

## Чугунное дело: от работы подмастерьев до технологического совершенства

Вопреки колоссальным различиям в терминологии, которую используют металлурги мира, в украинском, русском и английском языках есть примечательный общий момент, который касается чугуна.

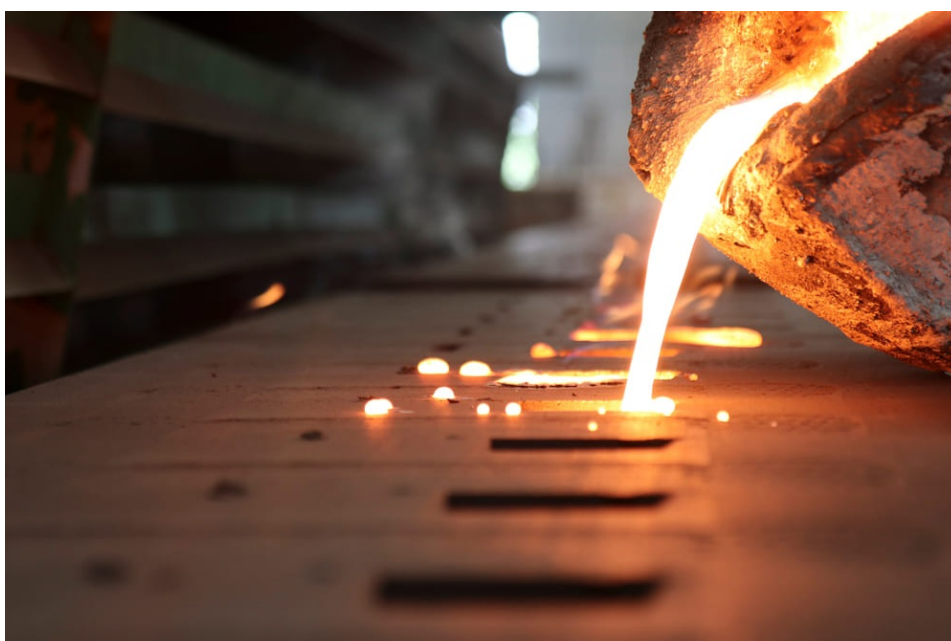


У нас чугун разливают в «чучки», а в англоязычных странах этот материал называют pig iron. В обоих случаях просматривается «свиной след». Но как можно объяснить такую связь животноводства и промышленности?

Все просто. В древние времена получение чугуна и его разливку в слитки доверяли подмастерьям или ученикам. Эта работа была примитивной и непрестижной. Отсюда и сравнение, которое через века дошло до наших дней.

Но сегодня производство чугуна – сложный высокотехнологичный передел металлургии. В доменных цехах получают металл, который является основой для успеха всех последующих металлургических переделов.

Что же такое чугун? Это сплав железа с углеродом. Доля углерода в нем не опускается ниже 2,14%. Поэтому это хрупкий металл, в который иногда добавляют легирующие элементы – хром, никель, вольфрам, алюминий и т.д.



### История производства чугуна

Считается, что этот сплав впервые получили в Китае в начале I тысячелетия до нашей эры. Тогда в течение нескольких суток в тиглях при температуре более 1200°C плавляли кричное железо и древесный уголь. Позднее была изобретена так называемая «китайская вагранка» - специальная печь для

производства чугуна. В отличие от современных домен-гигантов это были небольшие сыродутные горны высотой около 1 метра. Материала производилось немного, и он был низкого качества.

В V-III веке до нашей эры в том же Китае освоили производство сложных отливок из чугуна. Этот период считается началом истории художественного чугунного литья.

К середине XIV века технология дошла до Европы. Производство чугуна в Украине началось в XVII веке. Примечательно, что первые доменные печи (гамарни, домницы и т.д.) появились не на Донбассе или в Приднепровье, в недрах которых хранятся запасы железной руды и угля, а в Прикарпатье. Самая старая из сохранившихся доменных печей – Ангеливская домница – была построена в 1810-1812 гг. и работала до 1818 года. Однако металлургия не получила развития в этом регионе из-за того, что железорудное сырье на западе современной Украины было низкого качества.

