-Приведите основные сведения об этой стали: химический состав, влияние легирующих элементов, достоинства, недостатки и др.

-Опишите структурные превращения, происходящие в стали на всех стадиях термической обработки

-Приведите основные сведения по влиянию легирующих элементов, метод контроля качества, возможные виды брака и методы их устранения.

1. 65С2ВА, 60С2ХФА, 60С2Н2А
2. 40ХФА
3. 35ХМ
4. 40ХН
5. 35ХГСА
6. 30ХГСА
7. 40Х2Н2МА
8. ~~40ХФА~~
9. 38XH3MA
10. ~~40ХН~~

Х - хром, Н - никель, К - кобальт, М - молибден, В - вольфрам, Т - титан, Д - медь, Г - марганец,

С - кремний, Ф - ванадий, Р - бор, А - азот, Б - ниобий, Е - селен, Ц - цирконий, Ю - алюминий,

Ч - РЗМ

А (в конце) – высококачественные

# Билет №1

Сталь 65С2ВА

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | W | Cu |
| 0,61-0,69 | 1,5-2 | 0,7-1 | До 0,25 | До 0,025 | До 0,025 | До 0,3 | 0,8-1,2 | До 0,2 |

Закалка 850 °С, масло. Отпуск 420 °С

Сталь 60С2ХФА - Сталь конструкционная рессорно-пружинная

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | V | Cu |
| 0,56-0,64 | 1,4-1,8 | 0,4-0,7 | До 0,25 | До 0,025 | До 0,025 | 0,9-1,2 | 0,1-0,2 | До 0,2 |

Закалка 870oC, масло, Отпуск 470oC

Изотермическая закалка с выдержкой: при 290 °С, 1 ч. Отпуск 325 °С

Сталь 60С2Н2А

Ответственные и тяжелонагруженные пружины и рессоры.

|  |  |
| --- | --- |
| Ас1 | Ас3 |
| 765 | 780 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | Mn | Si | Ni | Cr | Cu | S | P |
| Не более |
| 0,56-0,64 | 0,40-0,70 | 1,4-1,8 | 1,4-1,7 | 0,30 | 0,20 | 0,025 | 0,025 |

Закалка 850-870 в масло, Отпуск 420 воздух.

# Билет №2

Сталь 40ХФА - Сталь конструкционная легированная

Использование в промышленности: в улучшенном состоянии—шлицевые валы, штоки, установочные винты, траверсы, валы экскаваторов и другие детали, работающие при температуре до 400 °С; после закалки и низкого отпуска — червячные валы и другие детали повышенной износостойкости.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | V | Cu |
| 0,37-0,44 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | До 0,3 | До 0,025 | До 0,025 | 0,8-1,1 | 0,1-0,18 | До 0,3 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 | Mn |
| 760 | 800 | 680 | 725 | 218 |

Свариваемость материала: трудносвариваемая.

Флокеночувствительность: чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: склонна.

# Билет №3

35ХМ - Сталь жаропрочная релаксационностойкая.

 Использование в промышленности: валы, шестерни, шпиндели, шпильки, фланцы, диски, покрышки, штоки и другие ответственные детали, работающие в условиях больших нагрузок и скоростей при температуре до 450—500 °С.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Mo | Cu |
| 0,32-0,4 | 0,17-0,37 | 0,4-0,7 | До 0,3 | До 0,035 | До 0,035 | 0,8-1,1 | 0,15-0,25 | До 0,3 |

Закалка 850 – 880 0C, масло, Отпуск 585 – 650 0C

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr3 | Ar1 |
| 755 | 800 | 750 | 695 |

Свариваемость материала: ограниченно свариваемая.

Флокеночувствительность: чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

# Билет №4

40ХН - Сталь конструкционная легированная

 Использование в промышленности: оси, валы, шатуны, зубчатые колеса, валы экскаваторов, муфты, валы-шестерни, шпиндели, болты, рычаги, штоки, цилиндры и другие ответственные нагруженные детали, подвергающиеся вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Валки рельсобалочных и крупносортных станов для горячей прокатки металла.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
| 0,36-0,44 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | 1-1,4 | До 0,035 | До 0,035 | 0,45-0,75 | До 0,3 |

Закалка и отпуск

Нормализация 870-925 °С, закалка 790 °С, масло. Отпуск 540 °С

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 | Mn |
| 735 | 768 | 700 | 660 | 305 |

Свариваемость материала: трудносвариваемая.

Флокеночувствительность: повышенно чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: склонна.

