

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

УДК 621.74.:

ПРИМЕНЕНИЕ СТАЛИ В МАШИНОСТРОЕНИИ КАК КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

К.У.Ташходжаева., Н.Дж.Тураходжаев

Введение. Сталь является основным конструкционным материалом, он по сравнению с чугуном сравнительно пластичный, деформируемый, текучий, вязкий. Сталь можно резать, сваривать. Получают деформируемый сплав железа, который поддается механической, термической, токарной и фрезерной обработке. Литьем, прессованием, резкой, шлифовкой и сверловкой добиваются нужной формы. Стальные изделия получают с точно выверенными размерами.

Железо и углерод занимают львиную долю от общей массы, но кроме них сталь всегда содержит другие примеси. Чистота по неметаллическим включениям определяет качество стали. Оксиды, сульфиды и вредные примеси делают ее хрупкой и непластичной. Их содержание снижают очисткой или вводят дополнительные компоненты, чтобы добиться нужных физико-химических свойств.

Примеси бывают полезными и вредными. Разделение условное и означает то, что элементы улучшают химический состав стали или ухудшают его свойства. К полезным элементам относятся марганец и кремний. Сера, фосфор, кислород, азот, водород — вредные примеси в составе стали.

Эффект от различных элементов в сталях:

- Марганец повышает прокаливаемость металла и нейтрализует вредное воздействие серы.
- Кремний улучшает прочность и способствует раскислению сплава, удаляя оксиды и сульфиды.
- Сера ухудшает пластичность и вязкость. Ее большое содержание проявляется красноломкостью: во время горячей обработки металл трескается в области красного или желтого каления.
- Фосфор снижает пластичность и ударную вязкость сплава. Повышенное содержание фосфора приводит к хладноломкости: при механической обработке металл трескается или разламывается на куски.
- Кислород и азот разрушают структуру стали, ухудшают вязкость и пластичность.
- Водород приводит к хрупкости металла.

Чтобы удалить вредные примеси и неметаллические включения, жидкую сталь рафинируют. Используют комбинированное рафинирование в печи и вне печи. К примеру,

раскисление, десульфурацию, дегазацию и другое. За счет очистки структура металла становится однородной, а качество возрастает.

Стали с очень высокими упругими свойствами находят широкое применение в машиностроении и приборостроении. В машиностроении их используют для изготовления рессор, амортизаторов, силовых пружин различного назначения, в приборостроении — для многочисленных упругих элементов: мембран, пружин, пластин реле, сильфонов, растяжек, подвесок.

Пружины, рессоры машин и упругие элементы приборов характеризуются многообразием форм, размеров, различными условиями работы. Особенность их работы состоит в том, что при больших статических, циклических или ударных нагрузках в них не допускается остаточная деформация. В связи с этим все пружинные сплавы, кроме механических свойств, характерных для всех конструкционных материалов (прочности, пластичности, вязкости, выносливости), должны обладать высоким сопротивлением малым пластическим деформациям. В условиях кратковременного статического нагружения сопротивление малым пластическим деформациям характеризуется пределом упругости, при длительном статическом или циклическом нагружении — релаксационной стойкостью.

Существует множество способов классификации сталей, например, по назначению, по химическому составу, по качеству, по структуре.

По назначению стали делятся на множество категорий, таких как конструкционные стали, коррозионностойкие (нержавеющие) стали, инструментальные стали, жаропрочные стали, криогенные стали.

Стали, в зависимости от способа их получения, содержат разное количество неметаллических включений. Содержание примесей лежит в основе классификации сталей по качеству: обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

По структуре сталь разделяется на аустенитную, ферритную, мартенситную, бейнитную и перлитную. Если в структуре

преобладают две и более фаз, то сталь разделяют на двухфазную и многофазную.

