве специальности – Константин вместе со своим братом поступил в Санкт-Петербургский политехнический институт.

За помощь в организации сходки по случаю смерти Льва Толстого и акцию протеста против насилия в тюрьмах Константин Петрович был сослан на два года в Олонецкую губернию. С тех пор политикой он не занимался. После ссылки Константин Петрович восстановился в институте и смог продолжить исследования, а в 1912 г. его пригласил на работу Путиловский завод.

Ещё во время ссылки была опубликована одна из его первых работ, и начальник лаборатории завода, известный металлург Николай Иванович Беляев (ученик «отца металловедения» Д.К. Чернова и один из создателей отечественного производства легированных сталей), предложил Константину Петровичу принять участие в проектировании и запуске первых электропечей. И уже к 1917 г., в канун революции, этот цех заработал на полную мощность.

После такого результата Беляева пригласили преподавать в Московскую горную академию, и он, в свою очередь, предложил Григоровичу создать свой собственный курс по электрометаллургии. Курс перерос в целую кафедру, которую и возглавил Константин Петрович.

После окончания Гражданской войны металлургия активно развивалась, и кафедра выпустила многих известных специалистов, впоследствии ставших директорами заводов. Когда председателем ВСНХ был назначен Г.К. Орджоникидзе, оказалось, что он практически не разбирается в тяжёлой промышленности. За дополнительными уроками ему пришлось обратиться как раз к Константину Петровичу.



Всесоюзный съезд по качественным сталям, 1933 г. Выступление наркома Орджоникидзе

Семейная легенда гласит, что Орджоникидзе лично слушал лекции Григорович, записывал, а после окончания «курса», когда «товарища Серго» назначили наркомом тяжелой промышленности, он подарил профессору «Роллс-Ройс».

Летом 1938 г. Григоровича выдвинули в действительные члены Академии наук СССР, а в сентябре арестовали. Константина Петровича расстреляли в 1939 г. по приговору Военной коллегии Верховного совета СССР. Только после смерти Сталина, в 1956 г. он был посмертно реабилитирован.

Помимо прочего, К.П. Григорович был руководителем авторского коллектива, издавшего первый в нашей стране учебник ферросплавного производства, призванный восполнить пробел в соответствующей информации и облегчить молодым кадрам знакомство с теорией и практикой ферросплавного производства.



Яков Вениаминович Дашевский

Родился 20 февраля 1902 г. в селе Дмитровка Елисаветградского уезда Херсонской губернии, в бедной многодетной семье. Параллельно с работой он учился на курсах, а затем, с 1921 по 1928 гг. проходил обучение на горнозаводском факультете Екатеринославского горного института и работал техником в паровозных мастерских Екатеринославской железной дороги.

После окончания вуза Я.В. Дашевский был направлен на работу в институт Укргипромет, где он работал над проектом завода ферросплавов, энергетической базой для которого была определена строящаяся Днепровская гидроэлектростанция – Запорожского. Для ознакомления с техно-



логическими процессами производства ферросплавов в 1929 г. Яков Вениаминович был на год направлен в научную командировку в Германию, Австрию, Норвегию, Швецию, Чехословакию и Польшу. По возвращении из командировки он был переведён в институт Гипромет и назначен главным инженером проекта Запорожского завода ферросплавов. После ввода в эксплуатацию завода, на тот момент входившего в состав металлургического комбината «Запорожсталь» в октябре 1933 г. Дашевский был назначен его директором.

В этот же период началась его карьера как крупного организатора ферросплавной промышленности СССР: в 1936 г. он

был утверждён членом Совета при народном комиссаре тяжёлой промышленности Г.К. Орджоникидзе, в 1937 – направлен техническим директором на Зестафонский завод ферросплавов, с 1938 г. занимал пост заместителя начальника отдела капитального строительства Главспецстали Наркомчермета СССР, а с 1939 по 1940 гг. возглавлял комиссию по выбору площадок для строительства ферросплавных заводов в Сибири и Казахстане; после утверждения места расположения новых заводов стал главным технологом проектов Кузнецкого и Актюбинского заводов ферросплавов.