### **Производство чугуна в современной металлургии**

Открытие запасов железной руды в Кривбассе и угольных залежей в Донбассе привели к бурному развитию металлургии и доменного производства в центральной и восточной Украине. Новые металлургические заводы строились во многих городах. И практически везде внедряли производство чугуна в доменных печах, которое постепенно эволюционировало. Технология производства развивалась в зависимости от доступности сырья и энергоресурсов.



### **Этапы производства чугуна**

Сегодня на этапе аглодомного передела в доменных печах получают жидкий металл, который затем либо разливают в слитки для продажи, либо в жидком виде направляют на производство стали. Этот этап металлургии распространен в странах, где есть большие запасы железной руды, или же это сырье является более доступным по сравнению с ломом черных металлов. Украина входит в перечень таких металлургических держав. Поэтому у нас на многих металлургических предприятиях есть доменные цеха. Эти украинские заводы и комбинаты производят около 85% стали и металлопроката.

Чугун выплавляют с использованием двух основных видов железосодержащего сырья: агломерата и окатышей. Агломерат производят на аглофабриках методом спекания на конвейере известняка с аглорудой, мелким коксом и мелкодисперсными отходами металлургического производства, содержащими железо. А железорудные окатыши – это продукт горно-обогатительных комбинатов и фабрик, где из мелкоизмельченного сырья (концентрата) и специальных добавок путем окомкования получают прочные шарики, которые спекают в обжиговой машине. Отличия данных видов железорудного сырья заключаются в содержании железа, особенностях транспортировки и хранения, а также разных технологических параметрах работы доменных печей. Выплавка чугуна из окатышей – более агрессивный процесс, поэтому здесь больше внимания уделяется охлаждению брони и другим технологическим нюансам.

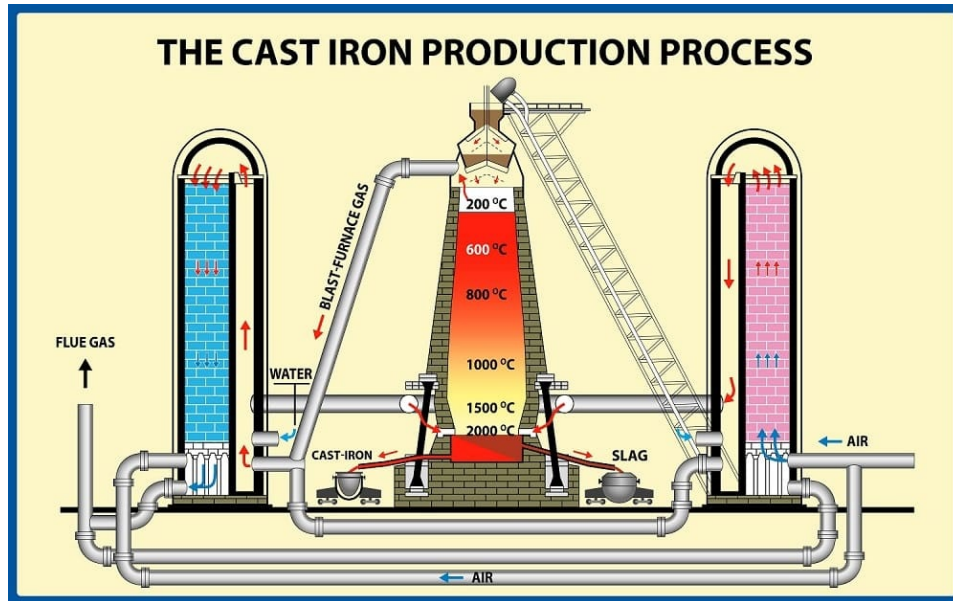
Следует отметить, что для выплавки чугуна нужны высокие температуры. Если в недалеком прошлом для этого в больших объемах использовался природный газ, то сегодня большинство доменных печей оборудованы установками по вдуванию пылеугольного топлива (ПУТ), использование которого позволяет существенно снизить затраты на производство сплава.

Чугун производится также на небольших литейных заводах. В качестве сырья здесь, как правило, используют чугунный металлолом либо чушки, произведенные на металлургических заводах. Этот чугун

имеет стабильный, регламентированный государственными стандартами химсостав: низкое содержание серы и фосфора, фиксированная доля кремния и углерода.

