**Содержание**

Введение

1. Условие работы детали

2. Характеристика материала

3. Термообработка стали 9ХС

4. Оборудование для термической обработки

5. Методы контроля режимов термической обработки и качества изделия

6. Свойства стали 9ХС после термообработки

7. Заменители стали

Литература

**Введение**

Механизация и автоматизация производственных процессов, их основной части технологических процессов является одним из главных направлений научно – технического прогресса, повышения эффективности общественного труда.

**1. Условия работы детали**

Плашка — резьбонарезной инструмент для нарезания наружной резьбы вручную или на станке. Плашки предназначены для нарезания или калибрования наружных резьб за один проход. Наиболее распространены плашки для нарезания резьб диаметром до 52 мм. Плашка представляет собой закаленную гайку с осевыми отверстиями, образующими режущие кромки. Как правило, на плашках делают 3-6 стружечных отверстий для отвода стружки. Толщина плашки 8-10 витков. Режущую часть плашки выполняют в виде внутреннего конуса. Длина заборной части 2-3 витка. Плашки выполняются из легированных сталей (9ХС, ХВСГФ), быстрорежущих сталей (Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р6М5К8), а в последнее время — и из твёрдых сплавов. На них маркируется обозначение и степень точности нарезаемой резьбы, марка стали (9ХС не указывается).



Рисунок 1. Плашка круглая (ГОСТ 9740-71) предназначена для слесарных работ и работ по нарезанию резьбы с использованием воротка, плашкодержателя, а также для работ на токарных автоматах.

Назначение стали 9ХС:

Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампели, клейма для холодных работ. Ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактном нагружении, а также упругими свойствами. термический обработка плашка

**2. Характеристика материала**

Характеристика материала сталь 9ХС показывается в ее химических, механических и других свойствах.

Химический состав в % материала стали 9ХС:

Кремний: 1,20-1,60

Марганец: 0,30-0,60

Медь: до 0,3

Никель: до 0,35

Сера: 0,03

Углерод: 0,85-0,95

Фосфор: 0,03

Хром: 0,95-1,25

Ванадий: 0,15

Титан: 0,03

Сталь 9ХС легирована хромом и кремнием. Она обладает повышенной устойчивостью аустенита и хорошей прокаливаемостью. После закалки в масле твердость HRC 60 и более получается в образцах сечением до 40 мм (в горячих средах до 30 мм). Сталь 9ХС имеет повышенную теплостойкость (твердость не ниже HRC 60 сохраняется при нагреве закаленной стали до 250—260° С), хорошие режущие свойства, равномерное распределение карбидов (в прутках диаметром 50—60 мм карбидная неоднородность не превышает одного-двух баллов); отжигается сталь 9ХС при 780—800° С; закаливается в масле и в расплавленных солях (с температурой 150—200° С) от 850—870° С.

Кремний является постоянными спутником практически в любой стали, поскольку их специально вводят при ее производстве. Кремний, наряду с марганцем и алюминием является основным раскислителем стали. Кремний не является карбидообразующим элементом, и его количество в стали ограничивают до 2%. Он значительно повышает предел текучести и прочность стали и при содержании более 1% снижает вязкость, пластичность и повышает порог хладноломкости. Кремний структурно не обнаруживается, так как полностью растворим в феррите, кроме той части кремния, которая в виде окиси кремния не успела всплыть в шлак и осталась в металле в виде силикатных включений.

Хром вводят в сталь 1.5-2.5%. Он повышает твердость и прочность, незначительно уменьшает пластичность, увеличивает коррозионную стойкость. Инструментальная сталь 9ХС не применяется для сварных конструкций и склонна к отпускной способности.