В июле 1941 г. Я.В. Дашевский ушёл добровольцем на фронт, однако вскоре по указанию наркома чёрной металлургии СССР И.Ф. Тевосяна был отозван из действующей армии для технического руководства строительством Кузнецкого и Актюбинского заводов ферросплавов. В этот же период Яков Вениаминович занимался организацией эвакуации металлургических предприятий Запорожья.

В октябре 1943 г., после освобождения левобережной части Запорожья от немецкой оккупации Дашевский был направлен туда для определения состояния запорожских металлургических заводов и организации хозяйственно-технической деятельности по их восстановлению, а в октябре 1944 г. – назначен директором Запорожского завода ферросплавов.

В 1944 г. Яков Вениаминович получил учёную степень кандидата технических наук за работу «Параметры ферросплавных печей плавильного цеха Зестафонского завода ферросплавов». До 1950 г. он занимался научно-организационной работой по внедрению новых технологий производства ферросплавов на запорожском заводе, а также общественной работой: был депутатом Запорожского городского Совета, членом президиума областного комитета профсоюзов, председателем президиума областного отделения Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний.

В 1950 г., в разгар «борьбы с космополитизмом», по доносу в «игнорировании линии партии» Я.В. Дашевский был снят с должности директора завода и лишь благодаря руководству Министерства чёрной металлургии избежал худшей участи и снова оказался в Новокузнецке на заводе ферросплавов, где проработал долгое время, занимаясь, помимо прочего, вопросами загрузки шихты в руднотермические печи.

С 1962 г. Яков Вениаминович работал в отделе металлургии Государственного комитета Совета Министров СССР по координации научно-исследовательских работ, а в 1967 г. перешёл на работу в Институт металлургии им. А.А. Байкова АН СССР, где продолжил работу по проблеме производства низкофосфористых марганцевых ферросплавов из добываемых в СССР марганцевых руд.

Иван Фёдорович (Тевадросович) Тевосян

Родился в семье портного 4 января 1902 г. в городе Шуша Елисаветпольской губернии). В семье было четверо детей. В 1906 г. семья бежала из Шуши и поселилась в Баку. Окончил право-

славную церковно-приходскую школу и трехгодичную Торговую школу в Баку. После её окончания работал в Волжско-Бакинском нефтяном обществе конторщиком, счетоводом, помощником бухгалтера. Одновременно по вечерам учился экстерном в гимназии.



Будучи активным участником большевистского подполья, после восстановления советской власти в Баку 28 апреля 1920 г. Тевосян был назначен ответственным секретарем Городского районного комитета РКП(б), а также членом Центрального правления союза работников нефтяной и металлургической промышленности Баку.

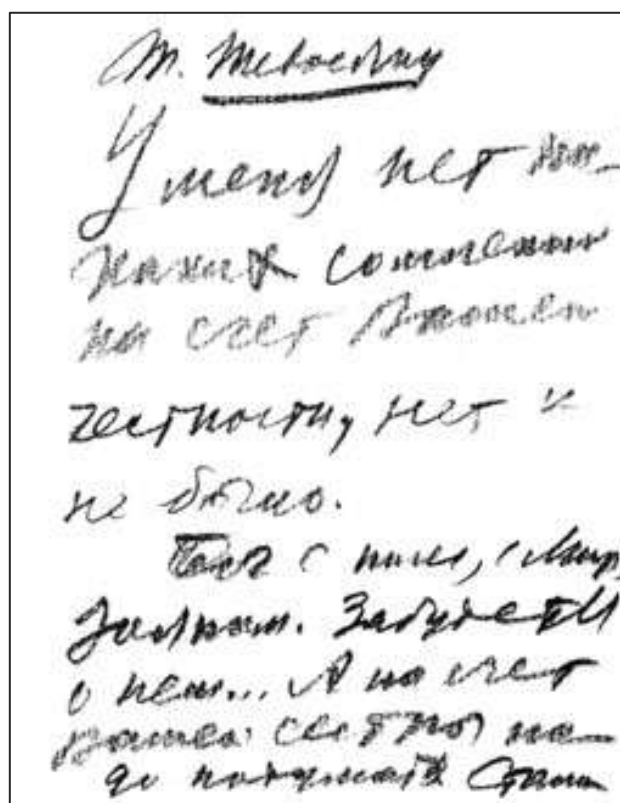
С 1921 г. он обучался в Московской Горной Академии на металлургическом факультете (окончил в 1927 г.), был секретарём партийного бюро академии. После окончания Горной Академии И.Ф. Тевосян был назначен инженером на заводе «Электросталь» Московской области. В 1929-1930 гг. находился в командировке

на металлургических заводах в Германии, Чехословакии и Италии.