## Оборудование, необходимое для производства чугуна

В литейном производстве из чугуна производят готовые изделия толщиной не менее 5-10 мм, так как это не гибкий, не пластичный материал. Его сложно обрабатывать давлением. Поэтому на таких заводах установлено специальное оборудование для фасонного литья чугуна.



## Что такое доменная печь и как она работает?

Сегодня доменная печь – это сложнейшая конструкция, в которой большинство процессов автоматизированы и диджитализированы. Однако, общий принцип доменного передела остается неизменным уже более 1,5 столетий.

Получение чугуна в доменных печах металлургических заводов и комбинатов происходит из железорудного сырья (аглолуда, агломерат, окатыши и т.д.), которое добывается в карьерах и подземных шахтах и дорабатывается на горно-обогатительных комбинатах и аглофабриках.

Домна – это самый крупный металлургический агрегат, высота которого может превышать 70 метров. А технологический процесс в этой печи основан на принципе противотока. Смесь железорудного сырья, кокса и известняка – шихта – через верхнюю часть, которая называется колошник, загружается в шахту. А снизу, через специальные фурмы подается горячее дутье - горячий воздух, обогащенный кислородом и углеводородным топливом (природный газ или ПУТ – пылеугольное топливо). Вверху происходит нагрев смеси, а размягчается и плавится она чуть ниже – в распаре. Еще ниже находится горн.

Жидкий чугун накапливается в нижней части горна. Периодически через летки его сливают в чугуновозы для транспортировки и использования в сталеплавильном переделе. С другой стороны доменной печи в специальные чаши сливается шлак.

Успешность доменного процесса зависит от качества сырья. Поэтому его подготовке, которая состоит из нескольких этапов, уделяется повышенное внимание. Ведь неправильно подготовленная шихта может замедлить процесс плавки или дать на выходе некачественный продукт. Все сырье и топливо должно иметь однородный химический состав, чтобы получать чугун стабильного качества с минимумом вредных примесей, которые могут негативно влиять на характеристики продуктов последующей переработки.

## Этапы подготовки сырья:

1. Пересортировка руды - слишком крупные куски руды сложнее плавить, а слишком мелкие ухудшают газопроницаемость столба шихты. Поэтому ЖРС должно иметь фракции определенных размеров;
2. Подготовка топлива. Кокс – достаточно хрупкое топливо, поэтому его загрузка в печь должна происходить с особой осторожностью;
3. Подготовка флюса – от качества и равномерности размещения флюса зависит однородность химического состава чугуна. Ведь эти материалы помогают отделить вредные примеси, которые содержатся в руде;

## Виды чугуна и отличие от стали

Есть несколько общепринятых классификаций чугуна: по цели использования, по содержанию углерода, в зависимости от формы графитовых включений и структуры металлической основы, по назначению и химсоставу.

В мировой практике используется большое количество стандартов, регламентирующих технические

требования и качественные показатели данной продукции. В Украине и странах СНГ наиболее популярными видами чугуна являются следующие:

- Чугун переплавный марок П1, П2, ПЛ1, ПЛ2, ПФ1, ПФ2, ПФ3, ПВК1, ПВК2, ПВК3 (используется для последующего изготовления стали или в литейном производстве);
- Чугун литейный марок Л1, Л2, Л3, Л4, Л5, Л6, ЛР1, ЛР 2 и пр. (применяется для переплава и производства чугунных отливок);
- Чугун с пластинчатым графитом марок СЧ10, СЧ15, СЧ25, СЧ35 и др. (серые чугуны, используемые для изготовления отливок);
- Чугуны с шаровидным графитом – ВЧ 35, ВЧ 45, ВЧ 50, ВЧ 70, ВЧ 80, ВЧ100 (высокопрочные чугуны);
- Чугуны с вермикулярным графитом – ЧВГ 30, ЧВГ 35, ЧВГ 40, ЧВГ 45;
- Антифрикционные чугуны, жаростойкие, жаропрочные, коррозионностойкие, зеркальные и другие виды специальных чугунов.

К буквам маркировки добавляют цифры, которые обозначают минимальное временное сопротивление, уровень твердости либо другие характеристики железоуглеродистого сплава.

