# **Лабораторная работа**

## Исследование сталей различных марок

###### 1 Краткие прикладные и теоретические сведения по изучаемым вопросам

**Диаграмма состояний железо — углерод.** В настоящее время наибольшее практическое значение имеет приведенная на рисунке 1 диаграмма состояний Fe—С. В соответствии с двумя аллотропическими модификациями железа (α-Fe с решеткой ОЦК и γ-Fe с решеткой ГЦК) в системе Fe—С образуется два твердых раствора. Твердый раствор внедрения углерода в α-Fe называется ферритом , а в γ-Fe – аустенитом. Растворимость углерода в α- и γ-железе увеличивается с повышением температуры. Одной из важнейших фаз, влияющих на свойства сплавов, является карбид железа *Fe*3*C* или цементит.

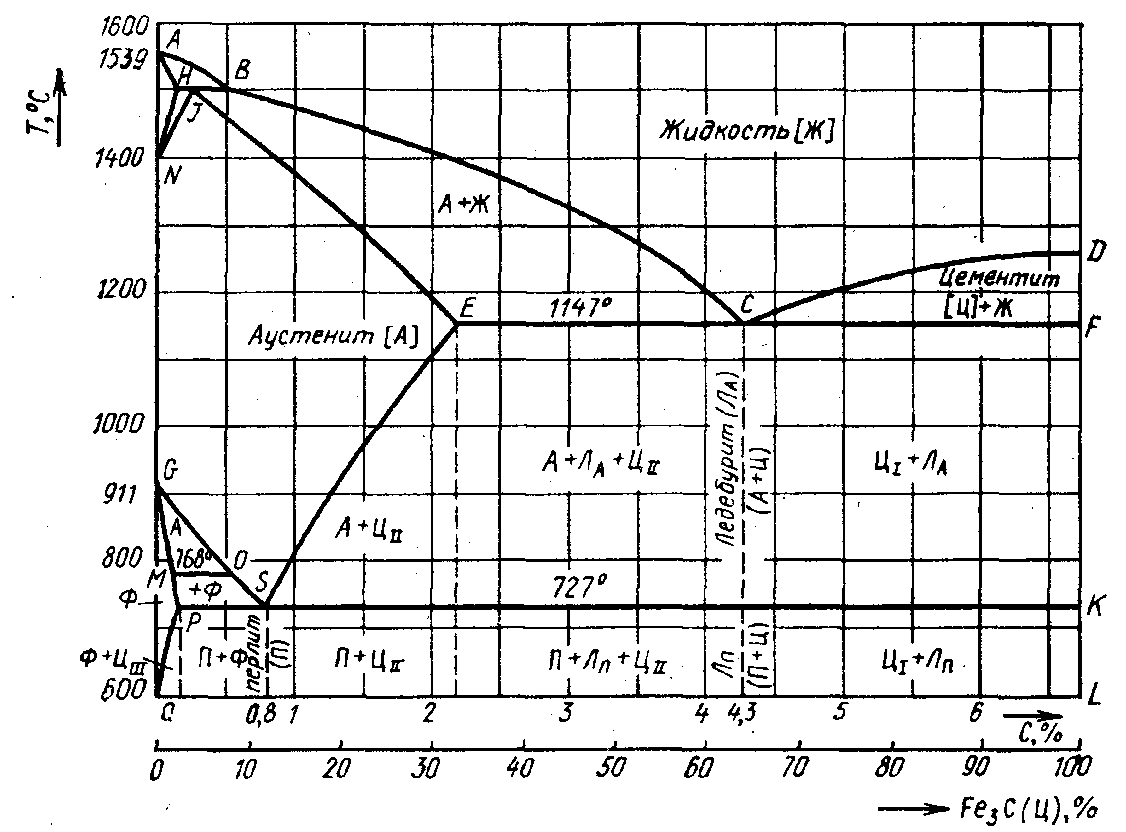


Рисунок 1 - Диаграмма состояний Fe-С

Анализ этой диаграммы показывает, что цементит ведет себя как самостоятельный компонент. Поэтому на диаграмме даны две согласующиеся друг с другом шкалы концентраций: одна показывает содержание углерода, а другая — количество цементита в процентах. Напомним, что в цементите Fe3C содержится 6,67 % углерода. Поэтому если левая ордината соответствует чистому железу, то правая — цементиту.