Суть процесса переработки чугуна в сталь состоит в уменьшении до нужной концентрации содержания углерода и вредных примесей — фосфора и серы, которые делают сталь хрупкой и ломкой. В зависимости от способа окисления углерода существуют различные способы переработки чугуна в сталь: конвертерный, мартеновский и электротермический. Качественную сталь также получают в результате утилизации, переработки и переплавки стального лома.

Передельный или литейный чугун в расплавленном или твёрдом виде и железосодержащие изделия, полученные прямым восстановлением (губчатое железо), составляют вместе с металлическими отходами и ломом исходные материалы для производства стали. К этим материалам добавляются некоторые шлакообразующие добавки, такие как: известь, плавиковый шпат, раскислители (например, ферромарганец, ферросилиций, алюминий) и различные легирующие элементы.

Для производства некоторых видов стали могут быть последовательно использованы два различных процесса (дуплекс-процесс). Например, процесс плавки может начаться в мартеновской печи, а закончиться — в электропечи; или же сталь, расплавленная в электропечи, может быть слита в специальный конвертер, где обезуглероживание завершается путём вдувания кислорода и аргона в жидкую ванну (процесс, используемый, например, для производства коррозионностойкой стали).

Возникло много новых процессов производства сталей специального состава или со специальными свойствами. Эти процессы включают в себя дуговой переплав в вакууме, электронно-лучевую плавку и электрошлаковый переплав. Во всех этих процессах сталь получается из переплавляемого электрода, который при плавлении начинает капать в кристаллизатор. Кристаллизатор может быть изготовлен цельным, или его днище может быть отъёмным для того, чтобы затвердевшую отливку можно было вынуть снизу.

Жидкая сталь, полученная вышеописанными процессами, с дальнейшим рафинированием или без него, сливается в ковш. На этом этапе в неё могут быть добавлены легирующие элементы или раскислители. Процесс также можно провести в вакууме, что обеспечивает снижение содержания газообразных примесей в стали.

Стали, полученные этими процессами, подразделяются в соответствии с содержанием в них легирующих элементов на «нелегированные стали» и «легированные стали» (коррозионностойкие стали или другие виды). Далее они подразделяются в соответствии с их индивидуальными свойствами, например, на автоматную сталь, кремнистую электротехническую сталь, быстрорежущую сталь или кремнемарганцовистую сталь.

Раскисление стали. В этом процессе восстанавливают оксид железа, который был растворен в жидком металле. Когда плавят шихту, кислород окисляет примеси, но в готовой стали он не нужен. Кислород понижает механические свойства стали, поэтому его нужно восстановить и удалить. Раскисляют стали ферромарганцем, ферросилицием, алюминием. Попадая в сплав, раскислители образуют оксиды низкой плотности, а затем отходят в шлак.

- $\text{Si} + \text{O}_2 = \text{SiO}_2$
- $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO} \uparrow$
- $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$

Образующийся монооксид железа FeO хорошо растворяется в расплавленном чугуне и частично переходит в сталь, а частично реагирует с SiO_2 и в виде силиката железа FeSiO_3 переходит в шлак:

- $\text{FeO} + \text{SiO}_2 = \text{FeSiO}_3$

Фосфор полностью переходит из чугуна в сталь, так P_2O_5 при избытке SiO_2 не может реагировать с основными оксидами, поскольку SiO_2 с последними реагирует более энергично. Поэтому фосфористые чугуны перерабатывать в сталь этим способом нельзя.

