

Глава 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ

В современной практике строительства металлические конструкции — стальные и алюминиевые — находят широкое применение. Это объясняется тем, что металл обладает высокой несущей способностью, обеспечивающей восприятие значительных нагрузок при сравнительно небольшой собственной массе, надежностью работы при различных видах напряженного состояния и агрессивных эксплуатационных средах, значительной универсальностью с точки зрения создания различных конструктивных форм плоских и пространственных систем, высокой индустриальностью изготовления изделий.

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года намечено произвести в 1985 г. 117—120 млн. т готового проката черных металлов, что на 14—17 % больше, чем в десятой пятилетке. Предусмотрено также увеличение производства алюминия на 15—20 %.

Однако с ростом производства перед проектировщиками поставлены и задачи по экономии металла в строительстве в объеме 8—10 % и повышении производительности труда при изготовлении металлоконструкций на 15—20 % из расчета на 1 м² здания и сооружения. Решение этой проблемы основано, главным образом, на полном и скорейшем внедрении научно-технических достижений отечественного и зарубежного опыта.

Научно-технический прогресс в области металлических конструкций развивается по трем основным направлениям: повышение эффективности конструктивных форм строительных конструкций и сооружений на их основе с одновременным повышением надежности и долговечности и установлением областей их рационального применения в зданиях и сооружениях различного назначения; создание высокопроизводительной поточно-механизированной и автоматизированной технологии изготовления с целью повышения производительности труда, увеличения степени заводской готовности и качества конструкций; повышение уровня механизации

сборки, возведения и разработки новых совершенных методов поточно-блочного монтажа.

Совершенствование конструктивной формы направлено на достижение максимальной эффективности конструкции. Достигается это различными приемами, главными из которых следует считать: оптимизацию конструктивной формы; применение предварительного напряжения в конструкциях; проектирование систем с совмещением несущих и ограждающих функций в одном элементе; концентрацию материала в мощных конструкциях; преимущественное применение несущих конструкций в виде растянутых поверхностей (мембран) и нитей; широкое внедрение пространственных систем.

Под оптимизацией конструктивной формы следует понимать такое решение конструкции, ее геометрических параметров, марок стали и расчета, при котором сооружения отвечают заданным архитектурно-конструктивным требованиям. Отсюда вытекают и другие направления совершенствования строительных металлических конструкций. Прежде всего это совершенствование материала путем широкого применения сталей высокой и повышенной прочности с пределом текучести 300—400 МПа, а также высокопрочных и сверхвысокопрочных сталей с пределом текучести до 1200—2000 МПа.

В соответствии с плановым заданием на одиннадцатую пятилетку в стране принято решение о расширении доли использования сталей высокой и повышенной прочности в общем объеме строительных металлических конструкций до 23—24 % вместо 18 % на конец 1980 г. Внедрение этих сталей в проекты стальных конструкций только массового изготовления позволит сэкономить от 9 до 16 % металла.

Наряду с внедрением в строительство сталей повышенной прочности важное место занимает проблема совершенствования сортамента прокатных и гнутых профилей, уменьшение толщины элементов и определение научно обоснованной системы градации сортамента. Решение этой проблемы позволит дополнительно сократить расход стали еще на 20—25 %. В этих целях намечено дальнейшее расширение внедрения легких металлических конструкций с применением широкополочных двутавров, гнутосварных профилей прямоугольного сечения и тонкостенных круглых труб для плоских и пространственных ферм и перекрестно-стержневых систем

с доведением зданий комплектной поставки на их основе до 5,5—6 млн. м² в год вместо 2 млн. м² на конец 1980 г.

Одним из важных факторов, определяющих эффективность металлических конструкций, является решение соединений. Дальнейшее совершенствование электросварки, применяемой в 95 % металлических конструкций, идет по пути внедрения современных автоматических линий, снижающих трудоемкость изготовления и обеспечивающих высокую надежность соединений. Для прогрессивных решений болтовых соединений характерно преимущественное применение высокопрочных болтов из легированных сталей.

Новые формы соединений — пайка и склеивание, основаны на физико-химических процессах неразъемного соединения элементов. Эти соединения не получили пока широкого распространения, но представляются очень перспективными (особенно склеивание) ввиду скорости производства работ и сравнительно низкой их стоимости.

Дальнейшее развитие получают и методы расчета конструкций, основанные на широком использовании электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Металл — один из самых старых и распространенных искусственных строительных материалов. Уже в V в. до н. э. были известны простейшие сооружения из железа. Однако применение металла в строительных конструкциях началось сравнительно недавно — после получения в 1784 г. Г. Кортон (Англия) малоуглеродистого пудлингового железа, положившего начало промышленному производству стали. За короткий период были разработаны основные способы промышленного производства литой стали: бессемеровский (1855 г.); мартеновский (1867 г.); томасовский (1878 г.). С их внедрением началось развиваться прокатное производство стальных профилей — угловых, тавровых, зетовых и двутавровых.