# Билет №5

35ХГСА - Сталь конструкционная легированная

 Использование в промышленности: фланцы, кулачки, пальцы, валики, рычаги, оси, детали сварных конструкций и другие улучшаемые детали сложной конфигурации, работающие в условиях знакопеременных нагрузок.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
| 0,32-0,39 | 1,1-1,4 | 0,8-1,1 | До 0,3 | До 0,025 | До 0,025 | 1,1-1,4 | До 0,3 |

Закалка и отпуск

Закалка 880 °С, масло. Отпуск 500 °С, вода

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 | Mn |
| 760 | 830 | - | 705 | 670 |

Свариваемость материала: ограниченно свариваемая.

Флокеночувствительность: чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: склонна.

# Билет №6

30ХГСА - Сталь конструкционная легированная

 Использование в промышленности: различные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, фланцы, корпуса обшивки, лопатки компрессорных машин, работающие при температуре до 200°С, рычаги, толкатели, ответственные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках, крепежные детали, работающие при низких температурах.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
| 0,28-0,34 | 0,9-1,2 | 0,8-1,1 | До 0,3 | До 0,025 | До 0,025 | 0,8-1,1 | До 0,3 |

Закалка 880oC, масло, Отпуск 540oC, вода

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 | Mn |
| 760 | 830 | 705 | 670 | 352 |

Свариваемость материала: ограниченно свариваемая.

Флокеночувствительность: чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: склонна.

# Билет №7

40Х2Н2МА - Сталь конструкционная легированная

 Использование в промышленности: крупные изделия: валы, диски, редукторные шестерни, а также крепежные детали.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Mo | С |
| 0,35-0,42 | 0,17-0,37 | 0,3-0,6 | 1,35-1,75 | До 0,025 | До 0,025 | 1,25-1,65 | 0,2-0,3 | До 0,3 |

Закалка и отпуск

Закалка 870 °С, масло. Отпуск 600 °С, вода или масло

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 | Mn |
| 740 | 805 |  |  |  |

Свариваемость материала: трудносвариваемая.

Флокеночувствительность: чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

# Билет №8

40ХФА – см. Билет №2

# Билет №9

38XH3MA - Сталь конструкционная легированная

 Использование в промышленности: валы, оси, шестерни и другие крупные особо ответственные детали.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Mo | С |
| 0,33-0,4 | 0,17-0,37 | 0,25-0,5 | 2,75-3,25 | До 0,025 | До 0,025 | 0,8-1,2 | 0,2-0,3 | До 0,3 |

Закалка и отпуск

Закалка 850 °С, масло. Отпуск 590 °С, воздух.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 | Mn |
| 730 | 770 | 315 | 300 |  |

Свариваемость материала: не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность: чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

# Билет №10

40ХН – см. Билет №4

# Влияние легирования:

 **Никель** – увеличивает пластичность и вязкость стали, снижает температуру хладноломкости и уменьшает чувствительность стали к концентраторам напряжений; перечисленные факторы способствуют повышению сопротивления стали хрупкому разрушению.

 **Хром** – повышает жаростойкость и коррозионную стойкость стали, увеличивает её электросопротивление и уменьшает коэффициент линейного расширения. Приводит к уменьшению склонности аустенитного зерна к росту при нагрев, существенному увеличению её прокаливаемости, а так же к замедлению распада мартенсита.

 **Кремний** – раскислитель при выплавке. Увеличивает жаростойкость хромистых и углеродистых сталей. Уменьшает подвижность углерода в феррите, затрудняет рост цементитных частиц, что повышает устойчивость структуры стали при отпуске. Он также повышает склонность стали к тепловой хрупкости.

 **Марганец** – подобно никелю, снижает критическую скорость закалки, но уменьшает пластичность и вязкость стали. Марганец используют для частичной замены никеля.

 **Вольфрам, молибден, ванадий, титан, бор** и другие – вводят в сталь совместно с хромом, никелем и марганцем для дополнительного улучшения свойств.

**Mo и W** повышают прокаливаемость стали, способствуют измельчению зерна и подавлению отпускной хрупкости. Легирование **молибденом** приводит к значительному улучшению её механических свойств после цементации и нитроцементации.

 **Ванадий, титан, ниобий, цирконий** – образуют труднорастворимые в аустените карбиды. Измельчение зерна, снижение порога хладноломкости, уменьшение чувствительности стали к концентраторам напряжений проявляются только при малом количестве л.э. При большом количестве они вызывают снижение прокаливаемости и сопротивления хрупкому разрушению, так как по границам выделяется значительное количество карбидов.

 **Бор** – положительно влияет на прокаливаемость и прочность только при микролегировании. При больших количествах бор выделяется по границам зерен в виде боридов и охрупчивает сталь.