Таблица. Физические свойства

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **T** | **E 10-5** | **с** | **R109** |
| **Град** | **МПа** | **кг/м3** | **Ом·м** |
| 20 | 1.9 | 7830 | 400 |

Обозначения:

T - Температура, при которой получены данные свойства, [Град] E - Модуль упругости первого рода, [МПа] с- Плотность материала, [кг/м3] R - Удельное электросопротивление, [Ом·м]

Таблица. Механические свойства при Т=20⁰С материала 9ХС

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Размер** | **ув** | **ут** | **д5** | **ш** | **KCU** |
| **мм** | **МПа** | **МПа** | **%** | **%** | **кДж/м2** |
|  | 790 | 445 | 26 | 54 | 390 |

Обозначения:

Ув - Предел кратковременной прочности, [МПа] ут - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа] д5 - Относительное удлинение при разрыве, [ % ] ш - Относительное сужение, [ % ] KCU - Ударная вязкость, [ кДж / м2]HB - Твердость по Бринеллю

Таблица. Технологические свойства материала 9ХС

|  |  |
| --- | --- |
| Свариваемость: | не применяется для сварных конструкций |
| Флокеночувствительность: | не чувствительна |
| Склонность к отпускной хрупкости: | склонна |

**3. Термообработка стали 9ХС**

Таблица. Температура критических точек

|  |  |
| --- | --- |
| Критическая точка | °С |
| Ac1  Ac3  Ar1  Mn | 770  870  730  160 |

Таблица. Твердость стали 9ХС

|  |  |
| --- | --- |
| Состояние поставки, режим термообработки | HRC поверхности |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 170-200 С. | 63-64 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 200-300 С. | 59-63 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 300-400 С. | 53-59 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 400-500 С. | 48-53 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 500-600 С. | 39-48 |

Отжиг — вид термической обработки металлов и сплавов, главным образом сталей и чугунов, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке и последующем, обычно медленном, охлаждении. При отжиге осуществляются процессы возврата (отдыха металлов), рекристаллизации и гомогенизации.

Цели отжига — снижение твёрдости для повышения обрабатываемости, улучшение структуры и достижение большей однородности металла, снятие внутренних напряжений.

Отпуском называется нагрев закаленной стали до температур ниже критической точки Ас1 выдержка при этой температуре с последующим охлаждением (обычно на воздухе). Отпуск является окончательной термической обработкой. Целью отпуска является изменение строения и свойств закаленной стали: повышение вязкости и пластичности, уменьшение твердости, снижение внутренних напряжений.

С повышением температуры нагрева прочность обычно уменьшается, а удлинение, сужение, а также ударная вязкость растут.

Полный отжиг производят путем нагрева стали на 30—50° С выше критической точки Ас3, выдержкой при этой температуре и медленным охлаждением до 400—500° С со скоростью 200° С в час углеродистых сталей, 100° С в час для низколегированных сталей и 50° С в час для высоколегированных сталей.

Структура стали после отжига равновесная, устойчивая.

Доэвтектоидная сталь имеет структуру: феррит и перлит. Эвтектоидная сталь имеет структуру перлит, а заэвтектоидная — перлит и цементит.

Изотермический отжиг является разновидностью полного отжига. Он в основном применяется для легированных сталей. Экономически этот процесс очень выгоден, так как длительность обычного отжига 13—15 ч, а изотермического отжига 4—6 ч.



Рисунок 2. Схема изотермического отжига стали 9ХС

Процесс изотермического отжига заключается в следующем: деталь нагревают до температуры выше критической точки Ас3 на 30—50°С, выдерживают при этой температуре, после чего сравнительно быстро охлаждают до температуры 600—650° С. При этой температуре выдерживают, что необходимо для полного распада аустенита, после чего следует сравнительно быстрое охлаждение.

При всех видах отжига не допускается перегрев и пережог стали. Перегрев стали —брак исправимый: образовавшуюся крупнозернистую структуру при перегреве можно исправить повторным отжигом. Пережог стали —брак неисправимый, так как сильно окисленные границы кристаллических зерен теряют связь и деталь разрушается.

Мк стали 9ХС располагается ниже 0° С, мартенситное превращение при закалке протекает не полностью, и в стали остается до 6—8% остаточного аустенита, наличие которого приводит к деформации и снижает стойкость режущего инструмента. Поэтому инструмент несложной формы, у которого внутренние напряжения меньше, можно после закалки подвергать обработке холодом при температуре минус 55° С, учитывая, что сталь 9ХС очень чувствительна к стабилизации аустенита. Отпускают сталь 9ХС при температурах 180—200° С. Структура после термической обработки — мартенсит и карбиды, твердость HRC 61—64.

