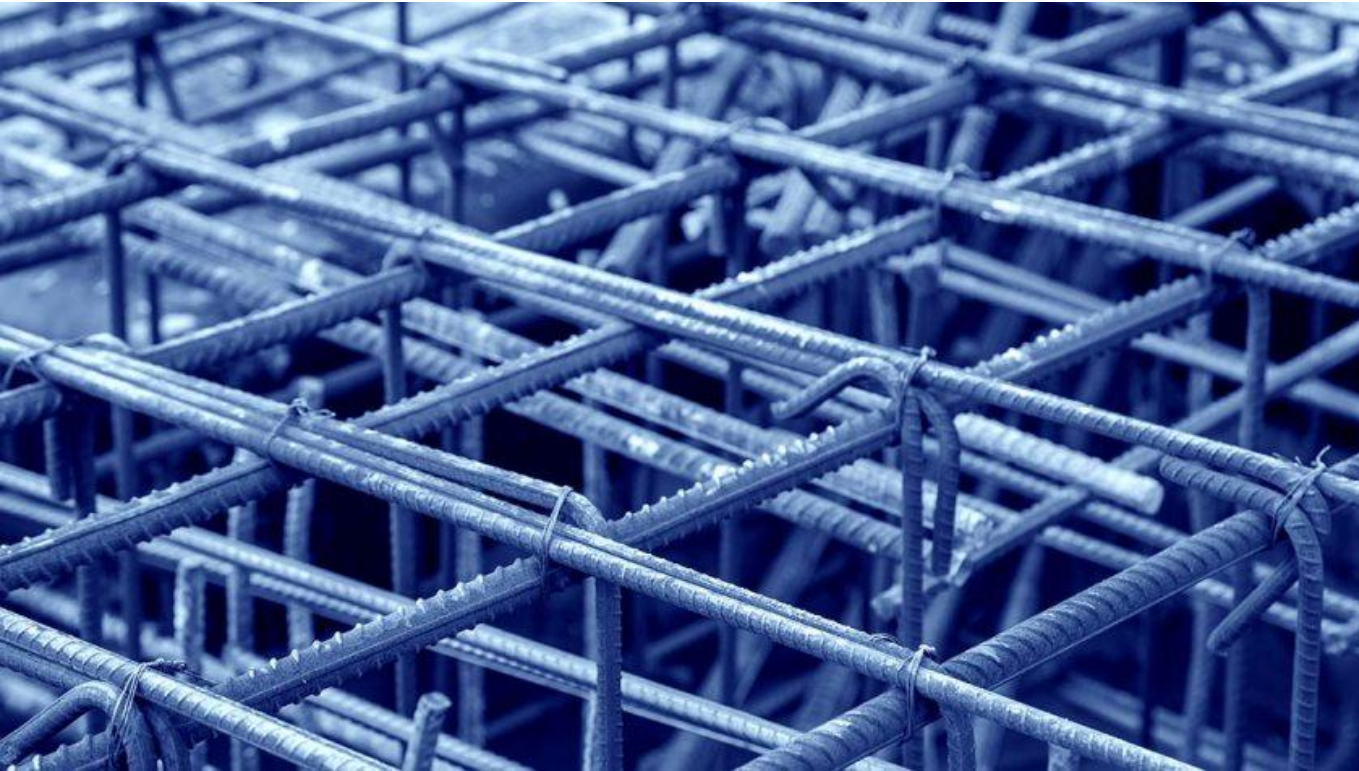


# Металлы



**Металлы относятся к старейшим строительным материалам. Они подразделяются на три группы: черные, цветные и благородные.**

***Черные металлы*** — это стали и чугуны, представляющие собой сплавы железа с углеродом, а также легирующими добавками: марганцем, кремнием, фосфором, никелем, хромом и другими элементами.

К ***цветным металлам*** относятся: медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы, цинк, титан, марганец, висмут, кобальт и др. По плотности цветные металлы и их сплавы подразделяются на тяжелые, например латунь (сплав меди с цинком), бронза (сплав меди с оловом и другими металлами), и легкие — сплавы, получаемые на основе алюминия и магния.

***Благородные металлы*** — это золото, серебро, платина, палладий. Их применение в архитектуре зданий крайне ограничено из-за высокой стоимости. Это золочение куполов храмовых построек, применение так называемого сусального золота в отделке интерьеров дворцов и т. п.



**Металлы** представляют собой неорганические крупнокристаллические вещества, обладающие специфическим металлическим блеском, пластичностью, высокой прочностью, электро- и теплопроводностью, ковкостью и свариваемостью. Пластичность проявляется при действии механической нагрузки и широко используется для получения изделий определенной формы и размеров. Металлические материалы строительного назначения производят методом проката (листы, профили, балки), экструзией (стержни, проволоку), прессованием (закладные детали)

Контроль основных показателей металлов и сплавов проводят по *пределу прочности на сжатие, изгиб, растяжение, кручение, удар, твердость* в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации в статическом, динамическом или повторно-переменном режимах при нормальной, повышенной и отрицательной температурах. При изучении свойств металлов (сплавов) большое внимание уделяют также исследованию процессов их разрушения под воздействием агрессивных сред, микроорганизмов, высоких температур и огня.



Интенсивность коррозионного разрушения зависит от химического состава и микроструктуры металла (сплава), концентрации и температуры агрессивной среды. В зависимости от причин, вызывающих разрушение, **коррозию** подразделяют на **химическую** (под действием газов, высокой температуры и органических жидкостей), **электрохимическую** (при наличии водных растворов), **биологическую** (под действием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов). Разрушение может происходить как равномерно по всей поверхности, так и неравномерно, что наиболее опасно.