К этому же периоду относится создание науки «Строительная механика», занимающейся определением усилий в элементах сложных строительных конструкций.

Велика заслуга в развитии науки о металлических конструкциях, в частности металлических мостов, видных русских ученых и инженеров — Д. И. Журавского (1822—1891), Ф. С. Ясинского (1856—1899), Н. А. Беллюбского (1845—1922), Л. Д. Проскуракова (1858—

1926), Е. О. Патона (1870—1953), И. П. Прокофьева (1877—1958), Н. С. Стрелецкого (1885—1967) и др.

После победы Великой Октябрьской социалистической революции в стране создана мощная металлургическая промышленность, обеспечившая возможность широкого применения стальных конструкций в промышленном строительстве.

Бурное развитие сварных металлических конструкций наряду с возрастающими объемами строительства позволили уже в 30-е годы разработать типовые балки и фермы с унифицированным трехметровым модулем, который способствовал созданию индустриального изготовления конструкций на базе максимального использования передовой технологии.

В послевоенный период металлические конструкции применялись главным образом при возведении резервуаров, газгольдеров, доменных печей, мачт линий электропередач, радиомачт, телевизионных башен, конструкций телескопов и тому подобных сооружений, в которых применение других материалов было практически невозможно или экономически нецелесообразно.

В течение 50—60-х гг. мировая практика накопила огромный опыт в развитии современных металлических конструкций. Были разработаны конструкции массового применения в виде традиционных балок, ферм и колонн для одноэтажных и многоэтажных промышленных и гражданских зданий, а также новые типы эффективных конструкций — предварительно напряженные фермы и балки, перекрестно-стержневые конструкции, вантовые и мембранные конструкции, сетчатые купола, своды и др.

Важную роль в развитии строительных металлических конструкций в стране сыграло принятое в мае 1972 г. постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР об организации производства и комплектной поставки легких металлических конструкций промышленных зданий. Оно наметило грандиозную программу, предусматривающую создание единого комплексного процесса проектирования, специализированного заводского изготовления, комплектной поставки и высокопроизводительного монтажа легких металлических несущих и ограждающих конструкций промышленных зданий из экономичных видов проката черных металлов и алюминия.

Для выполнения этой задачи в стране были созданы современные специализированные предприятия по производству легких металлических конструкций для промышленных зданий с производительностью 8 млн. м² в год.

Общая стоимость металлических конструкций складывается из следующих составляющих: стоимости проектирования, стоимости металла, стоимости транспортировки металла с металлургического завода на завод — изготовитель конструкций и готовой конструкции на строительную площадку, стоимости изготовления и монтажа конструкций. Учитывая, что стоимость металла составляет около 70 % общей стоимости, при разработке новых конструкций особое внимание обращается на их создание с наименьшей массой.

В отличие от зарубежных школ, Советская конструкторская школа проектирования металлических конструкций, созданная коллективами ЦНИИпроектстальконструкции, Промстройпроекта, Гипромеца, МИСИ им. В. В. Куйбышева, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, НИИ электросварки им. Е. О. Патона и др., базировалась не только на законах веса, которым придавалось решающее значение при разработке оптимальных конструктивных форм, но и на учете трудоемкости и стоимости изготовления и монтажа конструкций, влияющих на повышение производительности труда в металлостроении и сокращение сроков возведения зданий и сооружений. Это направление положило начало индустриальному изготовлению металлических конструкций с широким использованием принципов унификации и стандартизации их элементов.

Основные требования, предъявляемые к металлическим конструкциям:

- 1) удовлетворение конструктивной формы технологии производства функциональным эстетическим и эксплуатационным требованиям здания или сооружения;
- 2) обеспечение необходимой несущей способности — прочности, устойчивости и жесткости при минимальной массе конструкций;
- 3) достижение наименьшей трудоемкости изготовления и монтажа;
- 4) сокращение сроков возведения и достижение минимальной стоимости каркаса здания или сооружения.

Эти требования определили принятый в стране двух-

стадийный принцип проектирования зданий и сооружений: проектное задание и рабочие чертежи. На стадии проектного задания устанавливается техническая возможность и экономическая эффективность предполагаемого строительства. Стадия рабочих чертежей при проектировании металлических конструкций состоит из двух частей: стадия рабочих чертежей КМ (конструкции металлические) и стадия рабочих детализовочных чертежей КМД (конструкции металлические, детализовка). На стадии КМ, выполняемой проектной организацией, разрабатывается общая схема сооружения, производятся расчет конструкций, подбор сечений и конструирование узлов, составляется спецификация на металл. На стадии КМД, выполняемой конструкторскими бюро заводов-изготовителей, по чертежам КМ разрабатываются детализовочные чертежи, используемые в цехах завода для изготовления отправочных монтажных марок, а также с их учетом выполняются монтажные схемы.

