

## 60 ЛЕТ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОМУ ПРОЦЕССУ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

Кислородно-конвертерный процесс является в настоящее время ведущим сталеплавильным процессом. У его истоков стояли отечественные ученые и специалисты, имена которых навсегда останутся в истории металлургии.

В 1933 г. советский инженер Н.И. Мозговой предложил применять чистый кислород в сталеплавильном производстве и 22 апреля 1936 г. впервые в мировой практике осуществил продувку жидкого чугуна кислородом сверху в 1,5-т агрегате, доказав безопасность продувки жидкого чугуна газообразным кислородом и опровергнув существовавшее в то время убеждение о возможности взрывов.

В 1940–1946 гг. опыты были продолжены на Косогорском металлургическом заводе, на заводе “Динамо” и в Экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков. Именно эти эксперименты, завершённые в 1946 г. отчетом по НИР, положили начало принципиально новому способу производства стали – кислородно-конвертерному процессу. В декабре 1946 г. инженером Н.И. Мозговым было получено авторское свидетельство № 91996, приоритет от 31.12.1946 “Способ производства стали продувкой в конвертере кислородом или обогащенным кислородом воздухом”.

### ОТЧЕТ ПО НИР

#### Получение стали продувкой чугуна (в конвертере) технически чистым кислородом по методу инженера Н.И. Мозгового (краткое содержание), Москва, 1946 г.

Работы по получению стали методом продувки чугуна чистым кислородом были начаты на Ордена Ленина заводе “Динамо” им. С.М. Кирова в конце 1944 г.

В связи с письмом автора метода инженера Н.И. Мозгового народному комиссару черной металлургии И.Т. Тевосяну 29 сентября 1945 г. указанием т. Тевосяна была организована бригада под общим руководством академика И.П. Бардина в составе: Мозгового Н.И. (руководитель), Леви Л.И., Эпштейна З.Д., Шумова М.М., Иванцова Г.П., Лившица Г.Л., Вонифатьева В.В. и Андреева Т.В., которой было поручено провести на заводе “Динамо” 12 плавов стали с исследованием следующих вопросов:

1. Шихтовка материалов для процесса.
2. Материальный баланс процесса.
3. Тепловой баланс процесса.
4. Качество получаемого металла.
5. Стойкость огнеупоров.

Работы по исследованию перечисленных вопросов были начаты в октябре 1945 г.

Для освоения кислородных процессов производства стали на заводе “Динамо” организована опытная установка, располагающая 2200 м<sup>3</sup> кислорода. Жидкий кислород доставляется на завод из Балашихи.

Установка имеет опытный 1,5-т конвертер, оборудованный необходимой контрольно-измерительной аппаратурой для изучения кислородных процессов.

МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР Завод „ДИНАМО“ им. С. М. Кирова	МИНИСТЕРСТВО СТАНКОСТРОЕНИЯ Д. Н. И. М. С.	МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ Д. Н. И. И. Ч. М.
<b>Получение стали продувкой чугуна (в конвертере) технически чистым кислородом по методу инженера МОЗГОВОГО Н. И.</b>		
Общее руководство работой осуществлял академик И. П. БАРДИН		
РАБОТУ ПРОВОДИЛИ:		
инж. Н. И. Мозговой, канд. техн. наук Л. И. Леви (руководители работы)		
инж.: З. Д. Эпштейн, М. М. Шумов (Э.Н.И.М.С.), Т. В. Андреев (М. Ч. М.), канд. техн. наук Г. П. Иванцов и канд. техн. наук Г. Л. Лившиц (Ц. Н. И. И. Ч. М.).		
В работе принимали участие: С. С. Фадотов, С. И. Опретин, Н. Г. Гершштейн, А. П. Белов, Г. С. Курки, С. В. Шалыгин, А. Ф. Мерков (завод „ДИНАМО“), В. В. Вонифатьев (завод № 40), Смирнов (Ц. Н. И. И. Ч. М.) и другие.		
ОТЧЕТ СОСТАВЛЕН:		
1) п. п. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 . . . . . Л. И. Леви, М. М. Шумов, Т. В. Андреев и З. Д. Эпштейн		
2) п. п. 7, 8, 9, 10 и приложения . . . . . Г. П. Иванцов		
3) п. п. 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 . . . . . Л. И. Леви		
4) п. 29 . . . . . Г. Л. Лившиц		
Редакция и руководство составлением отчета Л. И. ЛЕВИ		

Жидкий кислород направляется к конвертеру по трубопроводу, подвешенному на колонках. По пути он газифицируется за счет теплоты атмосферы.