*Изделия предохраняют от коррозии за счет повышения однородности структуры и состава, введения легирующих добавок, исключения дефектов поверхности и применения специальных методов защиты:* нанесение коррозионностойких металлических покрытий металлизацией, плакированием, гальваническим или горячим способами; термохимическая обработка изделий; покрытие поверхностей изделий лакокрасочными составами.



По отношению к **открытому пламени** металлы являются негоряемыми материалами, однако резкое повышение температуры и их высокая теплопроводность вызывают их расширение и внутренние напряжения, приводящие к размягчению, деформациям, растрескиванию, что приводит к потере несущей способности. **Защитные меры** основаны на создании поверхностного теплозащитного слоя из бетона, кирпича, цементно-песчаных или глиняных огнезащитных штукатурок, вспучивающихся огнезащитных красочных составов, гипсосодержащих листов и плит.

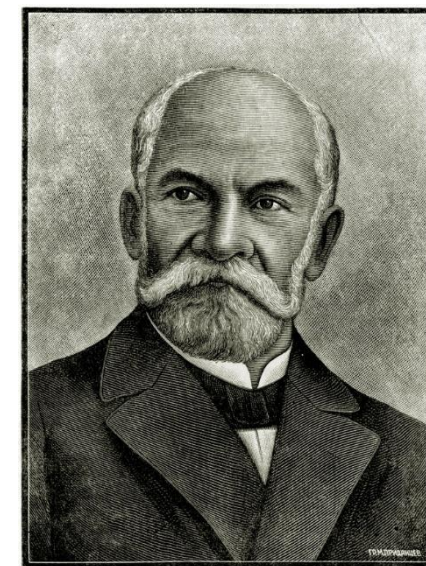
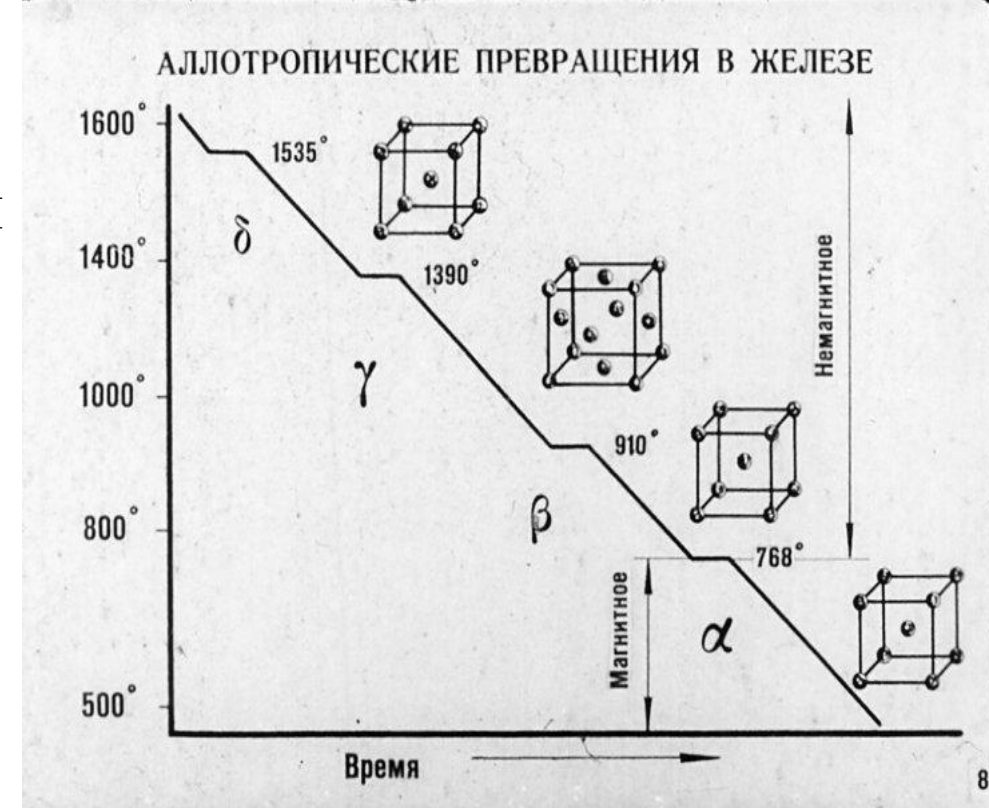
Для защиты металлоизделий и конструкций от **биоповреждений** используют мастичные и красочные составы на основе полимерных смол с введением бицидных добавок



**Металлы состоят из** мельчайших кристаллов, называемых зернами или кристаллитами. Каждое зерно — это кристалл, в котором все атомы находятся в строго определенном пространственном соотношении, образуя кристаллическую решетку. Для металлов характерны кубические решетки: объемноцентрированная кубическая и гранецентрированная кубическая. В реальных кристаллах решетка искажена, что связано с особенностями технологии производства металла, наличием примесей.

Металлы обладают способностью изменять кристаллическую решетку в зависимости от температуры. Такое явление называется **аллотропическим превращением**. Кристаллическая решетка образуется при переходе металла из жидкого состояния в твердое при остывании. При этом выделяется так называемая скрытая теплота плавления.

Поэтому на графике имеются горизонтальные площадки и критические точки железа (открытые русским металлургом Д. К. Черновым в 1868 г.).