При проектировании металлических конструкций руководствуются указаниями «Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов» (ТП 101-81) с учетом технико-экономической целесообразности применения металлических конструкций применительно к данному конкретному объекту. Разработка новых стальных конструкций должна подчиняться законам унификации — ограничения числа элементов конструкций и конструктивных форм на основе единой модульной системы в строительстве (ЕМС), которая создает предпосылки для типизации и стандартизации строительных металлоконструкций.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

По виду металлические конструкции можно разделить на стержневые и сплошные системы (рис. 1).

Наибольшее применение в промышленных и гражданских зданиях и сооружениях находят стержневые системы с жесткими элементами, хорошо работающими на растяжение, сжатие и изгиб. Более половины всей стали, применяемой в строительстве, используется в одноэтажных промышленных зданиях, состоящих из одноили многопролетных плоских поперечных рам, образо-

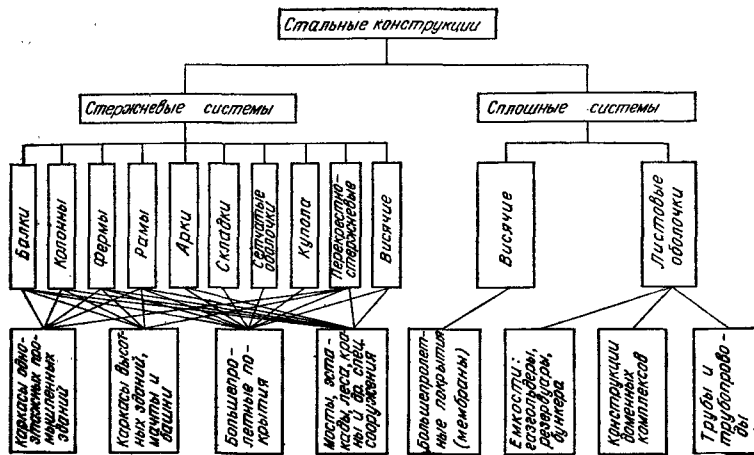


Рис. 1. Классификация и область применения стальных конструкций

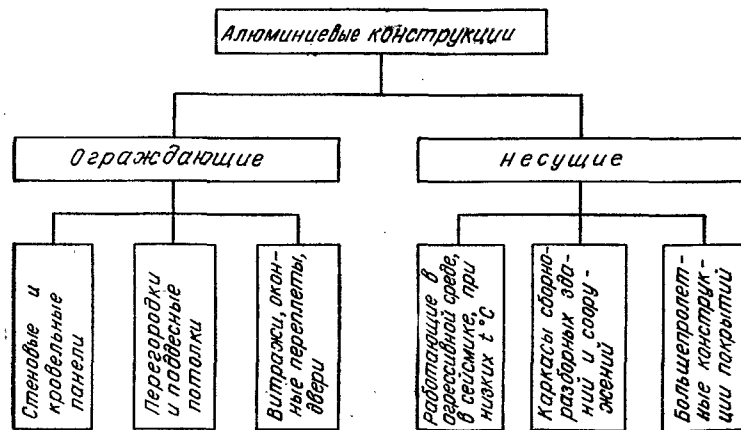


Рис. 2. Классификация и область применения алюминиевых конструкций

ванных колоннами и стропильными фермами с пролетами более 18 м для отапливаемых зданий и с пролетами более 30 м для неотапливаемых; здания высотой до оси нижнего пояса конструкции покрытия более 14,4 м; здания с кранами тяжелого режима работы и с кран-балками грузоподъемностью не менее 3,2 т, а также с разви-

той сетью подвешенного конвейерного транспорта; здания, строящиеся в районах с расчетной сейсмичностью 8—9 баллов или испытывающих большие динамические нагрузки от технологического оборудования; в зданиях, возводимых в труднодоступных районах нашей страны.

Применение стержневых металлических конструкций экономически выгодно в большепролетных залных покрытиях (с пролетами более 40 м) преимущественно для зданий общественного назначения (спортивные залы, крытые рынки, выставочные павильоны, залы театров и т.д.); а также для специальных зданий промышленного назначения (самолетостроительные ангары и эллинги, машиностроительные и металлургические заводы, главные корпуса ТЭС, ГЭС и др.).

Металлические каркасы рекомендуется применять в высотных гражданских зданиях с числом этажей не менее 20, а также в промышленных зданиях с нормативными длительно действующими нагрузками не менее 10 кН/м², а также в зданиях с сетками колонн не менее 6×12 и 9×9 м. К специальным сооружениям, выполняемым в металлических конструкциях, относятся электро- и радиовышки, телевизионные и водонапорные башни и пр.; а также пролетные строения железнодорожных и автодорожных мостов.

