

## Природный газ в металлургии: от руды и кокса до стального проката

На металлургической кухне так же, как и на обычной, есть один очень важный вспомогательный компонент — это природный газ, без которого сложно было бы реализовать некоторые этапы стального производства и второстепенные процессы.



Переработка руды, аглодоменный передел, выплавка стали и производство

[стального проката](#)

часто не обходятся без природного газа. А порой «голубое топливо» спасает металлургов и в экстренных ситуациях.

Так, в 2015-2017 году крупнейший в Европе Авдеевский КХЗ Группы Метинвест несколько раз оказывался на грани остановки. Из-за ожесточенных боев, которые велись на Донбассе, предприятие более 10 раз оставалось обесточенным. Останавливался выпуск кокса, и прекращалось образование коксового газа, который фактически является побочным продуктом. Почему это было важно, особенно зимой?

Дело в том, что коксовый газ сжигают для нагревания коксовых батарей. Это огромные конструкции из специального огнеупорного кирпича, в которых и происходит коксование угля. Если печи остынут, то кирпичные стенки потрескаются, и печи не смогут работать. Постройка новой батареи – это инвестиции в сотни миллионов долларов. Тогда Авдеевский КХЗ был спасен благодаря природному газу. Это дорогое топливо сжигали, чтобы обогреть печи и не допустить необратимых разрушений. "[Нужно] примерно 18000 кубов [природного газа] в час для того, чтобы сохранить город Авдеевку и АКХЗ и не допустить гуманитарной и экологической катастрофы", — писал в начале 2017 года на своей странице в Facebook Муса Магомедов, который тогда возглавлял предприятие.

К счастью, тот сложный период остался позади, и теперь природный газ в украинской металлургии используется только в рамках технологии.

Природный газ, который практически полностью состоит из метана – это один из важнейших видов топлива, углеводород. Температура самовозгорания - 650°C, а температура горения в кислороде достигает 2100-2020°C.

В бытовых целях с его помощью обогревают дома, нагревают воду, используют на большинстве кухонь в газовых печах и духовках. В промышленных масштабах он используется для производства минеральных удобрений и пластмасс, генерации электроэнергии и тепла на тепловых электростанциях и электроцентралях. И, как мы уже выяснили, в горно-металлургическом комплексе.



## ЖРС и чугун: спекание и разогрев

Зачем нужен газ при производстве руды? Казалось бы, просто копай поглубже, дрови породу, извлекай железную руду и поднимай ее на поверхность по транспортерной ленте. Схема работает в таком упрощенном формате лишь до определенного момента: пока не приходится задуматься о практическом использовании добытого минерала. В этот момент выясняется, что руда из железорудного карьера или шахты непригодна к дальнейшему использованию в доменных или сталеплавильных печах. Во всем мире практически не осталось богатых железных руд.

Добытый материал нужно обогатить (повысить содержание железа), измельчить до нужного размера фракции и подготовить к переплавке. В украинской металлургии используются два основных вида подготовленного железорудного сырья (ЖРС): агломерат и окатыши.

Агломерат выпускают на аглофабриках. Здесь специально подготовленную смесь (шихту), которая состоит из железной руды, концентрата, флюсов, шламов и твердого топлива (кокса), смешанных в определенной пропорции, поджигают и спекают с помощью внешнего обогрева продуктами сжигания природного газа.

Но у такого сырья есть ряд недостатков, в первую очередь связанных с транспортировкой. Агломерат – очень хрупкий материал. Если его производить на горно-обогатительных комбинатах, то при длительной перевозке он крошится. Поэтому почти все украинские аглофабрики возведены на территории металлургических комбинатов. С другой стороны, перевозка железорудного концентрата и других сырьевых компонентов от рудокопов к металлургам также очень затратная, в том числе из-за потери части продукта при транспортировке.

Еще в начале XX века была предложена схема решения этого вопроса, которая получила широкое распространение уже во второй половине столетия. Это производство окатышей. Непосредственно на ГОКах устанавливают окомковательное и обжиговое оборудование, в котором из шихты получают твердые и прочные шарики с содержанием железа 63-68%. Их можно транспортировать на большие расстояния без потери качества. Это упрощает экспорт ЖРС. Но также растет потребление окатышей и внутри Украины, хотя для этого сырья нужно проводить модернизацию доменных печей.

При производстве окатышей также используется природный газ или другое топливо. В окомковательных машинах шихте придается сферическая форма. Полученные шарики сушат, а затем обжигают (спекают) при температуре 1200-1300°C.

В конце XX века изобретатели пошли еще дальше. В металлургии появилась технология прямого восстановления или горячего брикетирования. В этом случае производят практически чистое железо. Его содержание в брикете превышает 90%. Фактически, материал является заменителем чугуна и металлолома.

В самых распространенных технологиях прямого восстановления практически не используется твердое топливо – только газ. Брикетирование ведется при температуре около 700°C. Есть несколько патентованных процессов: Midrex, HYL III, Purofeg и другие. Но не во всех металлургически развитых странах есть доступ к «голубому топливу». А по мере роста его стоимости появились разработки, в которых во время процесса прямого восстановления железа не используют газ. Вероятно, дальше всех продвинулась технология ITMk3. Ее японские изобретатели придумали, как из измельченной руды и некоксуемого угля путем спекания при температуре 1350-1400°C получить продукт с 96-98% железа. Благодаря специфической форме изобретатели назвали его «чугунными наггетсами». Возможность внедрения этой технологии изучали и на украинских ГОКах. Но классический

пока остается более выгодным.