На кривых охлаждения и нагревания чистых металлов отчетливо заметны остановки, соответствующие переходу металла из жидкого состояния в твердое и обратно. Соответственно, при нагревании получается кривая с четырьмя остановками. Четыре температурные остановки — это модификационные превращения железа (явление полиморфизма).

В металлургии температуры, при которых происходят при нагревании или охлаждении металла какие-либо физические или химические изменения в нем, называют критическими, или переходными, точками.

Главную роль в технологических процессах горячей механической и термической обработки железоуглеродистых сплавов играет  $\alpha$ - и  $\gamma$ - железо.

В технических металлах в чистом виде они отсутствуют, так как черные металлы являются сплавами железа с углеродом.

В обозначении марок конструкционных легированных сталей первые две цифры означают содержание углерода (в сотых долях процента).

Затем следуют буквы, обозначающие легирующие элементы (Х — хром, Н — никель, В — вольфрам, М — молибден, Ф — ванадий, Т — титан, Ю — алюминий, Д — медь, Г — марганец, С — кремний, К — кобальт, Ц — цирконий, Р — бор, А — азот, Б — ниобий).

Цифра после буквы означает среднее содержание данного элемента (в целых процентах).

Например, *сталь 32ХГ2С* содержит около 0,32 % С и не более 1 % Сг, Мп и 2 % кремния Si.

***Углеродистая сталь имеет следующие свойства:***

истинная плотность — 7 850 кг/м<sup>3</sup>;

предел прочности при растяжении — 300... 700 МПа;

относительное остаточное удлинение после разрыва — 12 ...40 %;

модуль упругости —  $2,1 \cdot 10^5$  МПа;

теплопроводность — 50...70 Вт/(м• К).



## Технология и применение

*В строительной практике основной объем составляют железо-углеродистые сплавы (черные металлы), которые в зависимости от содержания углерода  $C$  подразделяют на чугун (2.14...6.67 %  $C$ ) и сталь (до 2 %  $C$ ). Большое содержание углерода обеспечивает высокую прочность на сжатие и хрупкость металла, чем меньше его количество, тем пластичнее сплав, а также повышается его коррозионная стойкость. Поэтому чугун используют в конструкциях, работающих на сжимающие нагрузки (тубинги в метро, башмаки под колонны) и для изготовления канализационных труб, а сталь – на изгибающие и растягивающие (балки, арматура, профильные листы и т. д.).*



*Чугун* получают в доменных печах из железосодержащих руд (красного, бурого и магнитного железняка). В состав чугуна, кроме железа и углерода, входят примеси кремния, марганца, фосфора и специальные легирующие добавки (никель, магний, алюминий, кремний), которые придают сплаву высокие механические свойства, обеспечивают износо-, жаро- и коррозионную стойкость.

*В зависимости от химического состава и микроструктуры выпускают белый, серый, высокопрочный и ковкий чугун.*

*Белый чугун* (передельный) составляет большую часть выпускаемой металлургической продукции и идет на переработку в сталь.

*Серый (литейный) чугун* применяют для изготовления фасонного литья строительного профиля (радиаторы, сантехника и архитектурно-художественные изделия).

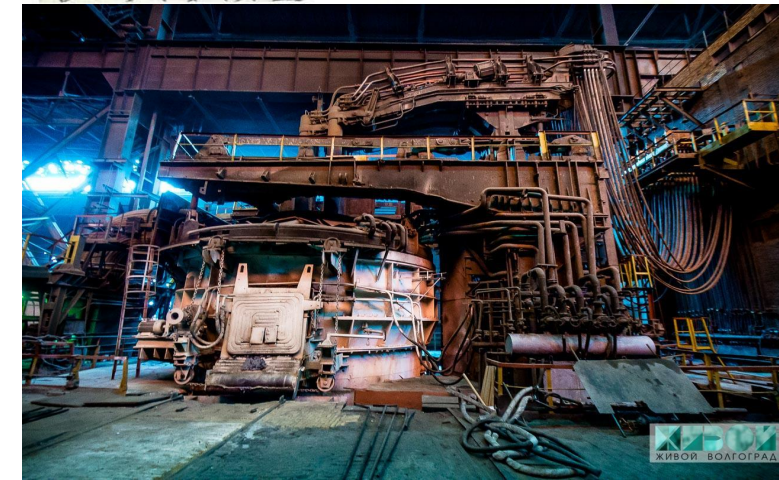
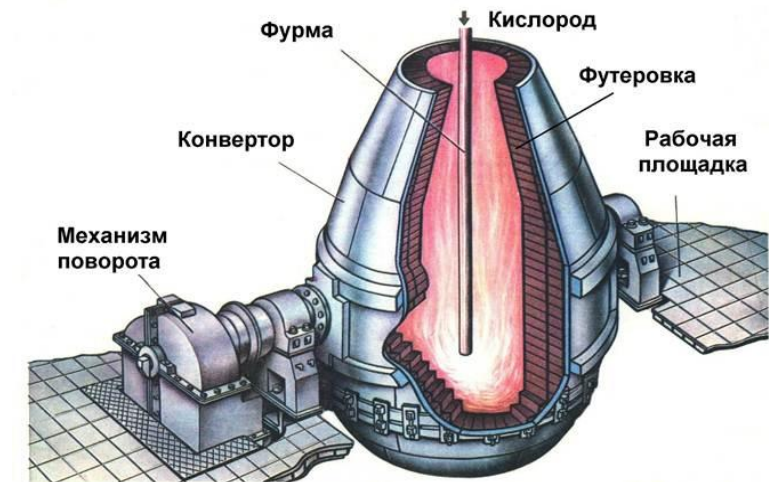
*Высокопрочный и ковкий чугун* используются в машиностроении.