Наиболее распространенными сплошными системами являются газгольдеры, резервуары и бункера, применяемые для хранения газообразных, жидких и сыпучих тел, а также специальные конструкции комплекса доменных печей и химических заводов, дымовых труб и трубопроводов нефти и газа. Новейшее направление применения сплошных листовых конструкций (мембран) — перекрытие больших пролетов (более 100 м) крытых стадионов и универсальных залов, а также площадей реконструируемых промышленных предприятий.

Алюминиевые конструкции могут применяться практически во всех областях строительства наравне со стальными конструкциями в виде несущих сварных конструкций — ферм, колонн, прогонов покрытий, пространственных решетчатых покрытий, висячих конструкций, сборно-разборных каркасов зданий и т. д. Однако ввиду их высокой стоимости (в 8—15 раз дороже стали), меньшей, чем у стали, жесткости и низкой огнестойкости их применение в современном строительстве ограничено (рис. 2). Их преимущественно используют в ограждаю-

ТАБЛИЦА 1. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СТАЛЬНЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Достоинства	Недостатки
Стальные конструкции	
<p>1. Высокая прочность (предел текучести $R_{yt}=230-750$ МПа, модуль упругости $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа), способность воспринимать большие усилия</p> <p>2. Относительная легкость (в 1,5—2 раза легче деревянных, в 8—12 раз — бетонных, в 20 раз — кирпичных) и компактность, что обуславливает простоту и удобство транспортировки и монтажа</p> <p>3. Водогазонепроницаемость</p> <p>4. Надежность работы конструкций, определяемая относительно высокой однородностью механических свойств стали</p> <p>5. Высокая сборность, индустриальность изготовления</p>	<p>1. Подверженность коррозии (появление ржавчины — оксида железа), требующей специальных методов защиты и частично ограничивающей область применения</p> <p>2. Малая огнестойкость (при $t=500$ °С сталь теряет несущую способность)</p> <p>3. Сравнительно высокая стоимость</p>
Алюминиевые конструкции	
<p>1. Малая плотность $\rho=2,7$ кН/м³ ($\rho_{стали}=7,85$ кН/м³) при высокой несущей способности (расчетное сопротивление $R_y=25-200$ МПа)</p> <p>2. Простота прессования профилей, позволяющая создавать любые конструктивные формы</p> <p>3. Высокая стойкость против коррозии (в 10—20 раз выше стальных)</p> <p>4. Отсутствие искр при ударе</p> <p>5. Повышенная стойкость работы при низких температурах (пластичность) и сейсмостойкость</p>	<p>1. Сравнительно низкий модуль упругости ($E=7,1 \times 10^4$ МПа), обуславливающий повышенную деформативность и малую огнестойкость</p> <p>2. Более высокий температурный коэффициент линейного расширения (в 2 раза больше стальных)</p> <p>3. Дефицитность и высокая стоимость</p>

щих конструкциях — оконных и дверных заполнениях, подвесных потолках, перегородках, витражах, кровельных и стеновых панелях (табл. 1).

1.3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ И АЛЮМИНИЯ

Железо — один из наиболее распространенных в природе элементов. В земной коре его содержится около 5 %. Однако в чистом виде оно не встречается, так как легко соединяется с кислородом, образуя оксиды. Наиболее известные железные руды, из которых получают железо, — магнетит Fe_3O_4 (содержащий более 70 % железа), гематит Fe_2O_3 (30—50 %), лимонит $FeO(OH)$ и др. Наряду с чистым железом в руде содержатся углерод, другие металлы, а также вредные примеси — сера, фосфор, азот и т. п.

Первичный продукт, получаемый из руды, — чугуны (сплав железа с углеродом). Чугун производят в доменных печах (рис. 3) путем плавления при $t=1600$ °С железной руды с добавлением кокса и известняка. В процессе сжигания кокса происходит восстановление железа, в то же время известняк предназначен для более легкого отделения неметаллических примесей вместе со шлаком. Расплавленный чугун как более тяжелая составная часть собирается на дне печи и затем выпускается наружу в специальные изложницы. Полученный серый чугун крупнозернистой структуры с 4 %-ным содержанием углерода применяется для литья, белый чугун мелкозернистой структуры — для производства стали.

Сталь — сплав железа с углеродом, процентное содержание которого благодаря особой обработке (легированию) уменьшено до количества, не превышающего 1,2 %. В современной металлургии для получения стали из чугуна используются три способа: мартеновский, бесемеровский и томасовский. Основным сырьем для получения стали служат белый чугун, металлолом и отходы (стальной скрап), а также добавки в виде кремния, марганца, хрома, никеля, меди и др. для получения сортов стали с заранее заданными свойствами.