Все процессы в конвертере идут быстро — в течение 10—20 минут, так как кислород воздуха, продуваемый через чугун, реагирует с соответствующими веществами сразу по всему объёму металла. При продувке воздухом, обогащённым кислородом, процессы ускоряются. Монооксид углерода CO, образующийся при выгорании углерода, в виде пузырьков газа поднимается вверх, сгорая над поверхностью расплава с образованием над горловиной конвертера факел светлого пламени, который по мере выгорания углерода уменьшается, а затем совсем исчезает, что и служит признаком окончания процесса. Получаемая при этом сталь содержит значительные количества растворённого монооксида железа FeO, который сильно снижает качество стали. Поэтому перед разливкой сталь надо обязательно раскислить с

помощью различных раскислителей — ферросилиция, ферромарганца или алюминия:

- $2 \text{FeO} + \text{Si} = 2 \text{Fe} + \text{SiO}_2$
- $\text{FeO} + \text{Mn} = \text{Fe} + \text{MnO}$
- $3 \text{FeO} + 2\text{Al} = 3 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$

Монооксид марганца MnO как основной оксид реагирует с SiO_2 и образует силикат марганца MnSiO_3 , который переходит в шлак. Оксид алюминия как нерастворимое при этих условиях вещество тоже всплывает наверх и переходит в шлак. Несмотря на простоту и высокую продуктивность, бессемеровский способ теперь не слишком распространён, поскольку он имеет ряд существенных недостатков. Так, чугун для бессемеровского способа должен быть с наименьшим содержанием фосфора и серы, что далеко не всегда возможно. При этом способе происходит очень большое выгорание металла, и выход стали составляет лишь 90 % от массы чугуна, а также расходуется много раскислителей. Серьёзным недостатком является невозможность регулирования химического состава стали.

Томасовским способом перерабатывают чугун с большим содержанием фосфора (более 2 %). Основное отличие этого способа от бессемеровского заключается в том, что футеровку конвертера делают из оксидов магния и кальция. Кроме того, к чугуну добавляют ещё до 15 % CaO . Вследствие этого шлакообразующие вещества содержат значительный избыток оксидов с основными свойствами.

В этих условиях фосфорный ангидрид P_2O_5 , который возникает при сгорании фосфора, взаимодействует с избытком CaO с образованием фосфата кальция, переходит в шлак:

- $4 \text{P} + 5 \text{O}_2 = 2 \text{P}_2\text{O}_5$
- $\text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{CaO} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Реакция горения фосфора является одним из главных источников тепла при этом способе. При сгорании 1 % фосфора температура конвертера поднимается на 150 °С. Сера выделяется в шлак в виде нерастворимого в расплавленной стали сульфида кальция CaS , который образуется в результате взаимодействия растворимого FeS с CaO по реакции

- $\text{FeS} + \text{CaO} = \text{FeO} + \text{CaS}$

Все последние процессы происходят так же, как и при бессемеровском способе. Недостатки томасовского способа такие же, как и у бессемеровского. Томасовская сталь также малоуглеродная и используется как

техническое железо для производства проволоки, кровельного железа и т. п.

Плавильные ванны мощных мартеновских печей имеют длину до 16 м, ширину до 6 м и высоту более 1 м. Вместимость таких ванн достигает 500 т стали. В плавильную ванну загружают железный лом и железную руду. К шихте добавляют также известняк как флюс. Температура печи поддерживается при 1600—1700 °С и выше. Выгорание углерода и примесей чугуна в первый период плавки происходит главным образом за счёт избытка кислорода в горючей смеси с теми же реакциями, что и в конвертере, а когда над расплавленным чугуном образуется слой шлака — за счёт оксидов железа:

- $4 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{Si} = 8 \text{Fe} + 6 \text{SiO}_2$
- $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{Mn} = 4 \text{Fe} + 6 \text{MnO}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} = 2 \text{Fe} + 3 \text{CO} \uparrow$
- $5 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{P} = 10 \text{FeO} + \text{P}_2\text{O}_5$
- $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$

Вследствие взаимодействия основных и кислотных оксидов образуются силикаты и фосфаты, которые переходят в шлак. Сера тоже переходит в шлак в виде сульфида кальция:

- $\text{MnO} + \text{SiO}_2 = \text{MnSiO}_3$
- $3 \text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- $\text{FeS} + \text{CaO} = \text{FeO} + \text{CaS}$

Виды термообработки. Сталь в исходном состоянии достаточно пластична, её можно обрабатывать путём деформирования (давления): ковать, вальцевать, штамповать. Характерной особенностью стали является её способность существенно изменять свои механические свойства после термической обработки, сущность которой заключается в изменении структуры стали при нагреве, выдержке и охлаждении, согласно специальному режиму. Различают следующие виды термической обработки:

- отжиг;
- нормализация;
- закалка;
- отпуск.