С целью значительного повышения пластичности железоуглеродистых сплавов чугуна в сочетании с рудой, металлоломом (скрапом) переплавляют в **сталь**. В процессе плавки, которая может проходить в конвертерах, мартеновских или электропечах, из чугуна путем окисления и перевода в шлак удаляют избыток углерода, марганца, кремния, фосфора.

**Полученную сталь классифицируют по способу производства:** мартеновская, конвертерная, электросталь;

**По химическому составу:** углеродистая, легированная;

**По назначению:** конструкционная (строительная, машиностроительная), инструментальная, специального назначения.



**Углеродистую сталь** обыкновенного качества выпускают для строительных целей, качественную конструкционную используют в машиностроении и для ответственных строительных конструкций, высококачественную инструментальную – для изготовления режущих инструментов, штампов.

В зависимости от гарантируемых механических и технологических характеристик углеродистую сталь обыкновенного качества делят на две группы (А и Б) и одну подгруппу (В).

Для изготовления изделий строительного назначения в основном применяют сталь группы А, которую выпускают следующих марок: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, ..., Ст6.

По мере увеличения цифры повышается прочность и снижается пластичность сплава.

**Качественные конструкционные углеродистые стали подразделяют в зависимости от содержания углерода на *малоуглеродистые (до 0.25 %)***, которые хорошо свариваются, пластичны и надежно работают в сварных и клепаных строительных конструкциях, ***среднеуглеродистые (до 0.55 %)*** – хуже свариваются, более прочные и хрупкие, их применяют для изготовления деталей, работающих при больших нагрузках, ***высокоуглеродистые (до 0.80 %)*** – для изготовления пружин, рессор, зубчатых колес.

С целью повышения коррозионной стойкости, снижения хладоломкости, замедления старения в сталь при получении вводят легирующие добавки (хром, марганец, никель, кобальт, молибден, кремний и т. д.). *Легированные стали* классифицируют по химическому составу и назначению. *В зависимости от суммарного содержания добавок* выпускают *низколегированные стали* (до 2,5 %), *среднелегированные* (2.5...10 %) и *высоколегированные* (более 10 %).

Для производства элементов несущих стальных конструкций и профилей используют низколегированные конструкционные стали, для режущего и измерительного инструмента – инструментальные, для работы в условиях действия высоких температур, агрессивной среды и т. д. – легированные стали с особыми свойствами.

Преимущества легированных сталей проявляются в большей мере после дополнительной термообработки, общий режим которой включает, нагрев изделий до температуры перекристаллизации сплава в твердом состоянии (*вторичная кристаллизация*) с сохранением вещественного состава (*аллотропия*). В зависимости от назначения термообработки (изменение свойств, снятие напряжений) целенаправленно подбирают максимальную температуру нагрева, скорость ее подъема и охлаждения.

*На практике применяют следующие виды термической обработки металлических изделий: отжиг, нормализацию, закалку, отпуск, термомеханическую и химико-термическую.*

*Отжиг* используют для повышения однородности стали, снятия внутренних напряжений. *Нормализация* позволяет уменьшить напряжения, имеющие место при получении изделий, и повысить пластичность. Применяя *закалку* в сочетании с *отпуском*, увеличивают прочность, твердость и сохраняют заданную вязкость. Метод *термомеханической обработки* (ТМО) предусматривает, нагрев поверхностного слоя изделия на заданную глубину, обкатку его роликами для ориентированного расположения кристаллов и повышения прочности поверхностного слоя, закалку и отпуск. Этот вид обработки позволяет сочетать высокую прочность с пластичностью.

**Химико-термическую обработку** применяют для повышения твердости, прочности, жаро-, износо- и коррозионной стойкости. Используемый способ обработки предусматривает насыщение поверхностного слоя изделия в нагретом состоянии углеродом (цементация), азотом (азотирование) или одновременно азотом и углеродом (цианирование).

**Вторую группу используемых в строительстве металлических материалов образуют цветные сплавы.**

Наиболее широкое применение получили **сплавы алюминия с магнием, медью, кремнием** благодаря их низкой плотности (2700 кг/м<sup>3</sup>), высокой электро- и теплопроводности, коррозионной стойкости, пластичности, хорошей свариваемости, надежности работы при отрицательных температурах, отсутствию магнитных свойств и искрообразования при ударе. Эти материалы используют для получения прессованных холодных и утепленных профилей, тонколистовых изделий для производства сварных и клепаных конструкций (фермы, колонны, сборные каркасы зданий, кровельные и стеновые многослойные панели), подвесных потолков, окон, дверей.