Наиболее распространенный способ получения строительных сталей — мартеновский (рис. 4). Этот способ заключается в том, что на расплавленный чугун, помещенный в специальную печь, обложенную огнеупорами,

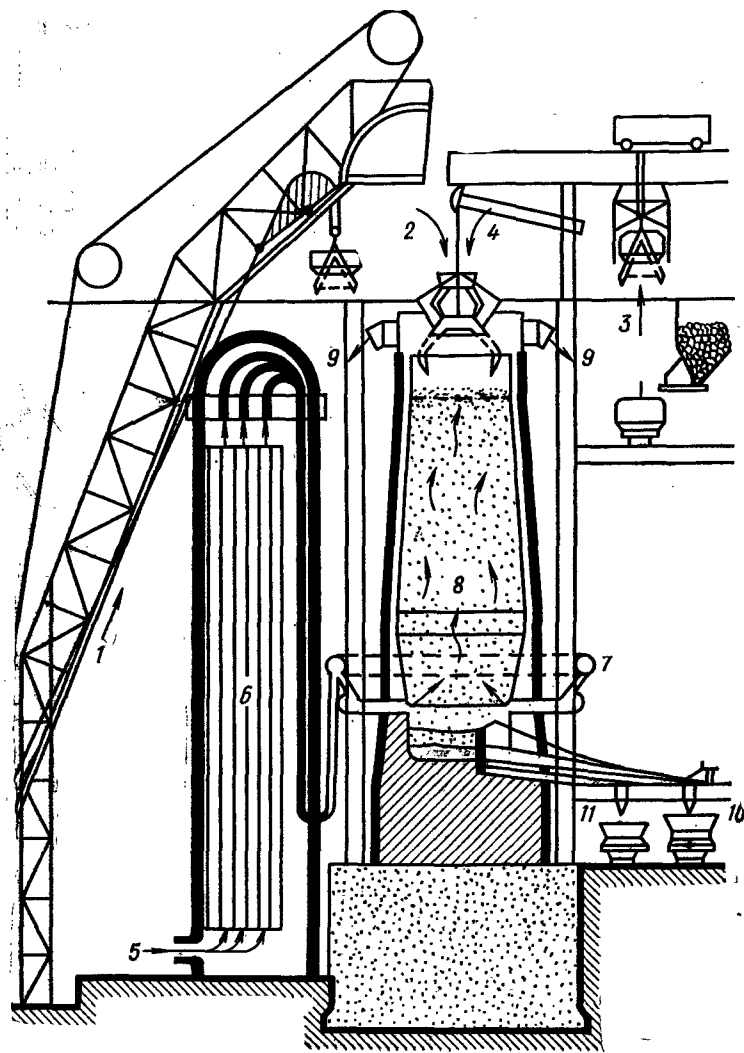


Рис. 3. Доменный способ получения чугуна

1 — подача руды; 2 — загрузка руды и добавок; 3 — бункер для кокса; 4 — холодный воздух; 5 — горячий воздух; 6—7 — продувка; 8 — доменная печь; 9 — выпуск горячего газа; 10 — выпуск расплавленного шлака; 11 — выпуск чугуна

Рис. 4. Мартеновский способ получения стали

1 — ванная печь; 2 — горячий воздух; 3 — регенераторы

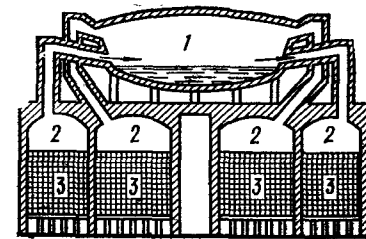
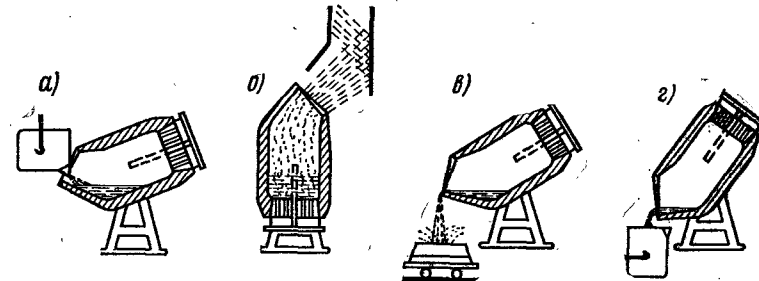


Рис. 5. Конвертерный способ получения стали

а — наполнение; б — продувка; в — выпуск шлака; г — выпуск стали



непрерывным потоком подается воздух с горячим газом, поддерживающим $t = 2000^\circ\text{C}$. Под воздействием такой температуры из расплавленной массы в течение 4—12 ч (в зависимости от требуемого качества стали) сгорает углерод, процентное содержание которого строго контролируется.

Кислородно-конвертерный способ получения стали, получающий в последнее время все большее распространение в мировой практике, состоит в продувке через расплавленный чугун горячей смеси воздуха с кислородом под давлением (рис. 5). В результате в расплавленном чугуне сгорают углерод и вредные примеси.