По возвращении на родину в ноябре 1930 г. его назначили начальником электросталеплавильных цехов, а затем главным инженером завода «Электросталь». В 1930 г. на XVI съезде партии он был избран членом ЦКК-РКИ и утверждён заведующим отделом черной металлургии. Однако с разрешения Орджоникидзе он отказался от этого назначения и остался на заводе «Электросталь». В апреле 1931 г. Иван Фёдорович был командирован в Германию с целью привлечения в СССР крупных иностранных специалистов по качественным сталям.

С августа 1931 г. Тевосян стал управляющим только что созданного объединения «Спецсталь» в составе металлургических заводов «Электросталь», «Серп и Молот», «Красный Октябрь», «Днепро-спецсталь», Верх-Исетского и Надеждинского в Свердловской области, а также Челябинского и Зестафонского ферросплавных заводов.

Главной задачей объединения было освоение производства ферросплавов и сталей в постоянно растущем объёме и расширяющемся сортаменте. В этой работе Тевосяну помогали его заместители –



Записка Сталина Тевосяну

технический директор объединения профессор К.П. Григорович, главный инженер И.И. Субботин, ещё до революции работавший в этой должности на Надеждинском заводе, а затем на московском заводе «Серп и Молот», а также иностранный специалист доктор Криц. Под их руководством было создано ферросплавное производство, налажен выпуск металла со специальными свойствами для авиапромышленности, судостроения и других отраслей.

Позднее И.Ф. Тевосян занимал должности начальника 7-го (броневого) главка Наркомата тяжёлой промышленности, 1-го заместителя наркома оборонной промышленности СССР, наркома судостроительной промышленности, наркома и министра чёрной металлургии, министра металлургической промышленности, заместителя председателя Совета Министров СССР.

В 1956 г. Тевосян выступил против предложенного Н.С. Хрущёвым территориального принципа управления народным хозяйством и предложил применить в СССР некоторые передовые методы управления промышленностью США. Ответом стали разгромные высказывания Хрущёва, а в декабре 1956 г. Тевосян был освобождён от обязанностей заместителя Председателя Совета Министров СССР и назначен Чрезвычайным и Полномочным Послом СССР в Японии. Вскоре, в 1958 г., Иван Фёдорович скончался.

Помимо прочего И.Ф. Тевосян стал прототипом главного героя романа Александра Бека «Новое назначение».

Александр Михайлович Самарин

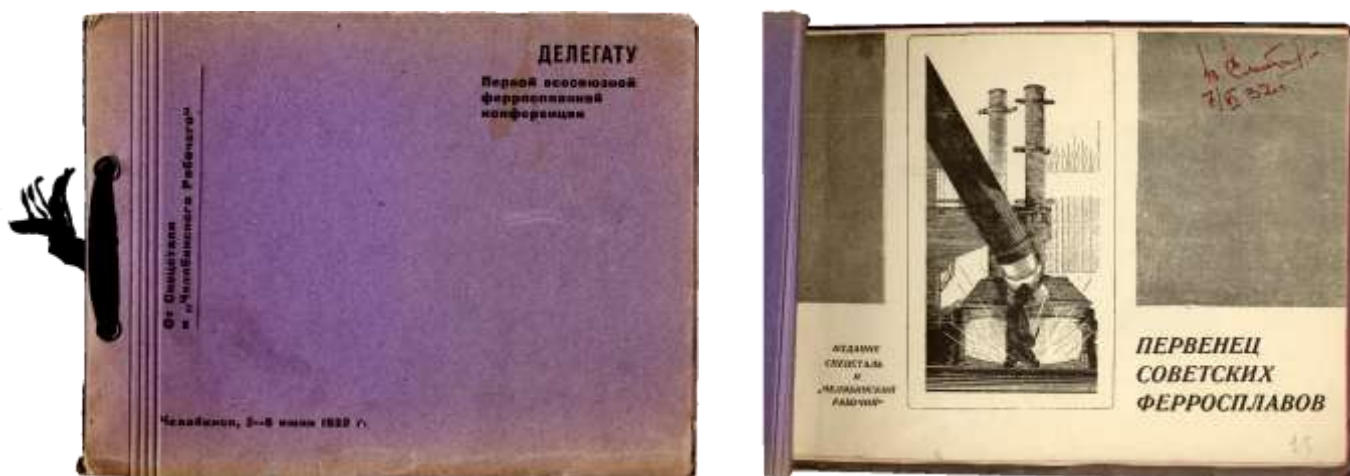
Родился 14 августа 1902 г. в семье крестьянина в селе Саконы Нижегородской губернии. В 1926 г. из Нижегородского университета Самарин перешёл учиться в Московскую горную академию на металлургический факультет.