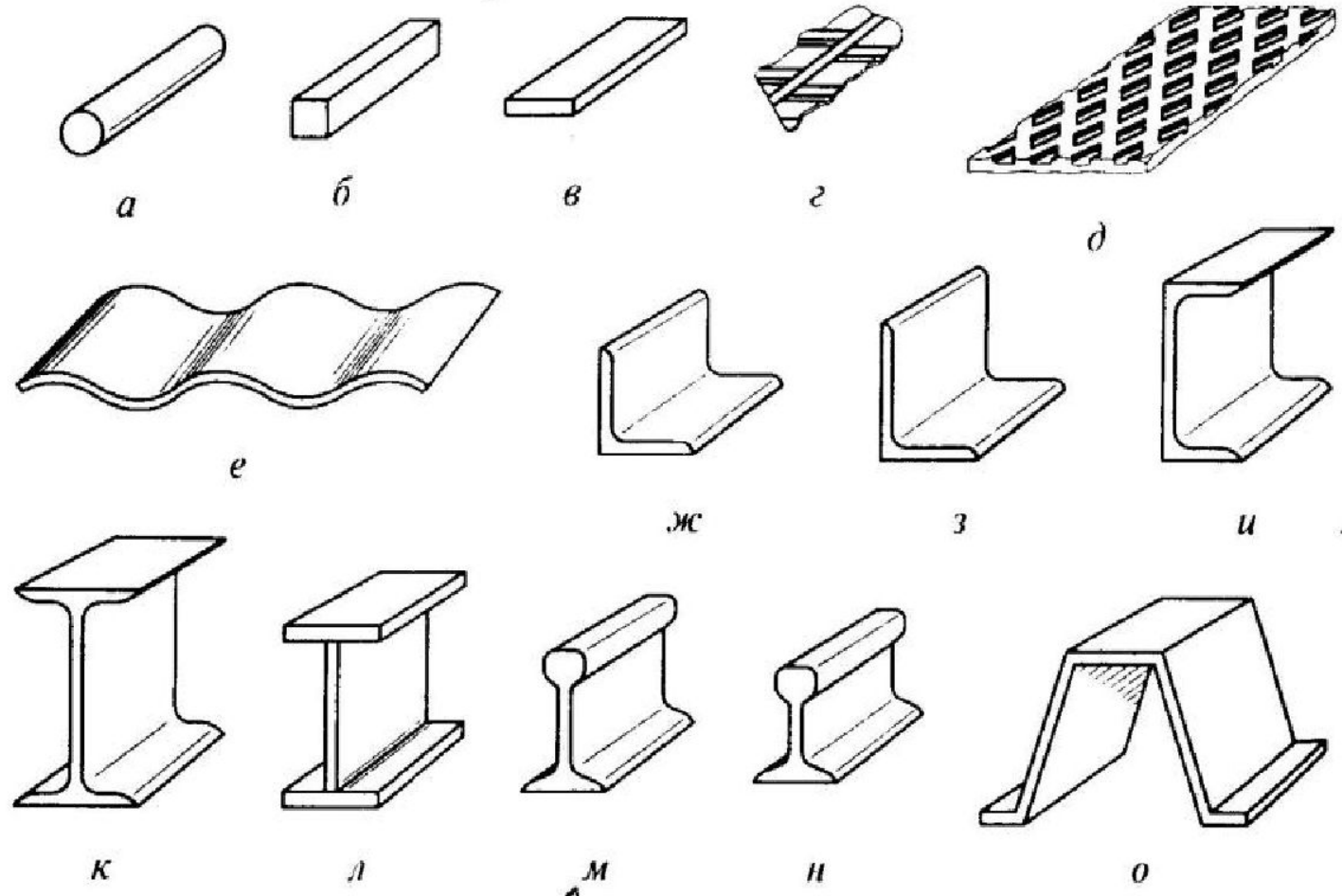
**Из сплавов меди в строительстве применяют латунь** (листы, прутья, проволока, трубы) и **бронзу** (архитектурно-художественные изделия и пигмент в красочных составах).

**Цинк** в строительстве используется для защиты стальных изделий (кровельной стали, закладных деталей, несущих конструкций) от коррозии, **свинец**, стойкий к коррозии и радиационному излучению. – для изготовления специальных труб и

**Изделия из стали.** Для стальных конструкций используются в основном изделия из стального проката, а также из гнутых и сварных профилей. Прокат стали заключается в том, что раскаленные стальные заготовки многократно пропускают между вращающимися навстречу друг другу валками прокатного стана. Проходя в зазоре между валками, горячий металл пластически деформируется, сжимаясь в поперечном сечении и вытягиваясь в длину, в результате чего он превращается в длинномерное изделие с постоянным поперечным сечением определенной формы.

Стальной прокат

*Стальной прокат: а – круглый; б – квадратный; в – полосовой; г – периодического профиля; д – листовой рифленый; е – листовой волнистый; ж – уголок равнобокий; з – уголок неравнобокий; и – швеллер; к – двутавр; л – двутавр сварной; м – рельс крановый; н – рельс железнодорожный; о – шпунтовая свая*