За период с 3.02.1945 г. по 22.06.1946 г. в конвертере на кислородном дутье было проведено 137 плавов. Полученная сталь заливалась в формы для фасонного литья, а также в нормальные изложницы для опытных слитков весом

\* 60 лет кислородно-конвертерному процессу производства стали в России / Сб. статей под ред. д.т.н., проф. Е.Х. Шахпазова. — М.: Интерконтакт Наука. 2006. — 384 с.

750 кг. Слитки прокатывались на заводе “Серп и молот”. Всего выплавлено около 200 т стали.

Практика этих плавов и проведенная исследовательская работа показали, что предсказанные физические особенности метода, получившие подтверждение на опытах в ковшах, имеют место при работе на кислороде в конвертере.

Отсутствие балластного азота определяет высокую тепловую экономичность процесса (КПД 0,8–0,85) и создает ряд производственных преимуществ. Метод позволяет работать на нормальном бессемеровском чугуна без предварительного прогрева конвертера, причем последовательность окисления элементов имеет общие черты с установившимся бессемеровским процессом.

При проведении нескольких плавов подряд, когда конвертер прогрет, работа на передельных чугунах позволяет расплавлять значительные количества скрапа. При работе без скрапа возможен передел химически холодных чугунов, переработка которых невозможна при обычном бессемеровском процессе.

Расчеты материальных и тепловых балансов, сделанные по классическому методу академика М.А. Павлова, достаточно точно совпадают с данными эксперимента (по угару элементов ванны, расходу кислорода и др.). Освоение кислорода ванной близко к 100 %. Материальные балансы процесса показывают, что выход жидкой стали близок к 94–95 % в тех случаях, когда при проведении плавов нет выбросов.

Продолжительность процесса может быть доведена до любого практически приемлемого минимума в зависимости от температуры, состава и количества чугуна. Нормальные плавки продолжались от 6 до 20 мин. Момент окончания плавки определяется по признаку резкого исчезновения пламени.

Износ футеровки стенок конвертера не превышает ее износа при воздушном дутье. Наименее стойкая часть конвертера — дутьевой аппарат. Испытаны были фурмы из различных высокоогнеупорных материалов при донном, боковом и угловом дутье. Принцип передвижных фурм требует всемерного внимания и усовершенствования. Наилучшая стойкость дутьевого аппарата достигается при угловом дутье.

Наблюдение над процессом показывает, что продолжительность плавов определяется количеством кислорода, поданного в ванну, и колеблется в пределах 6–20 мин в зависимости от соотношения объема конвертера и металла, а

также от температуры и химического состава чугуна. Это отношение (4:1) оказалось недостаточным. Работа при холодном конвертере и металле дает выбросы, требующие при продолжительности процесса 10–12 мин увеличения отношения минимум до предела 5:1.



*Инженер Н.И. Мозговой*

Расчеты материальных и тепловых балансов процессов, проведенные по способу академика М.А. Павлова, совпадают с опытными данными и констатируют следующее:

- выход стали близок к 95–96 %;
- освоение кислорода ванной близко к 100 %;
- около 70–80 % тепла, выделяющегося при

окислении примесей, используется в опытном конвертере на нагрев ванны, несмотря на большие потери тепла в окружающую среду. Отсутствие азота создает в ванне большие избытки тепла, которые позволяют расплавлять значительное количество скрапа при работе на передельных чугунах или работать на химически холодных чугунах.