С 1930 г. по 1934 г. А.М. Самарин – ассистент кафедры электрометаллургии стали и ферросплавов Московского Института Стали. В 1932 г. по конспектам его лекций заведующий кафедрой профессор К.П. Григорович составил и издал первый в России труд по электрометаллургии.

В 1932 г. Самарин работал консультантом на строящемся Челябинском ферросплавном заводе, где участвовал в создании технологии выплавки высококачественного малоуглеродистого феррохрома и феррованадия. Результаты исследований он доложил на I Всесоюзном съезде по ферросплавам в 1932 г. Они имели большое практическое значение для освоения технологии и электропечного оборудования на введенном в 1933 г. в эксплуатацию Запорожском заводе ферросплавов.



В 1934 г. А.М. Самарин стал соавтором уже упомянутого выше первого отечественного учебника по ферросплавному производству. В том же году он был командирован в США, где работал в лаборатории химического факультета Мичиганского университета под руководством известного металлурга Дж. Чипмана. В США Самарин также детально изучил процесс производства ферросплавов на местных заводах.



Блокнот участника I Всесоюзной конференции по ферросплавам

Сведения, изложенные в отчётах Самарина о командировках на ферросплавные заводы США и Норвегии, были использованы при организации в нашей стране производства ферромolibдена внепечными методами и переводе ферросплавных печей на самоспекающиеся электроды Содерберга. Александр Михайлович руководил проектированием первой закрытой ферросплавной печи, которую в 1939 г. предполагали построить на Зестафонском ферросплавном заводе.

В 1930-х гг. он впервые в стране разработал технологию применения комплексных раскислителей (алюминий-марганец-кремний (АМС), марганец-кремний (силикомарганец) и кальций-марганец-кремний (КМК)) в сталеплавильных процессах, а на I Всесоюзном съезде по качественным сталям в 1932 г. было принято постановление о расширении производства в СССР комплексных раскислителей. В 1931-1933 гг. Самарин руководил работами, связанными с установлением рациональных методов использования природно-легированных железных руд Орско-Халиловского района.

Дальнейшая работа А.М. Самарина была связана, в основном с разработкой технологий производства качественных сталей и повышения эффективности использования ферросплавов для раскисления и легирования.

В 1943 г. вышла в свет монография Самарина «Электрометаллургия. Производство стали», которая много лет была настольной книгой отечественных производственников и студентов. В лаборатории Самарина при выполнении в 1965-1970 гг. работ по использованию в металлургии вакуума было обнаружено, что при давлении 0,5-2,0 мм рт. ст. углерод становится более сильным

раскислителем, чем кремний, что позволило осуществлять глубокое обезуглероживание и раскисление металла без применения дорогих раскислителей.



Работы А.М. Самарина и его школы по изучению термодинамики и кинетики азотированных в жидком состоянии ферросплавов на основе марганца, хрома и других элементов привели к разработке и промышленному внедрению на Запорожском ферросплавном заводе оригинальных технологий. Азотированные ферросплавы получали на основе твердофазных процессов взаимодействия азотсодержащих атмосфер с порошкообразными ферросплавами, т.е. без расплавления металла. На этом же заводе последователи Самарина – представители научной школы ферросплавщиков Украины – освоили в 1956 г. технологию вакуумирования жидкого феррохрома и металлического марганца, а несколько позже, в 1960 г. – техно-

логию твердофазного рафинирования ферросплавов в вакуумных печах сопротивления.

