

Раздел 3. Производство стали в мартеновских печах и ДСА
Тема 3.2. Технология производства стали в мартеновских печах и ДСА

Лекция № 57

**Тема: Виды топлива, применяемые для отопления мартеновских печей.
Организация факела пламени в рабочем пространстве.**

План лекции:

1. Виды топлива, применяемые для отопления мартеновских печей.
2. Организация факела пламени в рабочем пространстве

Применяемое для отопления мартеновских печей топливо различают:

а) по физическому состоянию: жидкое (мазут, смола), газообразное (доменный, коксовый, природный газы), твердое топливо (каменноугольная пыль); б) по теплоте сгорания: низкокалорийное (доменный газ, теплота сгорания 3,78-4,2 МДж/м³) высококалорийное топливо (мазут 39,9-42 МДж/кг, коксовый газ 16,8-18,0 МДж/м³, сухой природный газ типа саратовского 33,6-35,2 МДж/м³, жирный природный газ типа грозненского 63 МДж/м³). Для успешного проведения мартеновской плавки недостаточно подать в печь определенное количество тепла, необходимо еще, чтобы температура факела при сгорании топлива была достаточно высокой. Температура поверхности шлака в конце мартеновской плавки составляет примерно 1650 °С. Чтобы тепло пламени достаточно интенсивно передавалось металлу, температура факела должна быть не ниже 1750 °С. Калориметрическая температура горения топлива в мартеновской печи должна быть не ниже 2400 °С. При этом следует иметь в виду, что для обеспечения полноты сгорания воздух для сжигания топлива подают с некоторым избытком, равным обычно 10—20 % (так называемый "коэффициент избытка воздуха" $a = 1,1+1,2$). Калориметрическая температура горения доменного газа низка (~2250°С), температура факела нагретого доменного газа в горячем воздухе ниже 1600 °С, следовательно, нагреть ванну

до нужной температуры при отоплении мартеновской печи одним только доменным газом невозможно. Повысить температуру можно, заменяя воздух кислородом. Обычно доменный газ применяют в качестве топлива для мартеновских печей только в смеси с другими, более калорийными видами топлива (коксовым газом, мазутом, природным газом). Наиболее распространены в качестве топлива для мартеновских печей природный газ, мазут и смешанный газ (смесь коксового и доменного газов). Смешанный газ, применяющийся в качестве топлива для мартеновских печей, содержит, %: 16-20 CO, 7-9 CO₂, 20-30 H₂, 8-12 CH₄, 30-40 N₂; состав газа и его теплота сгорания меняются в зависимости от соотношения долей, входящих в состав смеси доменного и коксового газов. Для улучшения светимости факела к смешанному газу обычно добавляют небольшое количество карбюратора (мазута или смолы). Калориметрическая температура горения нагретого смешанного газа в нагретом воздухе составляет около 2600 °С, что обеспечивает получение высокотемпературного факела. Смешанным газом отапливают печи заводов, имеющих в своем составе доменный и коксохимический цехи. В тех случаях, когда доменного и коксового газов для отопления всех мартеновских и других печей завода не хватает, используют природный газ и мазут. Природным газом или мазутом отапливают также мартеновские печи заводов, в составе которых нет доменных и коксохимических цехов. Мазут — первоклассное топливо для мартеновских печей, он дает яркосветящийся настильный высокотемпературный факел (калориметрическая температура горения мазута 2650 °С). Обычно мазут содержит 83-85% С и 10-11% H₂, остальное — влага, зола и сера. Содержание серы в мартеновских мазутах колеблется в пределах 0,5—0,7 %. Сернистые мазуты (3 % S и более) в мартеновском производстве применяют редко, так как сера из топлива переходит в сталь и ухудшает ее качество. Перед подачей к форсункам мазут нагревают до 70—80 °С. Распыление мазута осуществляют

сжатым воздухом, подаваемым под избыточным давлением 0,5—0,7 МПа, или перегретым до 300—350 °С паром под избыточным давлением 1,1-1,2 МПа.

Сравнительно медленное протекание химических процессов и повышенные тепловые потери исключают возможность передела чугуна на сталь в мартеновских печах только за счет физического тепла чугуна и экзотермических реакций окисления его примесей. Основную часть тепла вносит топливо. Например, в крупных печах, работающих скрап-рудным процессом доля тепла, вносимого топливом, составляет 75—80%. Для скрап-процесса в небольших печах эта величина повышается до 90—92%. Таким образом, не менее $\frac{3}{4}$ тепла, необходимого для мартеновского процесса, получают в результате сжигания технологического топлива.

Важнейшим показателем работы мартеновской печи считают ее высокую тепловую мощность, определяющую производительность процесса и экономичность использования топлива. Достижение высоких технико-экономических показателей процесса в значительной мере зависит от качества применяемого топлива и совершенства конструкции печи, обеспечивающих нужную тепловую мощность, оптимальные условия теплопередачи в рабочем пространстве и эффективное использование тепла отходящих газов.