Чем богаче сталь на углерод, тем она твёрже после закалки. Сталь с содержанием углерода до 0,3 % (техническое железо) практически закаливанию не поддаётся.

Заключение. По итогам первых шести месяцев 2021 года производство стали в 66 странах мира, доля которых в мировой сталелитейной отрасли составляет не менее 98 %, сократилось по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года на 21,3 % — с 698,2 млн. тонн до 549,3 млн. тонн.

Китай увеличил производство стали относительно аналогичного периода 2020 года

на 1,2 % — до 266,6 млн. тонн, в Индии производство стали возросло на 1,3 % — до 27,6 млн. тонн.

В США производство стали упало на 51,5 %, в Японии — на 40,7 %, в Южной Корее — на 17,3 %, в Германии — на 43,5 %, в Италии — на 42,8 %, во Франции — на 41,5 %,

в Великобритании — на 41,8 %, в Бразилии — на 39,5 %, в России — на 30,2 %, на Украине — на 38,8 %.

В июне 2021 г. производство стали в мире составило 99,8 млн. тонн, что на 4,1 % больше, чем в мае 2021 года.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.Н.Болотеин, А.Н.Сутягин. «Моделирование трибоконтакта сопрягаемых деталей машин с учетом упрочнения поверхностного слоя».
2. Э.Д.Браун., Н.А.Бушей др «Основы трибологии (трение, износ, смазки)».
3. А.В.Михрютина. «Обоснование выбора износостойких покрытий на основе контактных взаимодействий».
4. Б.М.Драпкин., В.К.Копоненко., В.Ф.Безбязичный. «Свойства сплавов в экстремальном состояний». М., 2004, 256с.
5. Zhang.S., Vui.X.L., Fei.Y., Magnetron-sputtered coatings “Thin Solid Films”. 2004. Vol 407P261-266.
6. М.Г.Исупов “Шероховатость поверхности, получаемая струйно-ударной обработки”. Вестник машиностроения. 1999 №11. с.50-52.
7. А.Г.Сулов., Р.В.Гуров и др. «Упрочняющие технологии и покрытия». №9. с.20-23.
8. А.А.Гвоздев., А.М.Баусов. «Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием». Методическая указание. Иванова:ФГБЦУ. 2018г.
9. Turakhodjaev N. et al. Quality improvement of the steel melting technology in an electric arc furnace //ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2021. – Т. 11. – №. 7. – С. 48-54.
10. Turakhodjaev, N., Tursunbaev, S., Turakhujaeva, A., Akramov, M., Turakhujaeva, S., & Kamalov, J. (2021). Calculation of the heat exchange process for geometric parameters. International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, 1(9), Pp:90-95.

Kalit so'zlar. sovuq mo'rtlik, kombinatsiyalangan tozalash, issiqlik bilan ishlov berish, futerovka, legirlangan po'lat, deoksidlanish, temir oksidi, flyus, ferromarganets, ferrosilitsiy, prujinalar, mashina ressolari.

Конструктивный металл - po'lat. Po'lat sanoatda eng ko'p tarqalgan materiallardan biridir. Temir va uglerod po'lat ishlab chiqarish uchun asosiy tarkibiy qismidir. Temir qoniqarli oquvchanlik va qovushqoqlik uchun javobgardir, uglerod esa qattqlik va mustahkamlik uchun javobgardir. Uglerod qotishmalarga mustahkamlik va qattqlikni beradi, shu bilan birga egiluvchanlik va qattqlikni kamaytiradi.