**Сортовой прокат** включает в себя полосы, прутки круглого, квадратного и шестигранного сечений.

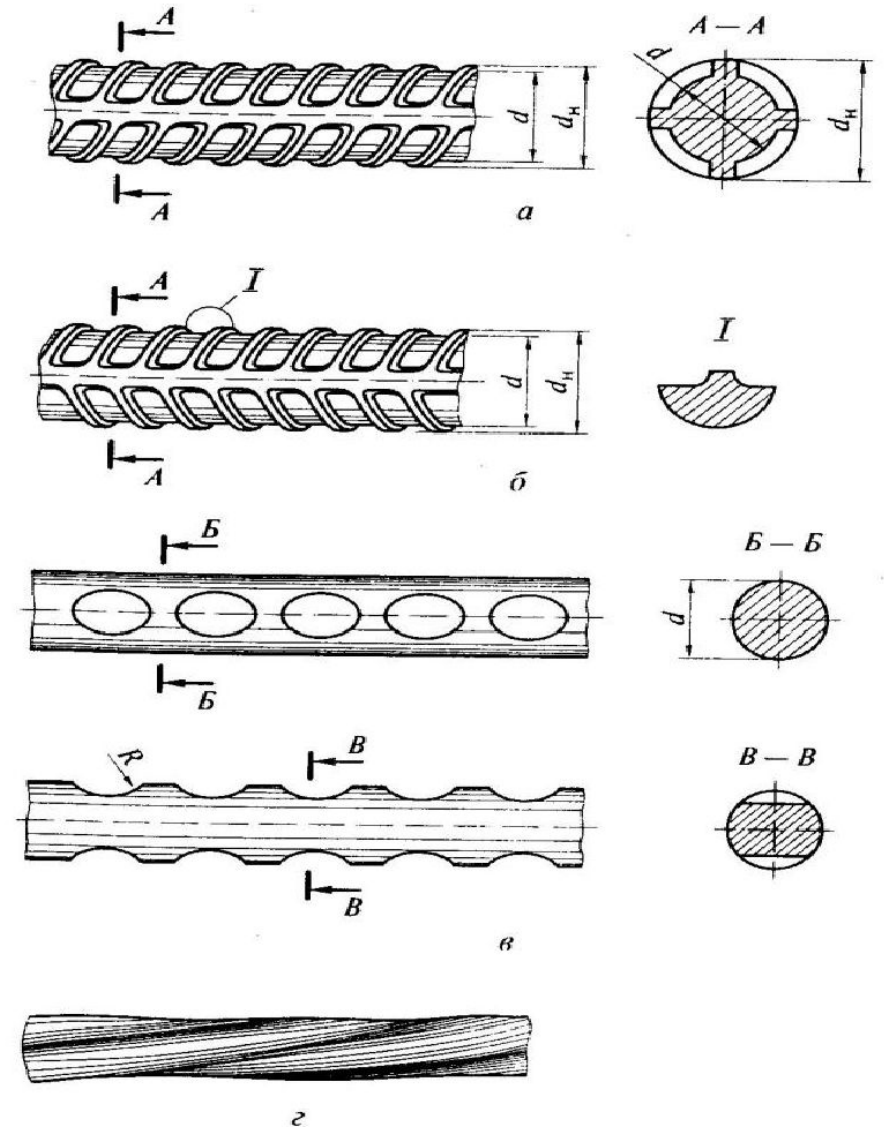
**Фасонный прокат** имеет сложный профиль поперечного сечения: уголок (равнобокий и неравнобокий), швеллер, тавр, двутавр.

**Листовой прокат** включает в себя листовую сталь, сталь универсального или специального назначения, гладкую или рифленую сталь, а также кровельное железо листовое, рулонное, профилированное (волнистое или трапециевидное) железо, металлочерепицу.

**Специальный прокат** включает в себя шпунт, сваи, арматуру, трубы, рельсы и др.

**Основным видом специального проката для строительства является стальная арматура для бетона**

Арматура подразделяется на классы: А — стержневая арматура; В — проволока; К — арматурные канаты.



Стальная арматура: а — класса А-II; б — класса А-III; в — проволока периодического профиля; г — семипроволочная арматурная прядь



**Волнистые металлопластиковые листы.** На строительном рынке России можно без труда приобрести современное покрытие для кровли — так называемую металлочерепицу. Это листы оцинкованной стали, покрытые полимерными составами.

Кроме того, широко применяются пазогребневые несущие металлопластиковые листы различного профиля. Они выполняются из стали методом штамповки. При этом гарантируется точное повторение рисунка, все складки рисунка одинаковы.

В металлочерепице сочетаются традиционно красивый черепичный рисунок и экономичность, которая достигается за счет низкой материалоемкости кровельных длинномерных листов промышленного изготовления и несложного монтажа.

В качестве исходного материала в металлочерепице применяется холоднокатаная сталь толщиной, как правило,  $s = 0,5$  мм.

Стальной лист подвергается с обеих сторон горячей оцинковке, при этом поверхность становится устойчивой к воздействию коррозии и восприимчивой к нанесению следующего слоя методом пассивации.

Далее на пассивированную поверхность наносится защитная краска (праймер) и затем слой пластика, выдерживающий воздействие солнечных лучей и колебаний температур.