А.М. Самарин являлся академиком АН СССР, работал директором, заведующим кафедрой, проректором по научной работе Института Стали, был заместителем министра высшего образования СССР, директором института металлургии им. Байкова АН СССР.

Вячеслав Петрович Елютин

Родился 26 февраля 1907 г. в городе Саратове в семье железнодорожника. В 1930 г. окончил Московский Институт Стали, после чего работал на Челябинском ферросплавном заводе, где во главе группы инженеров разрабатывал технологию выплавки феррохрома.

В 1933 г. Вячеслав Петрович окончил аспирантуру Института Стали, а в 1933-1935 гг. исполнял в нём обязанности доцента. В этот же период он участвовал в написании первого советского учебника ферросплавного производства.

В 1935 г. был назначен деканом





факультета и заместителем директора Промышленной академии им. Сталина, эти должности он занимал до начала войны. С 1941 по 1943 гг. В.П. Елютин служил в должности артиллерийского техника, а в 1943 г. был назначен доцентом Московского института Стали.

Дальнейшая карьера Вячеслава Петровича была связана с организацией образования, в том числе профессионального. С 1945 по 1951 гг. он занимал должность директора Московского Института Стали. В этот же период, в 1957 г. выходит второе издание учебника «Производство ферросплавов», написанное им в соавторстве с Ю.П. Павловым, Б.Е. Левиным и Е.М. Алексеевым.

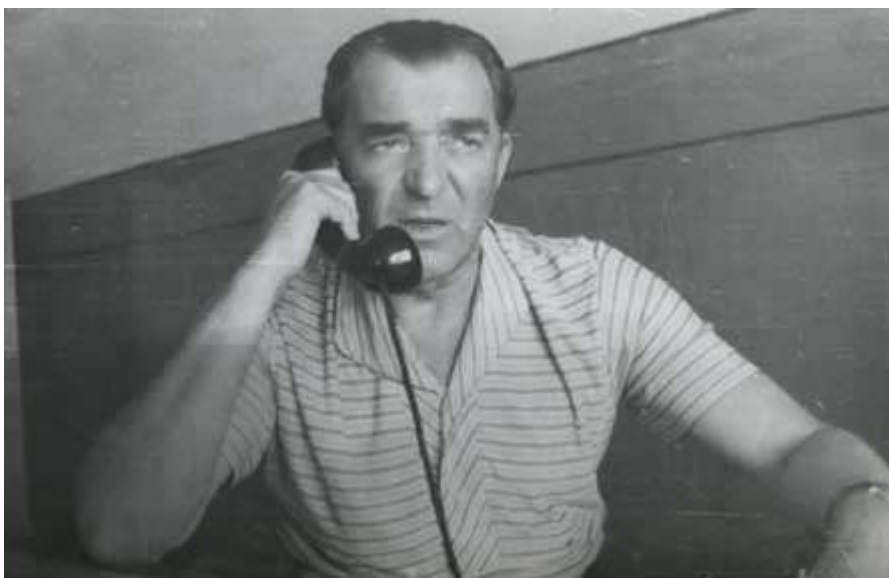
С 1951 г. В.П. Елютин – заместитель министра, с 1954 г. – министр высшего образования СССР, с 1959 г. – министр высшего и среднего образования

СССР. С июля 1985 г. по 1993 г. – персональный пенсионер союзного значения. Член-корреспондент АН СССР.

Василий Павлович Нахабин

Родился 1 января 1909 г. в деревне Денисовичи на Брянщине в многодетной крестьянской семье. В 1923 г. он пошёл работать на суконную фабрику сначала учеником ткача, затем ткачом, а параллельно учился на Смоленском рабфаке, после окончания которого в 1929 г. как лучший выпускник был направлен на учёбу в Московскую Горную Академию на металлургический факультет.

После окончания института в 1932 г. 23-летний инженер-электрометаллург В.П. Нахабин был направлен на работу в объединение «Спецсталь», где был привлечён к подготовке I Всесоюзной конференции по ферросплавному производству, и в том же году он был командирован во Францию для углубления знаний по новому профилю. После возвращения из Франции Василию Павловичу было поручено возглавить завершение



строительства уже работающего Челябинского ферросплавного завода.