### Сравнительная таблица марок чугунов по разным стандартам

ГОСТ	DIN	EN	ASTM/SAE/AISI	UNS	JIS
СЧ 25	GG-25	GJL-250	A48 class 40B	F12801	FC 250
КЧ 37-12	GTS-35-10	—	A47 grade 350M10	F23131	FCM 340
ВЧ 60	GGG 60	GJS-600-3	A536 80-55-06	F33800	FCD 600

Также чугуны делят на: белый и серый (черный). Это зависит от состояния углерода в чугуне (цементит и графит соответственно), что обуславливает вид излома и его цвет.



Белый чугун – более прочный и хрупкий, тяжело поддается механической обработке. Основное направление его использования – изготовление методом литья высокопрочных и износостойких деталей (прокатных валков, мелющих шаров и т.п.). Серый чугун – более мягкий и более массовый, с отличными литейными свойствами. Из него производят станины машин и механизмов, фасонное чугунное литье широкого применения, антифрикционные детали.

### Области применения чугуна

Основная сфера применения чугуна – это **металлургия**. Здесь этот материал переплавляют в сталь. Несмотря на то, что в обоих сплавах основным элементом является железо, между ними есть важные отличия: содержание углерода, легирующих добавок и примесей, а также сферы применения.

В чугуне содержание углерода превышает 2,14%, чем и обусловлена хрупкость материала. При дальнейшей переработке в сталеплавильных печах содержание углерода сокращается, и в результате получается сталь. В отличие от чугуна, этот материал лучше подвергается различным видам механической обработки. Его можно прокатывать, гнуть, резать.

Однако получить сталь сразу из железной руды практически невозможно. Но следует отметить, что в

последние годы все большее распространение получают технологии прямого восстановления железа. В них из специально подготовленной руды получают брикеты с высоким содержанием железа, минуя аглодомный передел. Это фактически материал, которым можно заменять металлолом. Однако прямое восстановление – это дорогостоящий процесс, для которого, как правило, требуются огромные объемы дешевого природного газа и сырье с высоким содержанием железа.

Поэтому в тех металлургических странах, где нет больших запасов «голубого топлива», еще долго основная технологическая цепочка будет иметь такую последовательность: добыча и обогащение ЖРС – производство чугуна – выплавка стали – производство металлопроката.



Но некоторая часть чугуна используется без переплавки в сталь.

Одна из основных сфер применения – тяжелое **машиностроение**, так как это твердый и прочный металл, который выдерживает большие нагрузки. А серый чугун с графитовыми добавками успешно справляется с вибрацией и мелкими колебаниями. Поэтому его используют для отливки корпусов механизмов и оснований станков. Из ковкого чугуна отливают узлы механизмов, которые работают в условиях повышенного трения или при низких температурах. Высокопрочный легированный чугун является одним из основных материалов для изготовления рабочих и опорных валков прокатных станов.

У этого материала высокий уровень аккумуляции и отдачи тепла, поэтому из него производят посуду (сковороды, посуда для запекания и т.д.) и радиаторы систем отопления. А благодаря высокой износостойкости, долговечности и высокой пожарной безопасности, чугунные трубы до сих пор используются в канализационных системах (**сантехника**) и при прокладке водопроводов.

Чугун в быту постепенно вытесняется другими материалами. Но есть одна сфера, в которой этот металл еще долго будет популярен. Современные кузнецы любят работать с чугуном, изготавливая из него эффектные элементы декора – лестницы, ограждения, решетки каминов и т.д. Такие **элементы интерьера и экстерьера** пользуются спросом благодаря долговечности и устойчивости к коррозии. Материал прошел проверку временем – ведь 100-150 лет назад из него массово строили мосты и лестницы, отливали фонари и ограды набережных рек. И эти конструкции служат до сих пор.

А вот работа доменщиков за это время эволюционировала. Хотя среди обязанностей работников доменных цехов и сейчас есть один нюанс, напоминающий о животноводстве. «Козел» — это, вероятно, самый страшный профессиональный термин. Он означает застывание чугуна в печи, которое может привести к остановке всех последующих металлургических переделов.

Поэтому выплавка чугуна сейчас – это уже не труд подмастерьев, а очень ответственный процесс, который контролируют высококвалифицированные специалисты.