Ключевые слова: хладноломкость, комбинированное рафинирование, термическая обработка, футеровка, легированная сталь, раскисление, монооксидное железо, флюс, ферромарганец, ферросилиций, пружины, рессоры машин.

Конструкционный металл – сталь. Сталь — одна из самых востребованных в промышленности материал. Железо и углерод — основные компоненты для изготовления стали. Железо отвечает за пластичность и вязкость, а углерод — за твердость и прочность. Углерод придаёт сплавам прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость.

Key words: cold brittleness, combined refining, heat treatment, lining, alloyed steel, deoxidation, iron monoxide, flux, ferromanganese, ferrosilicon, springs, machine springs.

Structural metal - steel. Steel is one of the most demanded in the industry. Iron and carbon are the main ingredients for making steel. Iron is responsible for ductility and toughness, while carbon is responsible for hardness and strength. Carbon gives alloys strength and hardness, while reducing ductility and toughness.

К.У.Ташходжаева
Н.Дж.Тураходжаев

- докторант Ташкентского государственного технического университета
- профессор Ташкентского государственного технического университета

N.Sh. Muzaffarova, F.N. Nurqulov, A.T. Jalilov. Fosfat kislotla-pentaeritrit va magniy gidroksid asosida paxta matolari uchun antipiren.....	95
К.У. Ташходжаева, Н.Дж. Тураходжаев. Повышение износостойкости поверхности деталей.....	98
М.Т. Қаршиев, А.И. Холбоева, Ф.Н. Нурқулов. Олигомер антипиренлар билан модификацияланган ёғоч материаллари юзасида олов тарқалиш индексини тадқиқ этиш.....	101
М.К. Худжаев, В.М. Шаков, Б.Б. Хасанов. Статика неосесимметричного композитного клина.....	103
Е.А. Махсетбаев, С.М. Туробжанов, А. Ибадуллаев. Модификация эластомеров вторичным сырьём производства переработки природного газа низкомолекулярным олигомерам.....	105
Б.Д. Юсупов, З.Д. Эрматов, Н.С. Дуняшин, А.С. Саидахматов, М.М. Абдурахмонов. К вопросу разработки состава газообразующей части покрытия электрода для наплавки слоя низкоуглеродистой низколегированной стали.....	108
М.М. Убайдуллаев, Ш.М. Шакиров, Ш.А. Каримов. Маҳаллий хом ашё асосида олинган аморф углеродли материалларни графитлаш технологиясини ишлаб чиқиш.....	112
Б.Н. Хамидуллаев, А.С. Хасанов, Т.О. Камолов, Д.Н. Раупова. Гидрометаллургическая переработка продуктов обогащения.....	115
А.С. Хасанов, О.Н. Усманкулов, И.С. Умаралиев, Б.Т. Бекмуратов. Исследование повышения извлечения благородных металлов из отработанных электролитов.....	118
Н.Х. Мирталипова, Н. Исаходжаева. Особенности проектирования специальной одежды из композиционных материалов, предназначенных для жаркого климата Узбекистана.....	125
Дж.С. Файзуллаев, К.С. Негматова, Р.Х. Пирматов, С.С. Негматов, М.Э. Икрамова, Т.О. Камолов. Исследование влияния технологических факторов на эксплуатационные свойства термоупрочненного металлокомпозитного арматурного проката класса А500С.....	128