### Сокращение потребления газа при выплавке стали

Железородное сырье – агломерат и окатыши – это основной компонент для выплавки чугуна. В доменные печи подается ЖРС, кокс и другие материалы. Они переплавляются с помощью высокой температуры – до 2100°C, которая достигается за счет горения топлива (кокса, природного газа, ПУТ или их сочетания). Кроме того, природный газ, преимущественно состоящий из метана, вместе с подогретым воздухом, используется для продувки шихты. Таким образом улучшается процесс восстановления железа. В последние десятилетия активно развиваются технологии, позволяющие заменить это дорогостоящее полезное ископаемое на более дешевые альтернативы в процессе доменного производства. Одно из ключевых направлений - использование пылеугольного вдувания, при котором в печь подается специально приготовленная смесь мелкодисперсных энергетических углей. Пылеугольное топливо позволяет полностью отказаться от природного газа в этом металлургическом процессе.

В сталеплавильном производстве природный газ также длительное время был основным источником тепла для переплавки чугуна в сталь. Именно это топливо поддерживало горение в мартеновских печах. Однако после того, как металлурги всего мира перешли на кислородные конвертеры и дуговые электросталеплавильные печи, потребление природного газа в этом металлургическом переделе резко сократилось.

Сейчас высокие температуры при выплавке стали достигаются благодаря продувке жидкого чугуна кислородом в конвертерах (химические реакции при этом сопровождаются выделением тепла) или с помощью электрической дуги в дуговых печах.

### Прокат: практически без газа

Прокатное производство – это этап, на котором газ используется в минимальных объемах. Но и здесь 30-40 лет назад потребление «голубого топлива» было более заметно. Ведь до внедрения технологии непрерывной разливки стали жидкий металл разливали в слитки, которые нужно было перекачивать в полуфабрикаты на обжимных станах и лишь после этого отправлять в листо- и сортопрокатные цеха.

Поэтому слитки либо томили, либо нагревали в специальных нагревательных колодцах, где с помощью газовых горелок, а также раскаленной огнеупорной футеровки стен поддерживалась высокая температура.

По мере распространения технологии непрерывной разливки (МНЛЗ) промежуточный передел – слябинги и блюминги – уходит в прошлое. А вместе с ними сокращается расход газа на подогрев слитков.

Сейчас в прокатном производстве разогревают уже готовые непрерывнолитые слябы, блюмы и товарную заготовку квадратного и круглого сечения, чтобы на листопрокатных или сортовых станах с помощью прокатки производить готовую продукцию. В качестве источника тепла для этих нагревательных печей, помимо ископаемого топлива, используются доменный и коксовый газ и даже электричество.



## Высокая цена газа и углеродный след

Металлурги уже давно задумывались над сокращением затрат на природный газ. Например, на некоторых предприятиях повторно использовались коксовый и доменный газы, которые образуются в соответствующих технологических процессах. Но это были единичные случаи, особенно на территории современной Украины, и это касалось различных вспомогательных процессов.

Ведь в постсоветской плановой экономике длительное время практически не действовали факторы экологии и рыночного ценообразования. Но после большой приватизации и прихода частного бизнеса в горно-металлургический комплекс многое изменилось. Тем более, что во всем мире активизировались процессы повышения энерго- и ресурсоэффективности.

Поэтому рудокопы и металлурги начали инвестировать в энергосберегающие технологии, которые к тому же дают хороший экологический эффект. Иногда применяемые решения получают нестандартные формы. Например, некоторые ГОКи для обжига окатышей используют не газ или уголь (невосстанавливаемые природные ресурсы), а брикеты из шелухи подсолнечника. Ее сжигание позволяет получить такую же температуру при том, что этот тип топлива – восстанавливаемый. Украина – один из мировых лидеров по выращиванию подсолнечника и экспорту подсолнечного масла, поэтому и с шелухой проблем нет.

Кроме экономии предприятие, которое использует возобновляемые ресурсы, может снизить свой углеродный след.

Второй не менее важной причиной отказа от природного газа стала его дороговизна. В доменном производстве его практически вытеснила технология вдувания пылеугольного топлива (ПУТ). Технология ПУТ дает экономию в несколько десятков долларов США на 1 тонне чугуна. Ее можно эффективно внедрять на доменных печах больших объемов, как это уже сделали меткомбинаты Группы Метинвест (ММК им. Ильича, Азовсталь и Запорожсталь).

Значение природного газа в металлургии ежегодно снижается. В первую очередь, это связано с внедрением новых ресурсосберегающих технологий. В будущем зависимость отрасли от этого топлива будет еще ниже. Например, при внедрении литейно-прокатных модулей металлурги отказываются не только от обжимных, но и от прокатных станов в их классическом понимании. В таких цехах из жидкой стали сразу производят готовый металлопрокат, который практически не требует дополнительного нагрева на различных стадиях его обработки (а если и требует, то для этого используют электрические индукционные печи).

Растут требования и к экологичности продукции. В частности, в Европе рассматривается внедрение нового законодательства, которое будет стимулировать промышленников сокращать потребление невозобновляемых природных ресурсов, таких как газ, нефть, руда. И возможно в далеком будущем газопроводы на горно-металлургических предприятиях останутся лишь для подстраховки в экстренных ситуациях или станут музейными экспонатами, напоминающими о событиях давно минувших дней.