Сплавы с содержанием углерода до 2,14 % называют сталями. В результате кристаллизации из жидкой фазы в этих сплавах в равновесных условиях получается аустенит.

**Углеродистые стали** занимают левую часть диаграммы состояний на рисунке 1. Пользуясь этой диаграммой для оценки свойств отожженных, то есть находящихся в равновесном фазовом состоянии сталей, надо помнить отличия химического состава их фаз — феррита и цементита — и металлургические дефекты, которые привносятся в них при выплавке и которые влияют на их механические и другие свойства. Марганец и кремний, попадающие в сталь из чугуна, а также вводимые в нее дополнительно при раскислении, растворяются в феррите, а марганец — в цементите. Благодаря этому при сохраняющейся пластичности несколько возрастают прочность и твердость стали (пластичность и вязкость снижаются при более высоком, чем примесное, содержании марганца и кремния).

Сера и фосфор снижают прочность и пластичность, а также ударную вязкость стали и поэтому являются вредными примесями. При этом фосфор, растворяясь в феррите, упрочняет его и делает хрупким, то есть снижает вязкость стали, особенно при низких температурах. Отсюда принято считать, что фосфор придает стали *хладоломкость*.

Сера в фазах, находящихся в стали, растворяться не может. Поэтому в стали она располагается между ее зернами в виде легкоплавкого соединения FeS. Это соединение, как бы разъединяя зерна, снижает прочность, пластичность и вязкость стали. Кроме того, соединение FeS образует с соседними зернами стали плавящуюся при 988°С смесь. Поэтому сильно пораженная серой сталь при ковке (Т > 1100°С) разрушается на фрагменты. В связи с этим говорят, что сера придает стали *красноломкость*. Плавящиеся при 1620°С зерна MnS находятся внутри зерен стали. Они менее вредны, чем оторочки вокруг ее зерен. Кислород, как и сера, в твердой стали не растворяется, но присутствует в ней в виде различных оксидов, имеющих форму разнообразных по очертаниям и размерам зерен (SiO2, FeO, MnO и т. д.), называемых неметаллическими включениями (НМВ). Эти включения делают сталь хрупкой и снижают ее прочность.

Азот и водород способны растворяться в феррите и образовывать мелкие зерна нитридов и гидридов. Все это приводит к росту твердости и потере пластичности, а также вязкости стали.

Содержание углерода существенно влияет на свойства стали, поскольку от него зависят относительные количества находящихся в стали мягкого и пластичного феррита и очень твердого, но хрупкого цементита. В связи с этим тесно переплетается классификация сталей по содержанию углерода и назначению. Так, низкоуглеродистые стали (до 0,25 % углерода) очень пластичны, но сравнительно малопрочны и используются для изготовления слабонагруженных изделий. Среднеуглеродистые стали (0,3—0,6 % углерода) сочетают в себе достаточно высокий комплекс вязкостно-прочностных свойств и являются основными конструкционными машиноподелочными материалами. Высокоуглеродистые стали (0,7—1,3% углерода) обладают очень высокой твердостью, низкими пластичностью и вязкостью. Из них изготовляются режущий и другой инструмент, а также изделия с высокой износостойкостью.

По назначению углеродистые стали делятся на конструкционные и инструментальные.

К конструкционным сталям относятся и строительные стали. Вместе они составляют класс машиноподелочных и строительных сталей, используемых в машиностроении и строительном деле.

В зависимости от характера и величины нагрузки, прикладываемой к изготовляемым из них изделиям и конструкциям, эти стали принято делить на стали обыкновенного качества и качественные.

*В сталях обыкновенного качества* допускается большее количество серы, фосфора, НМВ, газов и других примесей, чем в качественных. В свою очередь, они делятся на три группы, свойства которых гарантируются ГОСТ 380—71.

*У группы А* гарантируются только механические свойства. Химический состав не гарантируется. Поэтому из нее можно делать изделия, только применяемые механическую обработку (снятие стружки). Нагревы, сварку применять нельзя, так как изменяющиеся при этом свойства можно восстановить только термической обработкой, но для этого необходимо знать содержание углерода в стали, то есть ее химический состав.

Стали этой группы маркируются так: Ст0, Ст1, ..., Ст6. Гарантируемая прочность σв находится в пределах 300—625 МПа, а пластичность δ = 22 — 14 %.