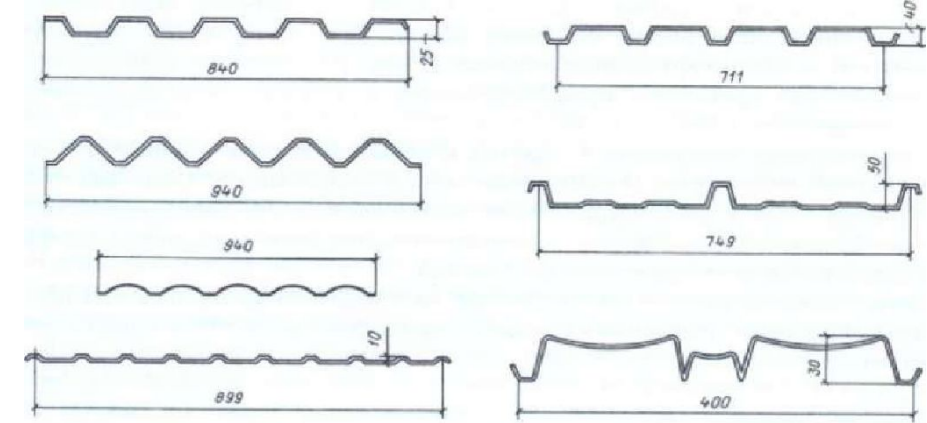
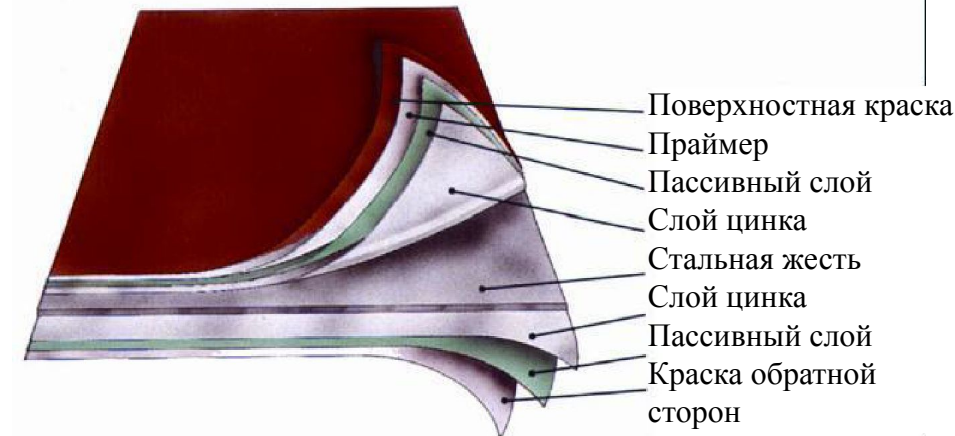
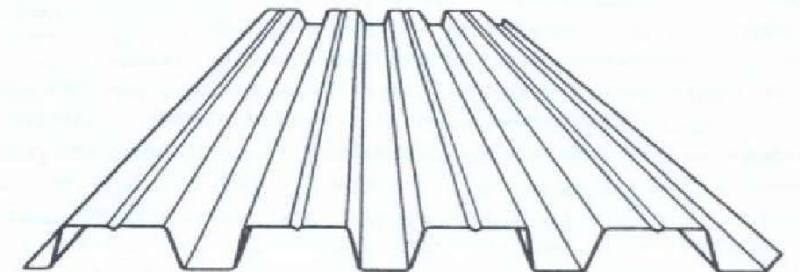


Рис. 8. Виды профилей стальных листов



В качестве полимерного слоя используются пластизол ПВХ, ПВХФ2, полиэфир или акрил, которые наносятся на основу при температуре примерно 200... 300 °С.

Первые два имеют особо высокую стойкость к воздействию механических нагрузок и промышленного загрязнения воздуха. Возможные царапины на поверхности легко закрасить аэрозольной краской того же оттенка.

Пластизоловое покрытие несколько прочнее полиэстерового, износоустойчиво, долговечно и атмосферостойко.

На рынке кровельных материалов можно приобрести металлочерепицу до 30 цветов. Масса 1 м<sup>2</sup> такого кровельного покрытия не превышает 5 кг.

Стоимость 1 м<sup>2</sup> кровли с учетом ее высокого качества и долговечности вполне сопоставима со стоимостью кровли, изготовленной традиционными способами.

Такие кровли легко монтируются как из готовых листов, длина которых достигает 6 м, так и из «картин», производимых на специальной установке непосредственно на строительной площадке.

Подобные покрытия огнестойки и долговечны.

Снег не скапливается на их гладкой поверхности, а само покрытие надежно защищает крышу от протечек весной, так как талая вода не просачивается сквозь покрытие.

Поверхность покрытия остается чистой, ни листья, ни мох не пристаю́т к кровле. Рассчитана она минимум на 50 лет эксплуатации.

# Черные металлы в архитектуре

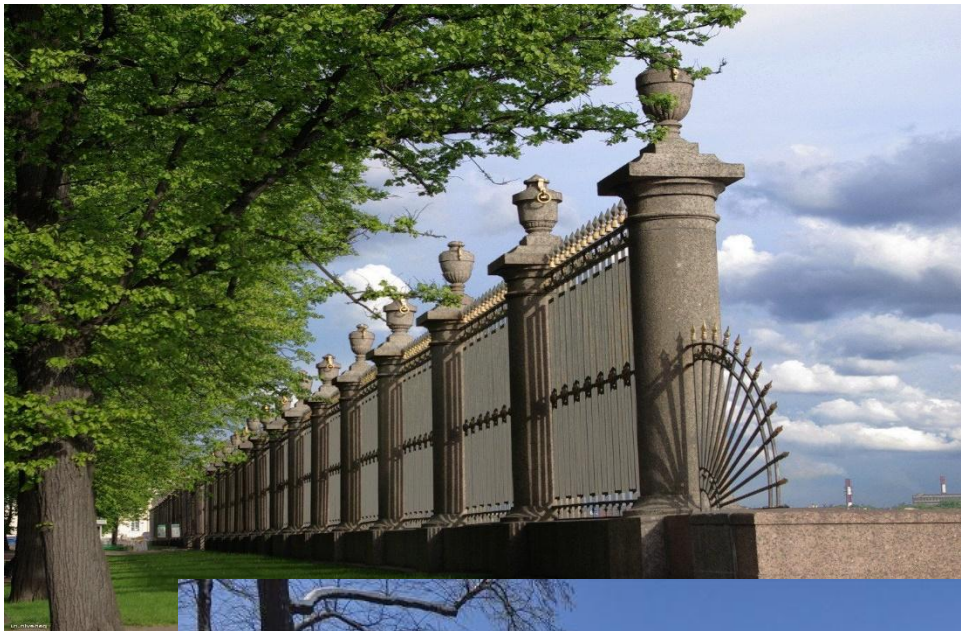
Художественное чугунное литье в нашей стране ведется с середины XVIII в. В 1747 г. был основан знаменитый Каслинский чугунолитейный завод под Челябинском.