# Четыре основных превращения в стали:

1. Превращение перлита (эвтектоидная смесь из одновременно образующихся феррита и карбида) в аустенит, протекающее выше точки А1:

Fea + Fe3C -> Fey (C) или П -> А

1. Превращение аустенита в перлит, протекающее ниже A­1:

Fey (C) -> Fea + Fe3C или А -> П

1. Превращение аустенита в мартенсит:

Fey (C) -> Fea (C) или А -> М

1. Превращение мартенсита в перлит (феррито-карбидную смесь):

Fea (C) -> Fey + Fe3 (C) или М -> П

**Превращения при отпуске:**

1. Выделение углерода из мартенсита, образование е-карбидов.
2. Вторая стадия (200-300 С) распад остаточного аустенита- образуется гетерогенная смесь из а-твердого раствора и карбидной фазы. Образуется цементит вместо е-карбида.
3. Третье превращение (300 С) происходит полный дораспад мартенсита и коагуляция цементитных пластин. Происходит срыв когерентности решетки цементита и мартенсита, что снимает напряжения.

Сталь отпущенная при 350-500 имеет структуру троостита, при 500-600 – сорбита. Эти структуры представляют собой смесь цементита и феррита, различаются по твердости и степени дисперсности цементитных частиц.

Бейнитное превращение – промежуточное, переохлаждение аустенита в интервале температур ниже перлитного и выше мартенситного. Практически отсутствует самодиффузия, но интенсивно протекает диффузия углерода. Вначале аустенит обедняется из-за выделения карбидов, после чего происходит мартенситная реакция.

# Оценка качества:

Химический, спектральный, рентгеноспектральный, флуоресцентный анализ для определения химического состава.

Контроль механических свойств - на одноосное растяжение, на твердость, на ударную вязкость.

Ультразвуковой анализ для выявления пор и дефектов в глубине.

Дефекты ТО:

**Недогрев**. Недогрев стали возникает в том случае, когда сталь во время обработки нагревается до температуры ниже критической. В результате этого, к примеру, часть феррита может не превратиться в аустенит.

После охлаждения аустенит остаётся в закалённой стали, в результате этого образуется особая структура.

**Перегрев.** Перегрев возникает, когда сталь перегревается до температуры намного выше критической, или же в случае, когда температура находилось в норме, но была слишком долгая выдержка.

Перегрев приводит к росту зерен, а при очень сильном перегреве образуется видманштеттова структура, где пластинчатая форма ферритных участков расположены под углом друг другу, в результате чего образуются треугольники. Механические свойства стали находятся на крайне низком уровне.

Перегрев можно исправить путём повторного уже нормального отжига с соблюдением всех норм процесса.

**Пережог.** Пережог возникает в случае, когда сталь была нагрета до температуры, которая близка к температуре плавления, в результате чего по границам зерна происходит окисление, что делает сталь достаточно хрупкой. Данный вид дефектов исправить нельзя.

**Окисление и обезуглероживание.** Обезуглероживание и окисление стали во время нагрева является результатом взаимодействия с газами, которые находятся в печах. В результате данного взаимодействия на поверхности стали образуется окалина (при окислении), а в результате обезуглероживания происходит выгорание углерода, что приводит к образованию структуры феррита.

Образование окалины приводят к неравномерности твёрдости металла, вызывает необходимость дополнительной его обработки, а так же дополнительной потери металла.

Результатом действия обезуглероживания является резкое снижение твёрдости и выносливости на поверхностях металла. Для предотвращения данных неблагоприятных последствий, необходимо использовать печи с контролируемой атмосферой.

**Закалочные трещины.** Закалочные трещины возникают при резком нагреве или охлаждении метала. Предотвращения данных дефектов достаточно просто, достаточно придерживаться правильной технологии нагрева и охлаждения стали.

**Коробление.** Коробление возникает в результате неравномерного охлаждения отдельных частей детали (мест), в результате этого процесса происходит изменение внешней формы.

На данный процесс большое значение оказывает, как форма детали, так и способ погружения для охлаждения.

Предотвратить образование данного дефекта возможно путём правильного режима закалки.

**Пятнистая закалка.** Пятнистая закалка является дефектом, который возникает при неравномерном охлаждении поверхности детали, которое осуществляется в процессе проведения закалки.

Способствовать возникновения пятнистой закалки может наличие на поверхности окалины, грязи или в соприкосновение деталей между собой.

Результатом пятнистой закалки является неравномерная твёрдость. Средством профилактики пятнистой закалки является защита поверхности детали от окалины, её очистка и правильный способ охлаждения.