В 1934 г. В.П. Нахабин направляется на ферросплавный завод в Запорожье, где в течение 5 лет работает начальником цеха по производству низкоуглеродистого феррохрома и становится одним из ведущих отечественных ферросплавщиков. В 1939 г. Василий Павлович был направлен на строительство Актюбинского ферросплавного завода главным инженером строительства, а по завершении строительства, в 1943 г., назначается директором этого предприятия.

В 1951 г. вышло Постановление Совмина СССР о строительстве на Северном Урале в г. Серове завода по производству ферросплавов. По рекомендации министра чёрной металлургии И.Ф. Тевосяна В.П. Нахабин едет в Серов на стройку нового завода в должности главного инженера строительства. После ввода завода в эксплуатацию Василий Павлович был его директором на протяжении 23 лет.

Яков Самуилович Щедровицкий

Родился 5 июня 1907 г. в Смоленске. Окончил Ленинградский Металлургический Институт, после чего работал на Челябинском ферросплавном заводе, на Днепровском и Уральском алюминиевом заводах. В 1959 г. возглавил ферросплавный отдел челябинского НИИ Металлургии (НИИМ).

Основное научное направление – совершенствование технологии выплавки ферросплавов. Я.С. Щедровицкий принимал активное участие в разработке и внедрении на Челябинском ферросплавном заводе технологии выплавки ферросилиция практически всех требуемых марок, а позднее – в разработке технологии выплавки ферросплавов широкого ассортимента в высокомошных закрытых электропечах на Ермаковском ферросплавном заводе.

Александр Николаевич Морозов

Появление челябинской научной школы сталеплавыльщиков связано с именем крупного ученого-металлурга, специалиста в области теории и практики сталеплавленного производства А.Н. Морозова, который в 1952 г. организовал кафедру металлургии стали в Челябинском политехническом институте.

Результаты исследований А.Н. Морозова, проведённые им ещё в 1935-1938 гг., в конце 1960-х – начале 1970-х гг. были использованы при разработке и внедрении в НПО «Тулачермет» комплексной технологии переработки ванадиевых шлаков с получением феррованадия.

Большой вклад А.Н. Морозов внёс в организацию международной стандартизации ферросплавов. В 1969 г. Совет ИСО принял решение о создании Технического комитета ИСО ТК132 «Ферросплавы», ведение Секретариата которого было поручено НИИМу как базовому институту Минмета СССР по стандартизации ферросплавной продукции.

Под руководством А.Н. Морозова был разработан ряд международных стандартов, а опыт, накопленный комитетом, был использован для прогнозирования развития отечественного ферросплавного производства и при совершенствовании государственной нормативно-технической до-

кументации. Успешной деятельности ТК ИСО в определённой степени содействовал высокий научно-технический уровень химической лаборатории НИИМа, работе которой А.Н.Морозов уделял большое внимание, считая её одним из основных подразделений института.

Марк Абрамович Рысс

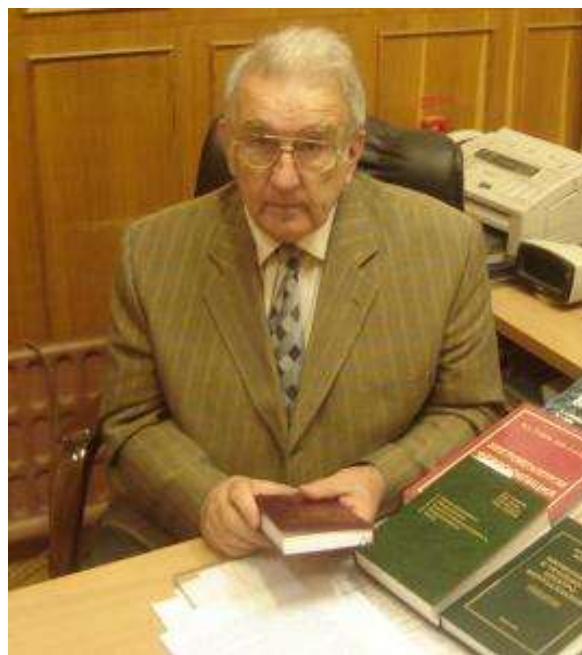
Родился в 1927 г. в Житомире. Окончил Московский Институт Стали в 1948 г., после чего много лет проработал на Челябинском заводе ферросплавов (позднее ЧЭМК): в 1948-1949 гг. помощником мастера, в 1949-1953 гг. мастером, в 1953-1958 гг. старшим мастером, в 1958-1960 гг. заместителем начальника технического отдела комбината, в 1960-1975 гг. начальником центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ), в 1975-1988 гг. старшим инженером технического отдела.