В зависимости от состава внутренней огнеупорной обкладки конвертера способ называется бессемеровским

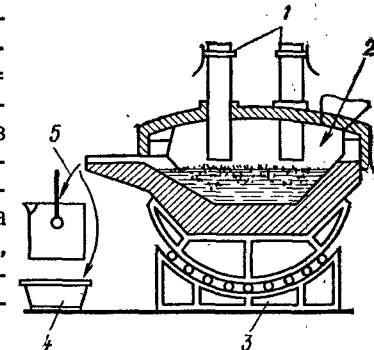


Рис. 6. Производство стали в электропечах

1 — угольные электроды; 2 — наполнение; 3 — поворотная платформа; 4 — сталь; 5 — шлак

(кислая обкладка) либо томасовским (основная футеровка). Томасовский способ выплавки стали не гарантирует требуемые качества, поэтому данная сталь для строительных конструкций в стране не применяется.

Наиболее качественные многократно легированные стали получают в специальных электрических печах (рис. 6). Максимальная температура около 2200 °С достигается с помощью электродуги, возникающей между двумя угольными электродами. Достоинство способа в том, что на расплавленный металл не попадают вредные элементы из воздуха и газа, как это имеет место в первых двух способах. Сталь, полученная любым методом, отливается в специальные формы и отправляется в таком виде для дальнейшей обработки по производству проката, литья и других изделий.

Алюминий — самый распространенный на земле металл, он составляет около 8,1 % земной коры. Его получают из бокситов с содержанием глинозема 40—60 %, а также из нефелинов и алунитов с содержанием глинозема 22—32 %. Ввиду высокой температуры плавления глинозема (2040 °С) и сравнительно низкой температуры плавления алюминия (657 °С) существует единственный способ получения алюминия с помощью электролиза глинозема. В результате электролиза, т. е. совокупности процессов электрохимического окисления-восстановления, возникающих на поверхности погруженных в электролит электродах при прохождении через них электрического тока, получают чистый алюминий.

Однако из-за невысокой прочности и быстрой окисляемости в технике чистый алюминий не применяется, а используются алюминиевые сплавы, в которых содержание алюминия составляет 90—95 %, а остальное — специальные добавки, повышающие прочность и замедляющие окисляемость алюминиевого сплава.

1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Основные материалы, применяемые в строительстве, — сталь обыкновенного качества и алюминиевые сплавы. Работа металла в конструкциях характеризуется прочностью, упругостью, пластичностью, свариваемостью и другими механическими свойствами, которые в свою

очередь зависят от химического состава, способа выплавки и степени раскисления.

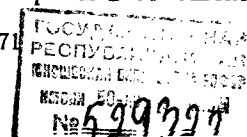
Один из главных признаков, определяющих применение стали в строительных конструкциях, — процентное содержание углерода в ней. По этому признаку сталь делится на малоуглеродистую (0,09—0,22 %), применяемую в строительных конструкциях, среднеуглеродистую (0,25—0,5 %) — в машиностроении, и высокоуглеродистую (0,6—1,2 %) — в инструментальной промышленности. Малоуглеродистая сталь обладает большой пластичностью, высокой ковкостью, хорошей свариваемостью, отсутствием тенденций к хрупкому разрушению — все эти свойства в полной мере отвечают высоким требованиям, предъявляемым к строительным сталям.

Для повышения механических свойств конструкционных сталей при их изготовлении строго контролируют содержание вредных элементов — фосфора, серы, кислорода и азота, увеличивающих хрупкость, и легирующих — никеля, хрома, титана, молибдена и других элементов, повышающих прочность, пластичность и способность материала к свариваемости и закаливанию.

По степени раскисления сталь делится на кипящую, полуспокойную и спокойную. Кипящей называют сталь, в процессе получения которой происходит бурное выделение газов (кипение), способствующее образованию мелких газовых пузырей и концентрации вокруг них различных неметаллических включений и примесей, значительно снижающих качество стали. Спокойная сталь, остывающая без бурного выделения газов, получается путем введения в нее различных раскислителей в виде добавок кремния, марганца, алюминия и др., в результате чего на поверхности слитка (15 %) образуется шлак, идущий на переплавку, а в остальной части слитка высококачественная однородная сталь.

В строительстве преимущественное применение находит полуспокойная сталь (компромиссный вариант между кипящей и спокойной), обладающая высокими технико-экономическими показателями и более низкой стоимостью, чем спокойная сталь. Однако стали повышенной и высокой прочности выполняются главным образом из спокойной стали, обладающей более высокой однородностью и способностью сопротивляться хрупкому разрушению.

Промышленная поставка стали в зависимости от нормируемых свойств осуществляется по трем группам — А, Б и В. Учитывая большую ответственность строительных стальных конструкций, для их изготовления используется сталь группы В с гарантией по механическим свойствам и химическому составу, с поставкой по 2—6-й категориям в отношении гарантии ударной вязкости.