*Сталь группы Б* (БСт0, БСт1, ..., БСт6) выпускается с гарантируемым химическим составом. Поэтому при изготовлении изделий ее можно нагревать, например для ковки, а потом при помощи термической обработки исправлять нарушенную структуру и придавать необходимые свойства.

*Стали группы В* (ВСт1, ..., ВСт6) поставляются по механическим свойствам и химическому составу. Они идут для изготовления сварных конструкций.

К маркировке недораскисленных («кипящих») сталей прибавляются буквы **кп**, например, Ст1кп, БСт1кп.

*Качественные углеродистые конструкционные стали* выплавляются при более строгом соблюдении технологии выплавки, а содержание вредных примесей серы и фосфора в них не должно превышать 0,03 % каждого. Их маркировка состоит из двузначного числа, означающего содержание углерода в сотых долях процента: сталь 05, 08, 10, 15, 20, ..., 40, 45, ..., 85. Из-за высокой хрупкости конструкционные углеродистые стали не содержат углерода свыше 0,85 %. Буква А в конце марки свидетельствует об улучшенном металлургическом качестве стали: более полном раскислении, мелком наследственном зерне, более точном химическом составе и меньшем содержании серы и фосфора (менее 0,02 % каждого). Из этих сталей делаются детали ответственного назначения.

Низкоуглеродистые стали могут выплавляться и как «кипящие»: 10кп, 15кп, 20кп. Важным преимуществом «кипящей» стали является отсутствие у ее слитков сосредоточенной усадочной раковины, благодаря чему на 10—20 % увеличивается выход годного металла. Что касается находящихся в слитке многочисленных заполненных оксидом углерода пузырей, то они во время прокатки или ковки завариваются.

Инструментальные углеродистые стали являются высокоуглеродистыми сталями, содержащими 0,7—1,3% углерода. Это гарантирует им высокую твердость, необходимую для придания инструменту режущих свойств и износостойкости.

Их маркируют У7, У7А, ..., У13, У13А. Цифра означает содержание углерода в десятых долях процента, а буква А — улучшенное металлургическое качество.

**Легированные стали.** Легированной сталью называется такая сталь, в которую кроме углерода вводятся один или несколько других элементов, называемых легирующими, с целью улучшения ее механических и технологических свойств или получения каких-либо новых служебных свойств, не присущих углеродистым сталям. По назначению легированные стали делятся на конструкционные, инструментальные и стали и сплавы с особыми свойствами. В легированных деталях должно быть не менее 50 % железа, при меньших количествах получаются сплавы с особыми свойствами.

Для изготовления тяжелонагруженных деталей ответственного назначения у углеродистых сталей не хватает прочности и вязкости. Компенсировать этот недостаток за счет увеличения сечения детали нерационально, так как из-за недостаточной прокаливаемости углеродистых сталей внутренняя часть сечения оказывается непрочной. Под прокаливаемостью понимается способность стали закаливаться на определенную глубину. Ее можно оценивать, например, по наибольшему диаметру, при котором деталь из данной стали прокаливается насквозь, приобретая во всем сечении мартенситную структуру.

Для улучшения механических свойств в конструкционные легированные стали вводятся такие элементы, как хром, никель, вольфрам, молибден, ванадий, титан и бор, а также марганец и кремний в количествах, превышающих их обычное содержание в углеродистых сталях.

Оптимальным содержанием вводимых в конструкционную сталь легирующих элементов является такое, которое обеспечивает сквозную прокаливаемость изготовляемых из данной стали деталей.

Конструкционные легированные стали маркируются следующим образом: вначале ставится двузначное число, выражающее среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента, затем русскими заглавными буквами перечисляются находящиеся в стали легирующие элементы. При этом приняты следующие обозначения:

Х—Сг (хром), H—Ni (никель), М—Мо (молибден), Г—Мn (марганец), Д—Сu (медь), B—W (вольфрам), Ф—V (ванадий), Б—Nb (ниобий), Р—В (бор), К—Со (кобальт), C—Si (кремний), T—Ti (титан), Ц—Zr (цирконий), Ю—Аl (алюминий), П—Р (фосфор), A—N (азот). Проставляемая после буквы цифра означает среднее количество данного элемента в процентах. Если элемента менее 1 %, то цифра не ставится. Стоящая в конце маркировки буква А свидетельствует о высоком металлургическом качестве стали и прежде всего о том, что в ней серы и фосфора менее 0,02 % каждого.