А.Х. Хурсанов, С.С. Негматов, К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, Ж.Н. Негматов, Х.Ю. Рахимов, А.Н. Бозоров, Д.Н. Раупова. Технология получения композиционных химических флотореагентов-вспенивателей на основе местного сырья и отходов производств, для применения в процессе флотации медно-молибденовых руд.....	131
О.А. Эрматова, О.Т. Пардаев, З.А. Сманова, Ф.А. Лапасова. Атроф мухит объектлари таркибидаги рух ионларини аниқлашнинг сорбцион-спектроскопик усуллари ишлаб чиқиш.....	135
4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов	
Ш.Б. Ташбулатов, Н.Д. Тураходжаев, Ш.Н. Турахужаева, Ш.М. Чоршанбиев, Ш.Ў. Худойкулов. Технологический анализ извлечения металлических включений из производственных шлаков.....	138
N.B. Xolmirzayev, N.D. Turaxodjayev, N.M. Saidmaxamadov, N.I. Sadikova, O.X. Burxonov. 35XGSL markali po'latdan sifatli quyma mahsulotlar olish texnologiyasining taxlili.....	141
V.A. Raxmanov, F.B. Eshqurbonov, V.B. Ahatov A.P. Hamidov. Xondiza polimetall konidagi olingan ruda maydalanish darajasining ajratiladigan mis konsentrati unumiga ta'siri.....	144
Н.А. Дадамухамедова, М.Х. Ахмаджонова, М.И. Хушвактов, Ж.С. Шукуров, А.С. Тоғашаров. Получение новых комплекснодействующих дефолиантов на основе дикарбамидохлората натрия и нитрат моноэтаноламмония..	147
Г.М. Факеров, А.У. Эрқаев, Х.Т. Шарипова, Б. Мирзоев. Влияние технологических параметров на процесс экстракция гуминовых кислот из окисленных углей Шурабского месторождения.....	150
Ш.Б. Ташбулатов, Н.Д. Тураходжаев, Ш.Н. Турахужаева, Н.Х. Таджиев, Р.С. Зокиров, Ш.М. Чоршанбиев. Технология извлечения меди из медных шлаков.....	155
J.N. Xasanov, N.D. Turaxodjayev, N.M. Saidmaxamadov, F.U. Odilov, V.B. Mutalov. Yupqa devorli kulrang cho'yan quymalarni olishdagi zamonaviy texnologiyalar.....	159
К.У. Ташходжаева, Н.Дж. Тураходжаев. Применение стали в машиностроении как конструкционный материал...	162
Д.Р. Атакузиева, З.С. Алихонова, М.А. Эшмухамедов, У.К. Уринов. Получение газообразных, жидких и твердых углеводородов переработкой сельскохозяйственных отходов на энергосберегающей установке.....	166
Г.А. Хакимова, Н.А. Игамкулова, Ш.Ш. Менглиев. Улучшение эколого-эксплуатационных свойств низкооктанового бензина.....	168
З.К. Бабаев, К.К. Кудрярова, А.М. Содикова. Использование минерального сырья республики Каракалпакстан для получения тарных стекол.....	170
А.А. Кадиров, О.А. Шералиева, С.Ш. Абдуллаева. Получение гранулированного анионного ПАВ при оптимальных условиях.....	173
У.Н. Рузиев, С.Н. Расулова, В.П. Гуро, Х.Т. Шарипов, З.А. Набиева, Х.Ф. Адинаев, З.А. Мирзаев. Технология электрохимической переработки металлических отходов вольфрама.....	175
Б.И. Базаров, Р.Н. Ахматжанов, Ш.И. Алимов. Технология получения композитных автомобильных бензинов с кислородсодержащими топливными добавками.....	179
М.Р. Аскарлова, У.К. Абдурахманова, З.Ў. Абдуазимова, Н.Х. Якубова, М.Б. Гафуров. Атроф-мухит объектларидан симоб (II) ни госсиполнинг азо ҳосилалари билан аниқлаш.....	182
Б.Э. Қаршиев, А. Парпиев. Пахтани қатламда қуритиш технологик жараёнини тадқиқ этиш.....	186
5. Методы исследования, приборов и оборудований композиционных материалов	
М.А. Фоменко, Ш.Ш. Ахмадалиев. Анализ распространённых методов получения порошковых материалов.....	189