## Таблица. Прокаливаемость стали 9ХС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Расстояние от торца, мм / HRCэ* | | | | | | | | |
| 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 63 | 56 | 36,5 | 32 | 30 | 28 | 26 | 25 | 24 |

|  |  |
| --- | --- |
| Термообработка | Крит.диам. в масле, мм |
| Закалка | 15-50 |

Теплостойкость, красностойкость стали 9ХС

Таблица. Механические свойства при повышенных температурах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t испытания,°C | у0,2, МПа | уB, МПа | д5, % | ш, % | KCU, Дж/м2 | HB |
| 20 | 445 | 790 | 26 | 54 | 39 | 243 |
| 200 | 320 | 710 | 22 | 48 | 88 | 218 |
| 400 | 330 | 620 | 32 | 63 | 98 | 213 |
| 600 | 170 | 200 | 52 | 77 | 123 | 172 |
| 700 | 83 | 98 | 58 | 77 | 147 |  |
| *Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный. Скорость деформирования 20 мм/мин.* | | | | | |
| 800 | 110 | 130 | 26 |  |
| 900 | 65 | 74 | 41 | 95 |
| 1000 | 42 | 46 | 52 |  |
| 1100 | 20 | 31 | 54 |  |
| 1200 | 15 | 20 | 83 | 100 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура,°С | Время, ч | Твердость, HRCэ |
| 150-160 | 1 | 63 |
| 240-250 | 1 | 59 |

**4. Оборудование для термической обработки**

Для термической обработки стали 9ХС используется электрическая печь c контролируемой атмосферой типа СНЗ-2,5.5.1,7/10. Печь имеет размеры рабочего пространства 50О\*25О\*170 мм. Максимальная температура нагрева 1000°C. Рабочая температура печи регулируется автоматически. Кожух печи герметичен, проволочные нагреватели расположены на полу и боковых стенках рабочей камеры. B других печах СНЗ нагреватели дополнительно уложены на своде и дверце. Расход защитного газа на рабочую камеру составляет 2,5 г/мз и на пламенную завесу 5г/мз. Потребляемая мощность печи при садке 50 кг и нагреве до 850°C составляет 12 кВт. Защитная атмосфера вводится по газопроводу через заднюю торцовую стенку. B нижней части кожуха печи крепится трубопровод из двух линий: по одной подаётся газ, по другой – воздух. Газ и воздух смешиваются в горелке и, сгорая, создают пламенную газовую завесу при открытой дверце. Нагревательные элементы располагаются на полу и стенках рабочей камеры. Электропечи серии СНЗ применяются для отпуска, отжига, нормализации и закалки.

**5. Методы контроля режимов термической обработки и качества изделий**

Методы контроля режимов термической обработки и качества изделий.

1. Контроль температурного режима u состава среды.

Температурный режим нагрева и охлаждения строго фиксируется в технологических картах и подлежит контролю при помощи приборов. Эти приборы называются гальванометрами.

2. Металлографический контроль структуры металлов. Цель металлографического контроля качества структуры металла заключается в том, чтобы выявить не ТОЛЬКО качественные показатели для приёмки изделии, но в основном охарактеризовать степень точности выполнения заданного технологического процесса, так как определение качества проводится на образце, условно характеризующим партию деталей.

Металлографический контроль определяет и устанавливает степень нагрева деталей (перегрев, недогрев), определяет степень насыщения поверхности углеродом, азотом и другими элементами, устанавливает степень охлаждения, устанавливает полноту выполнения заданных процессов.

3. Контроль твёрдости.

Контроль твёрдости должен проходить на приборах Бринелля, Роквела и реже на приборах Шора. На приборах Бринелля могут контролироваться отожженные, нормализованные и улучшенные детали. На приборах Роквелла должны испытываться цементируемые и закалённые детали, прошедшие низкотемпературный отпуск. На аппаратах Шора должны испытываться только детали окончательно отшлифованные. На аппарате Викерса производят замер твёрдости изделий, подвергнутых цианированию и азотированию.

4. Магнитный метод контроля.

Основан на различной магнитной проницаемости структурных составляющих и фаз стали. Методика испытаний заключается в том, что по эталону определяется магнитная проницаемость металла данной детали из определённой марки.

5. Рентгеноанализ.