Сравнивая суммарное содержание вредных примесей (P + S) в опытной стали (от 0,12 до 0,23 %) с пределами, допускаемыми для ст. 4 (0,08 %), можно видеть, что повышенное содержание серы и фосфора в опытной стали не понижает ее механическую прочность в продольном направлении до нормы ст. 4.

Свойства полученной стали, очевидно, обязаны понижением содержания в жидкой ванне азота и водорода при обработке ее кислородом, согласно идеям автора метода, сформулированным в 1940 г. и получившим подтверждение в исследованиях газонасыщенности стали, выплавленной в ковшах. В 1941 г. академиком Н.П. Чижевским было установлено, что

содержание газов в этой стали близко к газосодержанию продуктов вакуум-плавки.

Исследование содержания газов в литых образцах стали, полученной в конвертере, было проведено методом горячей экстракции лабораторией ВИАМ. Полученные данные превышают цифры Н.П. Чижевского, но значение их выше, чем у стали, полученной любым из промышленных методов. Определение азота в прокатанных образцах, произведенное химическим методом в

лаборатории ЦН ЧМ, показало, что опытная сталь содержит азота не больше, чем мартеновская.

Исследование качества стали показало, что макроструктура слитков и заготовки удовлетворительна. Микроструктура литых, кованных и прокатанных образцов вполне удовлетворительна.

Механические свойства прокатанной стали при 20 °С вполне удовлетворительные и превышают нормы ГОСТа для мартеновской стали (ст. 4).

Свойства стали	Опытная сталь	Требования ГОСТа	Примечание
Временное сопротивление, кг/мм <sup>2</sup>	45,5–52,0	42–44	ГОСТ 380–41
Предел текучести, кг/мм <sup>2</sup>	31,1–35,82	24	Гр. А
Удлинение, %	31,4–32,4	21	Ст. 4
Вредные примеси (P + S), %	0,12–0,23	0,08	
Ударная вязкость стали, кгм/см <sup>2</sup> при температуре, °С:			
+20	13,3	23,1	
–30	12,0	18,4	
–40	11,5	18,3	

Несмотря на то что опытная сталь выплавлена из недефицитных шихтовых материалов (до 85 % стального скрапа с подшихтовкой в вагранку случайных чугунов) и загрязнена вредными примесями, ее свойства оказались вполне удовлетворительными. При понижении содержания вредных примесей можно ожидать, что свойства опытной стали будут выше, чем для мартеновской стали.

Практика 137 проведенных плавок показала, что стойкость динасовой футеровки конвертера на кислородном дутье не ниже, чем при воздушном. Опыты показали, что при донном дутье ни один из испытанных огнеупоров не пригоден для промышленной практики.

Из испытанных фурм наиболее стойкой оказалась графитокварцевая фурма. Возможность ее передвижения в полость конвертера непрерывно по мере разрушения — единственное средство эксплуатации конвертера при подаче кислорода через днище.

Невозможность получения для опытных работ бессемеровского чугуна заставила выплавлять в вагранке синтетический чугун из стального скрапа, ферросилиция и случайных запасов саткинского и бессемеровского чугуна, а также обычного литейного чугуна, дававшихся в вагранку для повышения жидкотекучести металла при его выпуске.

Механические свойства полученной стали определялись на литых, кованных и прокатанных образцах после отжига и нормализации. Хладноломкость определялась на ударных образцах при температуре –30 и –37 °С. Исследовалась склонность стали к старению. Исследование макро- и микроструктуры стали показало, что макроструктура слитков нормальна.

Проведенная работа показала, что метод применения кислородного дутья в конвертере заслуживает большого внимания, требует всестороннего изучения и усовершенствования и в целом позволяет внести следующие предложения:

1. Для углубленного изучения влияния кислородного метода на качество стали необходимо провести сравнительное исследование свойств металла, выплавленного с продувкой воздухом и кислородом.

2. Организовать исследование газонасыщенности металла, полученного кислородным методом при различных режимах плавки.

3. Организовать исследование основного процесса производства стали кислородным методом.

4. Проводить дальнейшую работу по усовершенствованию конструкции конвертера большего объема с большим количеством металла, чем это имело место в проведенной работе.