Процесс *литья* состоит из следующих операций. Изготавливается модель из древесины или гипса, по модели создается форма. Ее готовят из так называемой формовочной земли, выполненной из глины, песка 0,05 ...0,3 мм и жидкого стекла. Поскольку крупные отливки из чугуна при остывании дают усадку до 0,3... 0,8 %, детали сложного рельефа делают по частям. Для отливок используется серый (литейный) чугун.



*Художественная ковка* — кузнечная работа, где используется классический набор устройств и инструментов: горн, молот, наковальня, щипцы. *Ковка* — обработка металла повторными ударами молота. Различают ковку свободную, когда металл деформируется (растекается), и в штампах. В этом случае металл при ударе заполняет матрицу. При свободной ковке делают вытяжку — уменьшение поперечного сечения, т. е. идет удлинение элемента, и осадку — увеличение сечения детали. Оригинальные кованые изделия придают современному дому изысканность, красоту и утонченность: решетки, балконы, лестничные перила, ажурные ограды, ворота, калитки, скамейки, кованная мебель, предметы интерьера.

История развития ковки и литья в Санкт-Петербурге неразрывно связана с деятельностью чугунолитейного и механического завода Сан-Галли. Основанный в 1853 г., завод выпускал как массовые изделия, так и уникальные. Наибольшее распространение получили решетки для балконов, решетки мостов, фонарные столбы, выполненные из чугуна методом литья. Для отливок решеток делались деревянные резные модели (опоки), которые заполнялись формовочной землей. Образовавшиеся в форме пустоты заполнялись расплавленным чугуном. Среди изделий завода — всемирно известные исторические ворота Зимнего дворца, решетка Таврического сада, решетки особняка Кшесинской (Санкт-Петербург) На цв. вкл. 26, 27 представлены всемирно известные ограды садов.



Стиль барокко, царивший в первой половине XVIII в., сохранял в декоре верность динамичным формам и ритмам. Балконные решетки, ограды делались из кованой стали. В последней четверти XVIII в. идеи классицизма нашли выражение в элементах решеток прямоугольного сечения с применением розеток, гирлянд из листьев, цветов, плодов. Доминируют симметрия, пропорциональность.

В 30-е гг. XIX в. на смену классицизму приходит эклектика (историзм). В недрах эклектики в конце XIX в. зарождался модерн, отрицавший всякое подражание, отличавшийся поиском дерзких форм, криволинейных очертаний. Усовершенствовались способы литья, появились балконы с «типовыми» решетками, выполненными по одной модели, что значительно удешевило их изготовление. В Санкт-Петербурге особую популярность приобрели балконные решетки завода Сан-Галли. В архитектуре малых форм, выполненных из чугуна в 40 — 50-е гг. XX в., оставил след помпезный ампир сталинской эпохи.



**Гальванотехника.** Большое место в производстве художественных и скульптурных изделий и деталей из металла занимает *гальванотехника* — электролитическое осаждение металла на поверхности изделий или оттисков, снятых с этих изделий.

Открытие и развитие этой техники производства принадлежит русскому ученому Б. С. Якоби, который нашел способ по заданным образцам производить изделия из медных растворов с помощью гальванизма.

В 40-е гг. XIX в. в Санкт-Петербурге возникают крупные гальванотехнические мастерские, в которых, несмотря на невысокую по тому времени технику, создавались шедевры скульптурных произведений.

Гальванопластическая медная скульптура заняла большое место наряду с чеканной скульптурой, сочетаясь в ряде случаев с ней в тех деталях, где требовалась точная репродукция пластики скульптуры. Более сложные по профилю детали Исаакиевского собора выполнены гальванопластикой, а остальные части — чеканкой по листовой меди.



При отделке Исаакиевского собора методом гальванопластики были изготовлены скульптуры более 4 м высотой, барельефы шириной и высотой до 1,5 м, консоли, розетки, гирлянды.

Скульптуры копируются обычно не с оригинала, во избежание его повреждений, а с копий, изготовленных путем формовки. С копий снимают формы, которые и служат для гальванотехнического воспроизведения. Формы изготавливаются из различных пластичных материалов: гипса, восковых смесей, пластмасс, легкоплавких сплавов.

Наиболее распространенным материалом для изготовления форм является строительный гипс. Для предохранения от гигроскопичности гипсовые формы пропитываются восковым составом. Глубина проникновения воскового состава 2... 5 мм. Перед пропиткой формы должны быть хорошо высушены. Предпочтительны составы с низкой температурой плавления.

Поверхность изготовленных форм перед гальваническим копированием покрывается электропроводящим слоем. Это достигается путем натирания поверхности формы графитом или путем осаждения на поверхности медной, серебряной или иной металлической пленки.





При применении металлических форм электропроводящий слой не наносится. Эти формы изготавливаются из листового свинца, алюминия или из легкоплавких сплавов.

Сам процесс наращивания металла в форму заключается в том, что в электролитическую ванну на положительный полюс подключается металл — медь. Она переходит в процессе электролиза к отрицательному полюсу, на котором помещается форма, и осаждается на ней. Для электролиза применяется постоянный ток низкого напряжения.

Методом гальванопластики выполнена, например, квадрига Государственного академического Большого театра России, было репродуцировано значительное количество скульптур, украшающих сады и парки.

Для создания барельефов практикуется *штамповка* листовой меди, которая укладывается в форму, имеющую рисунок обратного профиля, а также *чеканка* по меди с помощью ударной техники.