Конструкционные легированные стали обладают более высокими вязкостно-прочностными свойствами по сравнению с углеродистыми благодаря следующим преимуществам: все они (кроме марганцовистых) — природно мелкозернистые стали; они глубже прокаливаются и закаливаются не в воде, а в масле, а некоторые на воздухе, благодаря чему у них получаются очень малые закалочные напряжения и следовательно, более высокие пластичность и вязкость; при отпуске на равные с углеродистыми сталями твердость и прочность требуют более высокой температуры и большей выдержки, вследствие чего в них полнее снимаются закалочные напряжения и вязкость оказывается выше. Кроме того, никель (до 5 %) и хром (до 3 %), растворяясь в феррите, повышают его прочность и вязкость, чем в отличие от других элементов более значительно улучшают комплекс механических свойств стали.

Таким образом, легирование конструкционных сталей благоприятно отражается на комплексе их механических свойств.

Стали для режущего инструмента должны быть твердыми и износостойкими. Поэтому они должны содержать достаточное количество углерода (0,8—1,0 %) и карбидобразующих элементов, главным образом хрома. Получающаяся у них после закалки и низкого отпуска структура (мартенсит отпуска с равномерно распределенными карбидами) обеспечивает высокие режущие свойства инструмента. Наиболее часто используются следующие марки легированных инструментальных сталей: X, 9ХС, ХГСВФ (стали I группы).

В маркировке *инструментальных сталей* содержание углерода указывается в десятых долях процента, а отсутствие цифры свидетельствует о том, что углерода содержится около 1 %. Отсутствие цифр после символов таких элементов, как хром, кремний и вольфрам, означает, что их количество может доходить до 1,5 %.

Из перечисленных выше сталей делаются резцы, фрезы, сверла и другой режущий инструмент. Высоколегированные инструментальные стали, содержащие до 1 % углерода и до 25 % вольфрама, хрома, ванадия, способны сохранять высокую твердость и резать металл при разогреве до 600 °С и более. Благодаря этому они обеспечивают высокую скорость резания (до 50 м/мин) и называются быстрорежущими. Они обозначаются буквой Р: Р18, Р12, Р9, Р6М5К5 и т. д.

Еще более высокие режущие свойства показывают *твердосплавные пластины*, которыми оснащают инструмент. Они превосходят быстрорежущую сталь по скорости резания и теплостойкости, достигающей 900—1000°С.

Режущие пластины изготовляют методом спекания при температуре до 1400°С порошков карбидов, тщательно смешанных с небольшим количеством порошка и кобальта, используемого в качестве пластичной связки.

Изготовляемые таким образом металлокерамические сплавы делятся на три группы: группа ВК (ВК2, ВКЗ) содержит карбид вольфрама WC (В) и кобальт (К), количество которого в процентах указано цифрой (остальное — WC); группа ТК (Т5К10, Т30К4), включающая карбиды титана (Т), вольфрама и кобальт. Количество TiC и Со указаны цифрами, стоящими после букв Т и К (остальное — WC); группа ТТК, например, ТТ7К12, содержащая 7 % карбидов титана и тантала (4 % TiC + 3 % ТаС), 12 % Со и 81 % WC. К сталям с особыми свойствами относятся прежде всего коррозионно-стойкие и жаропрочные стали.

*Коррозионно-стойкими* называются стали, противодействующие поверхностному разрушению под действием агрессивных газовых или жидких сред.

Газовой коррозии хорошо противостоят нержавеющие стали, имеющие не менее 12 % Сr: 12Х13, 40Х13. Они устойчивы на воздухе, в воде, в паровой среде. Из них делают клапаны гидропрессов, предметы домашнего обихода, хирургический инструмент. Сталь с большим содержанием хрома 12Х17 является кислотостойкой. Сталь 08Х17Т, содержащая титан, хорошо противостоит межкристаллитной коррозии (МКК), поэтому годна для изготовления сварных конструкций.

Еще большую коррозионную стойкость имеют хромоникелевые кислотостойкие стали с аустенитной структурой 12Х18Н9 и 12Х18Н9Т. Последняя противостоит МКК.

Другими способами защиты металла от коррозии являются оксидирование и фосфатирование, т. е. покрытие оксидными или фосфатными пленками. Применяются также различные металлические покрытия, например цинкование, лужение (оловом), хромирование, никелирование и т. д.