При помощи рентгеноанализа имеется возможность выявить внутренние пороки, не выявленные при магнитном методе. K числу таких пороков могут относиться трещины, расположенные в глубоких слоях металла, раковины. Рентгеноанализ применяется для выявления дефектов в металле, он применяется также для структурного анализа металла.

**6. Свойства стали 9ХС после термообработки**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Термообработка, состояние поставки | у0,2, МПа | уB, МПа | ш, % | HRCэ |
| Изотермический отжиг 790-810°С. Температура изотермической выдержки 710°С. | 295-390 | 590-690 | 50-60 | 197-241 |
| Закалка 870°С, масло. Отпуск 180-240°С |  | | | |
| Закалка 870°С, масло. Отпуск 450-500°С |

|  |  |
| --- | --- |
| Состояние поставки,режим термообработки | HRCэ поверхности |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 170-200 С. | 63-64 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 200-300 С. | 59-63 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 300-400 С. | 53-59 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 400-500 С. | 48-53 |
| Закалка 840-860 С, вода. Отпуск 500-600 С. | 39-48 |

**7. Заменители стали 9ХС**

Стали: ХВГ, ХВСГ

Сталь ХВГ легирована хромом, вольфрамом и марганцем; имеет большую закаливаемость и прокаливаемость, чем сталь 9ХС. Твердость более НЯС 60 получается по всему сечению цилиндрических образцов диаметром 45—48 мм при закалке с охлаждением в масле (до 35 мм в горячих средах). В стали ХВГ сохраняется после закалки повышенное количество остаточного аустенита (до 15—18%), что уменьшает коробление и делает ее малодефор-мирующейся. Наличие такого количества аустенита понижает сопротивление малой пластической деформации и увеличивает чувствительность к шлифовочным трещинам. Недостатками стали ХВГ являются: повышенная карбидная неоднородность (3—4-го балла в прутках диаметром 50—60 мм; в заготовках более крупных сечений наблюдается карбидная сетка), что ведет к выкрашиванию и снижает стойкость инструмента, в связи с чем сталь ХВГ не рекомендуется применять для резьбонарезного инструмента; нестабильная закаливаемость и прокаливаемость — образцы отдельных плавок прокаливаются при охлаждении в масле только в сечениях до 30—40 мм и имеют пониженную твердость. Температура обработки холодом для стали ХВГ минус 55° С; ее отжигают при 770—790° С и закаливают в масле или горячих средах от 820—850° С; отпуск проводят при 160—190 С. Твердость после термической обработки HRC 61—64 (допускается НЯС 56—64 в связи с нестабильной закаливаемостью).

Вместо сталей 9ХС и ХВГ применяют сложнолегированную сталь ХВСГ. Эта сталь лучше закаливается и прокаливается. Образцы из стали ХВСГ небольших сечений (до 20 мм) закаливают с охлаждением на воздухе (HRC 59—60); при охлаждении в масле образцы прокаливаются насквозь в сечении до 100 мм, в горячих средах — до 75 мм. Прокаливаемость стали ХВСГ более стабильна по сравнению с прокаливаемостью стали ХВГ за счет меньшего содержания вольфрама (до 0,7—1,0%). Сталь ХВСГ чувствительна к перегреву и склонна к обезуглероживанию. Теплостойкость и распределение карбидов такие же, как и у стали 9ХС. Количество остаточного аустенита после закалки до 12—14%. Твердость в отожженном состоянии НВ 196—217 (отжигают при температуре 770—790° С). Закаливают детали из стали ХВСГ от 860—880° С в масле или горячих средах и отпускают при 160—180° С {HRC 62—64). Сталь ХВСГ используют для круглых плашек, разверток, крупных протяжек и другого режущего инструмента.

**Литература**

1. Сорокин В.Г. «Марочник сталей и сплавов»
2. Журавлёв В.Н. «Машиностроительные стали»
3. Марцинковская Е.С. «Технология и оборудование»
4. Астафьев А.А. «Исследование структурных превращений и разработка сталей для машиностроения»
5. Просвирин В.И. «Термическая обработка и превращения в стали»
6. Л.Н. Коноплев, М.С Поярков «Методическое пособие по материаловедению и технологии конструкционных металлов».
7. Лекции по курсу.