Топливо и его сжигание

Требования к топливу определяются условиями тепловой работы мартеновской печи; к ним относятся:

- 1) большая теплота сгорания топлива, обеспечивающая высокую температуру факела;
- 2) хорошая светимость факела пламени, определяющая его высокую излучательную способность в рабочем пространстве печи. Светимость факелу

придают мельчайшие сажистые частицы и осколки крупных углеродистых молекул;

3) способность образовывать «тяжелый», настильный факел;

4) минимальное количество серы.

В мартеновских печах используют высококалорийное газообразное и жидкое топливо. Основные характеристики газового топлива приведены в табл. Как видно из табл, доменный газ имеет низкую теплоту сгорания, поэтому в чистом виде применяться для отопления мартеновских печей не может даже при нагреве в регенераторах. Горячий генераторный газ широко использовали в мартеновском процессе вплоть до 30-х годов XX в. Хорошая светимость факела обеспечивала достаточно высокую теплопередачу излучением, что несколько компенсировало его невысокую теплоту сгорания. В настоящее время генераторный газ в мартеновском производстве почти не применяют.

До недавнего времени основным видом мартеновского топлива был *смешанный газ* (смесь доменного и коксового газов). Его теплота сгорания в зависимости от соотношения компонентов колеблется в пределах 7,5— 11

Таблица 14. Состав и теплота сгорания газового топлива

Газ	Состав сухого газа, % (объемн.)						Средняя теплота сгорания $Q_{H'}^P$ кДж/м ³
	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	CO ₂	N ₂	
Доменный . . .	25—28	2—3	До 0,5	—	10—14	57—60	4000
Генераторный: из донецкого угля	25—27	13—14	2—3	0,3	4—6	52—54	5800
из древесной щепы	28—30	14	3	0,4	6—7	46—48	6500
Коксовый . . .	6—8	55—58	20—28	2	2—3	7—8	16 750
Природный (Бухара) . . .	—	—	94—98	2,5	0,3	2,7	36 400
Попутный (Шкапово) . .	—	—	40—45	43—45	—	12	53 200

МДж/м³. При нагреве смешанного газа в регенераторах метан и более

сложные углеводороды частично разлагаются с выделением сажистого углерода, что обеспечивает хорошую светимость факела.

С учетом того, что оба компонента газовой смеси являются побочными продуктами металлургического производства и образуются на заводах в большом количестве, смешанный газ был наиболее экономичным и распространенным видом топлива. Однако необходимость сооружения печи с системой двойных регенераторов и шлаковиков, более сложная схема перекидных клапанов давала значительные преимущества некоторым видам топлива (природный газ, мазут и др.), которые можно сжигать в холодном виде.

Как видно из табл. 14, оба вида натурального газа, природный и попутный (т. е. добываемый одновременно с нефтью), имеют очень большую теплоту сгорания. Эти газы способны образовывать высокотемпературный факел при сжигании без предварительного нагрева. Однако такой факел имеет очень слабую светимость.

Нагревать природный газ в регенераторах нельзя, так как при высоких температурах метан и другие углеводороды разлагаются с образованием сажистого углерода. Значительная часть его останется в насадках регенераторов и выведет их из строя. Получить светящийся факел можно в результате термического разложения небольшой части газа при нагреве его до 1000—1100 L в специальных устройствах и последующего соединения с основной массой газа. Процесс этот получил название *самокарбюрация*. Но сложность организации и регулирования ограничивают распространение методов самокарбюрации.

Лучшие технико-экономические показатели работы мартеновских печей получены при отоплении природным газом с добавками (для повышения светимости факела) некоторого количества мазута или каменноугольной смолы. Обычно добавляют 20—30% мазута (по теплу) при работе без

кислорода и 10—15% при обогащении воздуха кислородом. Мазут при таком способе отопления служит и резервным топливом, его доля в смеси может быть увеличена в случае недостатка природного газа.