*Жаропрочными* называются стали, способные продолжительно работать под нагрузкой при повышенных (свыше 400°С) и высоких (свыше 650°С) температурах. Для этого они прежде всего должны быть жаростойкими (окалиностойкими). Сопротивление окалинообразованию при высоких температурах обеспечивается образующейся на их поверхности плотной оксидной пленкой из Сr2О3, Аl2О3 или SiO2, которая останавливает дальнейшее окисление в глубину. В связи с этим в жаропрочных сталях нужны хром, алюминий или кремний.

Для упрочнения феррита в стали, работающие при 400—580°С (котлы, пароперегреватели, трубопроводы), вводятся молибден, ванадий, хром: 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ.

Для работы при повышенных давлениях и температурах свыше 600°С применяются стали с аустенитной структурой 09Х14Н16Б, 08Х18Н10Т и др. Температуры 800—1100°С выдерживают лопатки турбин из жаропрочных сплавов на никелевой основе ХН77ТЮР, ХН55ВМТФКЮ, в которых никеля содержится соответственно 77 и 55 %, а сплавляемыми с ним компонентами являются Сг, Ti, A1, В, W, Мо, V, Со.

Ориентировочно марку стали можно определить по искре, возникающей при обработке металла шлифовальным кругом (таблица 1).

Таблица 1- К определению состава стали

|  |  |
| --- | --- |
| Сталь | Цвет и характеристика пучка искр |
| Низкоуглеродистая нелегированная (до 0,15 % углерода) | Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений |
| Среднеуглеродистая нелегированная (0,15—1,0% углерода) | При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей |
| Высокоуглеродистая нелегированная (св. 1,0% углерода) | Очень плотный желтый пучок искр с многочисленными звездочками. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр |
| Нелегированная с повышенным содержанием марганца | Широкий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей |
| Марганцовистая (12% марганца) | Преобладание зонтообразных искр |
| Конструкционная (до 5 % никеля) | Яркие желтые линии искр в виде язычков, расщепленные на конце; увеличение яркости в зоне сгорания. При повышении содержания углерода на концах искр появляются звездочки |
| Хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома | Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слаборазветвленный; искры прилипают к поверхности шлифовального круга |
| Никелевая высоколегированная | При содержании 35 % Ni красно-желтое окрашивание пучка. При более высоком содержании никеля (около 47 %) яркость искр значительно ослабевает |
| Хромоникелевая | Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышенном содержании хрома и никеля пучок искр более темный |
| Вольфрамовая | Красные короткие искры; линии искр отчетливо изгибаются книзу. Разветвление звездочек углерода отсутствует. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование искр |
| Молибденовая | Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании кремния язычки видны перед звездочками углерода; при повышенном содержании — за звездочками углерода |

Единой мировой системы маркировки сталей не существует. Российская система маркировки сталей – итог большой работы по унификации обозначений различных марок сталей, нашедших отражение в государственных стандартах и технических условиях.

Несмотря на то, что для всех сталей невозможно применить в полном объеме систему ГОСТов, она удобна, наглядна и превосходит в этом отношении принятую в других странах маркировку стали.

Соответствие маркировки некоторых российских и зарубежных сплавов приведено в таблице 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Страны СНГ (ГОСТ, ТУ) | Зарубежные аналоги | | |
| Германия (DIN) | | США (AISI  / ASTM) |
| 12ХН3А | 1.5732 | 14NiCr10 | 655M13 |
| 15ХМ | 1.7337 | 16CrMo44 | - |
| 18ХГ | 1.7131 | 16MnCr5 | 5120 |
| 27ХГР | 1.5526 | 30MnB4 | - |
| 30ХМ | 1.7218 | 25CrMo4 | 4130 |
| 30Х3МФ | 1.8519 | 31CrMoV9V | - |
| 38Х2МЮА | 1.8509 | 41CrAlMo7 | A290C1M |
| 40ХН2МА | 1.6565 | 40CrNiMo6 | 4340 |
| 40Х | 1.7045 | 42Cr4 | 5140 |
| 40ХН | 1.5711 | 40NiCr6 | 3140 |
| 40ХГМ | 1.7255 | 42CrMo4 | 4140 |
| 40ХГНМ | 1.6546 | 40NiCrMo22 | 8640 |
| 45Г | 1.0503 | C45 | 1045 |

Маркировка изделий и полуфабрикатов из стали производится несмываемой краской независимо от группы стали и степени раскисления:

* Сталь обыкновенного качества:  
  Ст0; ВСт0, БСт0 – *Красный и зеленый*; Ст1, ВСт1кп – *Желтый и черный*;  
  Ст2, ВСт2кп – *Желтый*; СтЗ, ВСтЗкп, ВСтЗ, БСтЗкп, БСтЗ – *Красный*;  
  Ст4, ВСт4кп, ВСт4, БСт4кп, БСт4 – *Черный*; Ст5, ВСт5 – *Зеленый*;  
  Ст6 – *Синий*.
* Углеродистая качественная сталь:  
  08, 10, 15, 20 – *Белый*; 25, 30, 35, 40 – *Белый и желтый*;

45, 50, 55, 60 – *Белый и коричневый*.

* Легированная конструкционная сталь:  
  Хромистая – *Зеленый и желтый*;   
  Хромомолибденовая – *Зеленый и фиолетовый*;  
  Xромованадиевая – *Зеленый и черный*;  
  Марганцовистая – *Коричневый и синий*;  
  Хромомарганцовая – *Синий и черный*;  
  Хромокремнистая – *Синий и красный*;  
  Хромокремнемарганцовая – *Красный и фиолетовый*;  
  Никельмолибденовая – *Желтый и фиолетовый*;  
  Хромоникелевая – *Желтый и черный*;  
  Хромоникелемолибденовая – *Фиолетовый и черный*;  
  Хромоалюминиевая – *Алюминиевый*.
* Коррозионностойкая сталь:  
  Хромистая – *Алюминиевый и черный*;  
  Хромоникелевая – *Алюминиевый и красный*;  
  Хромотитановая – *Алюминиевый и желтый*;  
  Хромоникелекремнистая – *Алюминиевый и зеленый*;  
  Хромоникелетитановая – *Алюминиевый и синий*;  
  Хромоникелениобиевая – *Алюминиевый и белый*;  
  Хромомарганценикелевая – *Алюминиевый и коричневый*;  
  Хромоникелемолибденотитановая – *Алюминиевый и фиолетовый*.
* Быстрорежущая сталь:

Р18 – *Бронзовый и красный*; Р9 – *Бронзовый*.

* Твердые спеченные сплавы:

ВК2 – *Черный с белой полосой*; ВКЗ–М – *Черный с оранжевой полосой*;

ВК4 – *Оранжевый*; ВК6 – *Синий*;

ВК6–М – *Синий с белой полосой*; ВК6–В – *Фиолетовый*;

ВК8 – *Красный*; ВК8–В – *Красный с синей полосой*;

ВК10 – *Красный с белой полосой*; ВК15 – *Белый*;

Т15К6 – *Зеленый*; Т30К4 – *Голубой*.

#### 2 Описание лабораторной установки

На лабораторном стенде располагаются образцы материалов из различных марок стали. В качестве инструмента используется шлифовальный круг, установленный на валу электродвигателя.

##### 3 Задания к работе

1. Описать классификацию сталей.
2. Изучить строение образцов стали
3. Ориентировочно определить марку стали.
4. Указать области применения данных образцов.
5. Промаркировать сталь заданного состава.

##### 4 Указания к выполнению работы

1. Для ориентировочного определения марки стали воспользоваться данными таблицы 1, приведенной в описании лабораторной работы. Для получения пучка искр от образца использовать шлифовальный круг, при этом **обязательно необходимо одевать защитные очки** для предохранения глаз. Результаты оформить в виде таблицы 3.

2. При маркировке образцов стали (п. 5 задания) вариант данных по группе качества, назначению, составу взять у преподавателя (таблица 4).

Таблица 3 – Результаты работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер и вид образца | Цвет и характеристика пучка искр | Предполагаемый состав стали:  содержание углерода, легирующих добавок | Область применения данного образца |
|  |  |  |  |