Около 30 лет М.А. Рысс возглавлял исследовательские работы по освоению прогрессивных технологий ферросплавного производства. Автор учебника «Производство ферросплавов» (издания 1975 и 1985 г.) – одного из лучших учебных пособий для студентов и металлургов-практиков.

Михаил Иванович Гасик

Родился 30 июня 1929 г. в селе Семёновка Пологовского района Запорожской области. Учился в Днепропетровском металлургическом институте (сейчас Национальная металлургическая академия Украины) в 1949-1954 гг., с которым связана вся его дальнейшая профессиональная жизнь: с 1954 г. – младший научный сотрудник, в 1958-1961 гг. аспирант, ассистент, в 1961-1971 гг. доцент кафедры электрометаллургии, с 1971 г. – профессор. С 1973 г. заведующий кафедрой электрометаллургии, одновременно в 1973-1986 гг. декан электрометаллургического факультета.

Автор и соавтор огромного количества монографий и учебников, в т.ч.: «Марганец» (1990), «Металлургия хрома» (1999), «Металлургия марганца Украины» (1996), «Силикотермия марганца» (2000), «Хром Казахстана» (2001), «Теория и технология получения ферросплавов» (1989), «Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов» (2004), «Физико-химия и технология электроферросплавов» (2005).



Раздел 19. Современное состояние и перспективы производства ферросплавов

До 2009 г. ежегодно в мире производилось около 35 млн т ферросплавов. В 2009 г., в результате мирового финансового кризиса производство ферросплавов в мире снизилось на 25 % до 22,6 млн т. Самым массовым среди производимых ферросплавов является феррохром, доля которого в мировом производстве ферросплавов составляет 24 %. На втором месте находится силикомарганец,



доля которого составляет 21 %. Третье место занимает ферросилиций с долей 20 %, а на четвертом – ферромарганец с долей 13 %. Вместе вышеперечисленные ферросплавы занимают более 78 % мирового производства.

Среди стран – основных производителей ферросплавов, необходимо отметить Китай, доля которого в мировом производстве составляет 46 % и ЮАР, производящую 14,2 %. Заметными продуцентами также являются Украина, Казахстан, Бразилия, Индия, Япония, Норвегия и Франция. Россия также является заметным производителем ферросплавов в мире, хотя и зависит от импорта некоторых из них. Доля России в мировом производстве составляет около 5 %. До 65 % общероссийского объема производства ферросплавов приходится на Урал, 29 % – на Кемеровскую область.

Нынешний список отечественных производителей ферросплавов остался практически неизменным со времён Советского Союза. Основные производители сосредоточены на Урале. Это Челябинский Электromеталлургический Комбинат (ЧЭМК) – крупнейшее в СНГ предприятие по производству ферросилиция, феррохрома, ферросиликохрома, силикокальция, ферровольфрама, ферромolibдена, хромоникелевой лигатуры, графитированных электродов, электродной массы, силикомарганца и ферросиликомарганца, Серовский завод, выпускающий углеродистый феррохром, силикохром, безуглеродистый феррохром, планирует выпускать силикомарганец и Ключевской завод, выпускающий широкую номенклатуру продукции: ферротитан, феррохром, ферромolibден, редкоземельные сплавы, вольфрамовые сплавы, а также металлический хром (98 %).

К сожалению, российская сырьевая база для производства сплавов хрома и марганца представлена небольшими месторождениями руд невысокого качества, что делает предприятия, выпускающие эти сплавы зависимыми от поставок импортного сырья.



Одним из наиболее крупных «новых» ферросплавных предприятий является производитель ферросилиция Юргинский ферросплавный завод (ЮФЗ), входящий в группу ЧЭМК. В июле 2006 г. в Юрге была пущена в эксплуатацию первая ферросплавная печь, которая положила начало развитию нового металлургического предприятия. Вторую печь построили, несмотря на мировой экономический кризис, в январе 2010 г. В первой половине 2011 г. в строй были введены ещё две новые печи, что составляет первую очередь завода.