Категории стали для каждой марки характеризуют ее химический состав, временное сопротивление, относительное удлинение и другие характеристики, которые учитывают при проектировании конструктивных форм.

В зависимости от механических свойств конструкционные стали подразделяются на стали обычной прочности (обыкновенного качества), высокой прочности и повышенной прочности. К наиболее употребительным конструкционным сталям обыкновенного качества относятся углеродистые стали ВСтЗсп5, ВСтЗГпс5, ВСтЗпс6 и ВСтЗкп2; низколегированные марганцовистые стали 09Г2 и 14Г2; кремнемарганцовистые стали 10Г2С1 и 09Г2С; хромокремненикелевые с медью 15ХСНД и 10ХСНД; низколегированные стали с ванадием и медью 15Г2СФ и 15ХГ2СФД; низколегированные стали с нитридным упрочнением 14Г2АФ, 16Г2АФ, 18Г2АФпс и 15Г2АФДпс, а также термически упрочненные легированные стали 12Г2СМФ, 12ХГ2СМФ, 15ХГ2СМФР, 12ХГН2МД и др.

В обозначении углеродистых сталей (например, ВСтЗпс6): буква В определяет группу поставки; СтЗ— собственно марку стали; пс— полуспокойную со степенью раскисления; цифра 6— категорию поставки. Для низколегированных сталей вводят буквенное обозначение легирующих элементов (Г— марганец, С— кремний, Х— хром, Н— никель, Д— медь, А— азот, Ф— ванадий, П— фосфор, Т— титан, М— молибден, Р— бор) и цифры, указывающие количественное содержание элемента в процентах. Так, низколегированная сталь марки 15Г2СФ расшифровывается следующим образом: содержание углерода 0,15 %, марганца 2 %, кремния и ванадия 0,3—1 % (буква без цифры обозначает содержание элемента 0,3—1 %).

Для изготовления конструкций применяют профили из деформируемых алюминиевых сплавов, получаемых обработкой давлением— прессованием, вытяжкой, прокаткой и штамповкой. В зависимости от химического состава различают пять групп алюминиевых сплавов, применяемых в архитектуре и строительстве: алюминево-марганцевые (АМцМ); алюминево-магниевого (АМг2М, АМг21/2Н); кремнемагниевого (АД31Т, АД31Т1, АД31Т5); цинкомагниевого (1915, 1915Т, 1925, 1925Т); медномагниевого (Д1, Д6, Д16, Д18 и т. д.).

Характер обработки алюминиевого сплава фиксируется в обозначении марки сплава введением дополнительных букв и цифр: М— мягкий (отожженный); Н— нагартованный, 1/2Н— полунагартованный; Т— закаленный и естественно состаренный; Т1— закаленный и искусственно состаренный; ТН— нагартованный после закалки и искусственного старения. Обозначения кремнемагниевого сплава марок АД и АД31 и цинкомагниевого сплава (1915, 1925) соответствуют международному стандарту. В первых следует читать: А— алюминевый сплав, Д— деформируемый, 31— номер сплава; вторых: цифра 1— алюминевый сплав, цифра 9 указывает на содержание цинка, последние две цифры— номер сплава.

Марки сталей и алюминиевых сплавов применительно к проектируемым конструкциям выбирают в соответствии с табл. 50 СНиП II-23-81 и табл. 52 приложения 1 дополнения гл. СНиП II-24-74.

1.5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Основные показатели механических свойств стали: прочность, упругость и пластичность, склонность к хрупкому разрушению. Прочность материала определяется его сопротивляемостью внешним силовым воздействиям. Упругость есть свойство материала восстанавливать свое первоначальное состояние после снятия внешних силовых воздействий. Пластичность характеризует свойства материала получать остаточные деформации (не возвращаться в первоначальное состояние) после снятия внешних нагрузок. Хрупкость характеризуется разрушением материала при малых деформациях в пределах упругой работы.

Прочность, упругость и пластичность стали определяются испытанием на растяжение специальных стальных образцов (рис. 7). При растяжении образца строят диаграмму его растяжения (рис. 8), выраженную в напряжениях и относительных удлинениях:

$$\sigma = F/A; \quad \varepsilon = \Delta l / 100 \% / l_0, \quad (1)$$

где σ — нормальное напряжение, МПа; F — нагрузка, кН; A — первоначальная площадь сечения образца в пределах длины l , см²; ε — относительное удлинение, %; l_0 — первоначальная контрольная длина образца, см; Δl — удлинение элемента на контрольном участке, см.