Таблица 4 –Варианты заданий по маркировке стали

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Тип стали | Содержание углерода, % | Содержание легирующих добавок, % | Качество стали | Марка стали | Цветовая марка |
| 1 | Конструкционная легированная | 0,20 | хром – 2; никель – 3 | высококачественная |  |  |
| Конструкционная легированная | 0,20 | хром – 1 никель – 3 | особо высококачественная |  |  |
| Инструментальная | > 1 | хром– 1; вольфрам– 4 |  |  |  |
| Инструментальная | 0,7 | хром– 1; вольфрам– 4 |  |  |  |
| Быстрорежущая |  | вольфрам – 18 |  |  |  |
| Быстрорежущая |  | вольфрам – 10; кобальт – 5; ванадий – 4,3–5,1 |  |  |  |
| Углеродистая, инструментальная | 0,7 |  | качественная |  |  |
| Углеродистая, инструментальная | 1 |  | высококачественная |  |  |
| Углеродистая, инструментальная | 0,8 |  | высококачественная с повышенным содержанием марганца |  |  |
| 2 | Конструкционная легированная | 0,30 | хром– 1; марганец – 1 |  |  |  |
| Конструкционная легированная | 0,30 | хром– 1; марганец–1; кремний – 1 | 0,03% серы; 0,03% фосфора |  |  |
| Инструментальная | 1 | хром– 1; вольфрам– 5 |  |  |  |
| Инструментальная | 2 | хром– 11–12; молибден –0,4–0,6 |  |  |  |
| Быстрорежущая |  | вольфрам– 9 |  |  |  |
| Быстрорежущая |  | вольфрам– 5,5–6,5; ванадий – 5,5–6,5; молибден – 5,5–6,5 |  |  |  |
| Углеродистая, инструментальная | 0,8 |  | качественная |  |  |
| Углеродистая, инструментальная | 1,1 |  | высококачественная |  |  |
| 3 | Конструкционная легированная | 0,12–0,18 | хром 0,7–1,0 |  |  |  |
| Конструкционная легированная | 0,23–0,29 | марганец 0,9–1,2; хром 0,9–1,2 |  |  |  |
| Конструкционная легированная | 0,35–0,42 | хром 1,35–1,65  молибден 0,15–0,2  алюминий 0,7–1,1 |  |  |  |
| Углеродистая с гарантированным химическим составом | 0,38–0,49 | марганец 0,5–0,8 | обыкновенного качества: сера 0,05%;  фосфор 0,04% |  |  |
| Инструментальная | 1,25–1,45 | хром 0,4–0,7;  вольфрам 3,5–4,3 |  |  |  |
| Инструментальная | 1,05–1,15 | хром 5,5–6,5;  вольфрам 1,1–1,5;  ванадий 0,5–0,8 |  |  |  |
| Углеродистая, инструментальная | 0,9 |  | качественная |  |  |
| Углеродистая, инструментал. | 1,3 |  | высококачественная |  |  |
| 4 | Легированная, низкоуглеродистая конструкционная | 0,25 | марганец–1; хром–1;  молибден 1; |  |  |  |
| Легированная, низкоуглеродистая конструкционная | 0,12 | хром–2; никель–4 | высококачественная |  |  |
| Легированная, низкоуглеродистая конструкц. | 0,18 | хром–1,6;никель–4;  молибден–0,8 | высококачественная |  |  |
| Быстрорежущая |  | вольфрам 17–18,5; |  |  |  |
| Быстрорежущая |  | вольфрам 5,5–6,5;  молибден 5–5,5 |  |  |  |
| Инструментальная низколегированная | 1,25–1,45 | вольфрам 3.5–4,5; |  |  |  |
| Инструментальная низколегированная | 0,95–1,05 | вольфрам–0,8;  марганец 0,8–1,1 |  |  |  |
| Конструкционная углеродистая с гарантированными механическими свойствами и химическим составом | 0,14–0,22 | марганец 0,3–0.65 | обыкновенного качества: сера–0,05%;  фосфор 0,04% |  |  |
| Конструкционная углеродистая | 0,77–0,85 | марганец 0,5–0,8 | качественная |  |  |

##### 5 Контрольные вопросы

1. Почему в сталях содержится не более 2% углерода?

2. Каковы методологические принципы маркировки сталей?

3. Какие существуют технологии получения стали?

4. Что необходимо предпринять для повышения износостойкости стальных деталей?

5. Почему стальные детали в процессе термообработки изменяют форму и могут разрушаться?

6. Каковы критерии выбора стали для изготовления режущего инструмента?

7. Как указывается в марке быстрорежущей стали содержание легирующих элементов?

8. Какой легирующий элемент определяет высокую износостойкость быстрорежущих сталей?

9. Почему тяжелонагруженный инструмент изготовляют из сталей с повышенным содержанием вольфрама?

10. Чем обусловлены высокие прочность и теплостойкость твердых сплавов?