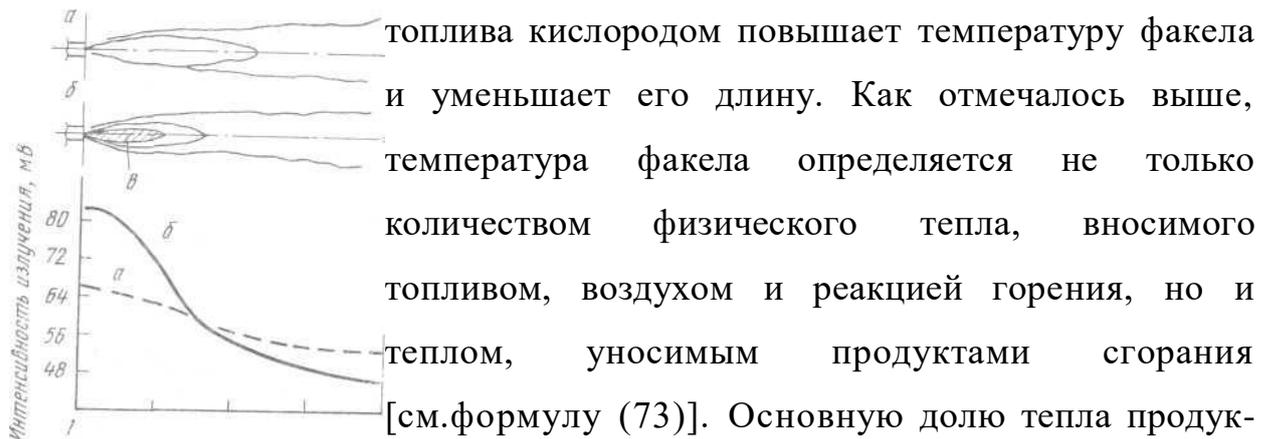
Мазут, как и природный газ, является лучшим топливом для мартеновских печей. До недавнего времени на большинстве печей, работающих скрап-процессом, на заводах с неполным металлургическим циклом использовали для отопления мазут. Теплота сгорания мазута составляет обычно 37,5—44 МДж/кг. При сжигании мазута в рабочем пространстве печи создается жесткий настильный факел с высокой излучательной способностью. К недостаткам мазута как мартеновского топлива можно отнести повышенное содержание серы, а также сложность транспортировки и сжигания.

Ввиду высокой вязкости мазут транспортируется по трубам от складов до форсунок печей подогретым до 80—100° С. Это достигается прокладкой вдвоенных трубопроводов мазута и пара в общей изоляции. В холодное время года перед мартеновскими печами работают дополнительные подогреватели мазута.

Применение кислорода для интенсификации сгорания топлива

В обычных условиях газообразное или жидкое топливо, вводимое в рабочее пространство печи, смешивается с горячим воздухом, поступающим из регенератора.

Смещение это несовершенно и процесс сгорания растягивается, факел пламени занимает не менее $\frac{2}{3}$ ванны печи. Интенсификация сгорания



Основную долю тепла продуктов сгорания вносит азот. Обогащение воздуха кислородом, уменьшая содержание азота в отходящих газах, повышает температуру горения.

На практике технический кислород в количестве, соответствующем принятой степени обогащения воздуха (обычно 25—• 30% O_2), вводится струями непосредственно в основание

факела топливо горит в газовой смеси с очень высокой концентрацией

Рис. 85. Излучение факела по длине ванны мартеновской печи:

а — обычный факел; *б*—с обогащением кислородом; *в* — высокотемпературный участок факела; 1—5 — номера завалочных окон по ходу факела

кислорода. Как видно из рис, в таком факеле существует высокотемпературный участок небольшой протяженности. Соответственно велико и излучение этой части факела.

Измерение излучения факела по длине ванны показало, что «корень» факела, обогащенного кислородом, излучает тепло намного интенсивнее, чем обычный факел. Такой факел быстрее и полнее отдает тепло ванне и огнеупорам печи, а продукты сгорания покидают рабочее пространство с меньшей температурой. Как видно из данных, приведенных ниже, обогащение дутья кислородом существенно повышает к. п. д. рабочего пространства и производительность печи, снижает удельный расход топлива.

Ниже приведены показатели тепловой работы печи при различной степени обогащения воздуха кислородом:

Содержание кислорода, %	2 1	2 5	3 0
К. п. д. рабочего пространства $Q_{у\text{св}}/Q_{\text{прих}}$	0,26	0,31	0,34
Расход кислорода за плавку, $\text{м}^3/\text{т}$.	-	34	67
Расход топлива, $\text{кг}/\text{т}$	136	127	109
Производительность печи, $\text{т}/\text{ч}$	26,2	28,8	34,7

Обычно максимально возможный расход топлива определяется условиями тяги печи, пропускной способностью ее газоходов. Обогащение дутья кислородом, уменьшая объемы продуктов сгорания, дает возможность увеличивать подачу топлива в периоды завалки и плавления, когда тепловосприятие ванны максимально. Это не только сокращает длительность плавки, но и* улучшает условия службы огнеупоров рабочего пространства, главным образом свода печи, так как при этом поддерживается более равномерная температура футеровки во все периоды плавки

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования предъявляют к топливу?
2. Какое топливо используют в мартеновских печах?
3. Применяют ли горячий генераторный гоц в мартеновском процессе?
4. Расскажите о смешанном газе
5. Почему в регенераторах нельзя нагревать природный газ?
6. Расскажите о процессе самокарбюрации
7. Какую роль огнеупорная кладка рабочего пространства играет в теплообменных процессах?
8. Расскажите о «корне» факела
9. Используют ли мазут как природный газ?

Используемая литература:

Г.А. Соколов «Производство стали» стр. 272 – 279