Ключевский завод ферросплавов (КЗФ), чья специализация – «экзотические» малотоннажные и мелкосерийные ферросплавы, предназначенные для выплавки легированных специальных сталей и сплавов, в последнее время вышел на первое место в стране по производству ферротитана, обогнав даже признанного лидера – ВСМПО-Ависма.

Два новых производства ферромолибдена были организованы в 2005 и 2006 гг. соответственно на Сорском (Республика Хакасия) и Жирекенском (Читинская обл.) ГОКах аффилированной с Базовым Элементом компании Союзметаллресурс.

Ещё одним новым производителем стал Тихвинский завод ферросплавов в Ленинградской области. Его строительство началось в апреле 2001 г., а в июле 2009 г. была введена в строй последняя печь. Завод входит в группу «Мечел» и производит феррохром из казахстанских хромитов. Помимо него «Мечел» владеет производящим ферросилиций Братским заводом ферросплавов, который был создан в ноябре 2003 г. на базе ферросплавно-кремниевых цеха Братского алюминиевого завода.

В настоящее время также ведётся подготовка к строительству в Красноярске Енисейского завода ферросплавов, который должен производить сплавы марганца, однако активное противодействие местных жителей не позволяет инвестору начать строительство.

Кроме собственно ферросплавных заводов, свои мощности имеются на ряде металлургических и литейных предприятий. Отдельную группу составляют производители ферромарганца в доменных печах: Саткинский чугунолитейный завод, Косогорский металлургический завод и Алапаевский металлургический завод. Последний производитель несколько лет не эксплуатировал свои печи, однако купившая завод в феврале 2011 г. компания НОВАЭМ планирует возобновить производство в ноябре 2011 г. с выходом на проектную мощность в середине 2012 г.

Что касается перспектив производства ферросплавов, то здесь, как и вообще в металлургии, «первую скрипку» играет Китай. При этом рост объёмов производства стали имеет следствием соответствующий рост объёмов производства ферросплавов.

Однако существуют возможные причины, по которым темпы роста производства ферросплавов могут замедлиться, а при определённых условиях объёмы производства могут даже сократиться. Во-первых, это связано с потенциальным замедлением темпов роста производства стали, возможность которого в ближайшие годы обсуждается правительством КНР. В этом случае автоматически снизится и потребность в ферросплавах для раскисления и легирования стали.

Второй причиной может стать изменение марочной структуры производимых сталей после завершения основного этапа индустриализации Китая. В этом случае произойдёт снижение производства легированных сталей для машиностроения с соответствующим увеличением доли углеродистой стали для гражданского строительства. Общий объём производства в этом случае также должен снизиться и стабилизироваться на определённом уровне, как это характерно в настоящее время для развитых стран.

Ещё один фактор, в результате действия которого возможно снижение объёмов производства ферросплавов в мире, связан с изменением подхода к легированию стали в промышленно развитых странах. Новый подход заключается в производстве высокочистых по примесям сталей с их последующим микролегированием ниобием или ванадием в количестве долей процента. Само собой, что при таком подходе потребность в ферросплавах резко снижается.

Правда, применение этого подхода в значительных масштабах на ближайшую перспективу вряд ли возможно, поскольку требует высокой культуры производства, существенного технического перевооружения производства и, самое главное, организации осмысленного обращения с металлопродукцией на всех этапах её жизненного



цикла.

Однако использование передовых металлургических технологий, не столь сложных при внедрении как микролегирование, в промышленности развивающихся стран в перспективе будет способствовать увеличению эффективности использования ферросплавов и, следовательно – снижению их расхода и потребности в них.

Что же касается процессов производства ферросплавов, то здесь вряд ли возможны принципиальные изменения, поскольку единственным экономически эффективным восстановителем для выплавки массовых ферросплавов является углерод – все прочие восстановители сами требуют предварительного восстановления из соединений с затратами энергии. При этом электрическая дуга обеспечивает необходимый температурный уровень для процесса восстановления. Таким образом, развитие технологии производства ферросплавов возможно только в сторону совершенствования агрегатов (в первую очередь – увеличения их мощности), без изменения физико-химических основ процессов.