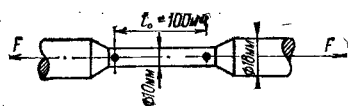
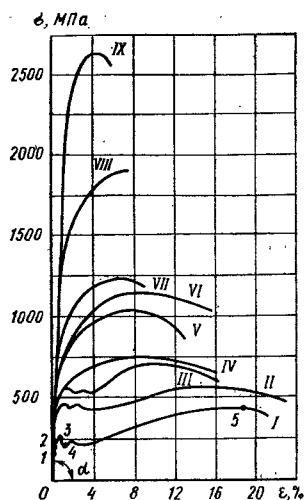


Рис. 7. Вид опытного образца для испытания стали на растяжение

Рис. 8. Сравнительные диаграммы растяжения сталей разных марок

I — обыкновенного качества; II — повышенной прочности; III—V — высокой прочности; VI—IX — высокопрочные для канатов



При растяжении образца из малоуглеродистой стали (кривая I) сталь имеет небольшой участок упругой работы, характеризуемый отрезком прямой линии 0—1.

Проекция точки 1 на ось σ представляет собой предел пропорциональности, т. е. наибольшее напряжение, при превышении которого нарушается пропорциональная зависимость между напряжениями и деформациями (закон Гука):

$$E = \sigma / \epsilon = \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где E — коэффициент пропорциональности, или модуль упругости, МПа.

Проекция точки 2 на ось σ , находящаяся несколько выше точки 1, характеризует предел упругости R_e стали т. е. наибольшее напряжение, при превышении которого после снятия внешней нагрузки в образце остаются остаточные деформации. При достижении точки 3 начинается текучесть материала, т. е. увеличение деформаций при практически постоянном нормальном напряжении. Значение напряжения, характеризующее это состояние материала, называется пределом текучести R_{yn} , а условно горизонтальный участок между точками 3 и 4 называют площадкой текучести. Для малоуглеродистых сталей за предел текучести принимают напряжение, которому соответствует относительное удлинение 0,2 %.

При дальнейшем увеличении нагрузки напряжения в образце увеличиваются. Однако деформации растут значительно быстрее напряжений. Эта область работы материала называется пластической стадией, использование которой при расчете конструкций представляет значительный интерес с точки зрения экономии стали.

Прочность материала характеризуется наибольшим напряжением, при достижении которого начинается процесс разрушения образца (точка 5). Это напряжение называют временным сопротивлением R_{un} , или пределом прочности. Из диаграммы растяжения видно, что мягким строительным сталям соответствует предельное относительное удлинение $\epsilon = 20-25$ %.

При увеличении прочности стали (кривые II и III) наблюдается заметное уменьшение площади текучести, а для некоторых сталей полное ее отсутствие. Это свойство снижает надежность стали, увеличивая ее склонность к хрупкому разрушению.

Основными показателями, характеризующими пластические свойства стали, являются относительное удлинение δ_5 , %, и условная ударная вязкость $a_n = \text{Дж/см}^2$. Ударная вязкость характеризует склонность стали к хрупкому разрушению и представляет собой удельную работу, затрачиваемую для разрушения стандартного образца с надрезом ударом. Для малоуглеродистых сталей при нормальной температуре $a_n = 70-100$ Дж/см². При повышении температуры ударная вязкость увеличивается, при уменьшении — падает.

В зависимости от механических свойств, вида и толщины проката, а также степени использования работы материала конструкционные стали подразделяют на 21 группу (табл. 51 и 52 СНиП II-23-81). Для упрощения в учебных целях можно пользоваться расчетными характеристиками по сокращенным табл. 2, 3.

Для растяжения, сжатия и изгиба при работе в упругой стадии расчетное сопротивление определяется по пределу текучести материала по формуле

$$R_y = R_{yn} / \gamma_m, \quad (3)$$

а при работе в упруго-пластической стадии, по формуле

$$R_u = R_{un} / \gamma_m, \quad (4)$$

где R_{yn} — предел текучести стали, МПа; R_{un} — предел прочности стали, МПа; γ_m — коэффициент надежности по материалу, изменяющийся в пределах 1,025—1,15 (табл. 2 СНиП II-23-81).

Металлолом

Первый научный сайт про металлы в Рунете

Большое спасибо за чтение ознакомительной версии контента с сайта “Металлолом”. Если вы заинтересованы в полной версии, пожалуйста - нажмите кнопку “Facebook” или “Twitter” и поделитесь своей находкой, чтоб остальным было легче найти наш сайт.

После этого вам нужно будет обновить страницу, где вы расшарили ссылку - и полный контент будет доступен вам для чтения онлайн прямо на сайте!

Если вы находите данный ресурс полезным - пожертвуйте, сколько можете

<https://secure.wayforpay.com/payment/mitalolom>



Важно!

Весь контент защищен авторскими правами и служит только для ознакомительных целей - например, когда вам нужно написать реферат или курсовую.

После прочтения и ознакомления, вам нужно будет удалить скачанный контент или оплатить издателю.