МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕРВИСА И ЭКОНОМИКИ

ИНСТИТУТ СЕРВИСА АВТОТРАНСПОРТА КОМУНАЛЬНОЙ И БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ

Курсовая работа по дисциплине:

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Выполнил студент:

Группа:

Шифр:

Руководитель:

Оценка:

Дата защиты:

Калуга-2008 г.

**Содержание**

# **Раздел 1. Материаловедческий анализ.**

1.1 Система понятий, входящих в понятие “марка материала”

1.2 Принципы обозначения стандартных марок легированных сталей по ГОСТ4543 и в иностранных стандартах

1.3 Расшифровка стандартных марок сталей по варианту задания, структурный класс и примерное назначение

1.4 Понятие термина “КАЧЕСТВО СТАЛИ”

1.5 Основные характеристики механических свойств стали, по которым оцениваются стали конкретного назначения

1.6 Как и для чего нужно управлять количеством и качеством неметаллических включений?

1.7 На какие свойства стали разного назначения влияет величина зерна?

1.8 Как управлять величиной зерна?

1.9 Что подразумевается под оптимальной структурой?

1.10 Процесс закалки стали

1.11 Управление типом структуры образующейся при закалке

1.12 Понятия “закаливаемость” и “прокаливаемость”

1.13. “Полоса прокаливаемости”. Описание “полосы прокаливаемости” стали, заданной номером рисунка в варианте задания

1.14 Стали пониженной прокаливаемости, и для каких деталей их применяют

1.15 Процесс старения стали

1.16 Требования к автомобильному листу

1.17 Термин хорошая “свариваемость стали”

1.18 От чего зависит контактная прочность стали?

1.19 Уровни прочности канатной стали и технология упрочнения

1.20 Виды коррозионных повреждений нержавеющей стали

**Раздел 1. Материаловедческий анализ**

**1.1 Система понятий, входящих в понятие “марка материала”**

Марка материала определяется химическим составом. Химический состав - это элементы (вещества) и их соотношение, из которых изготовлен материал.

Так же в «марку материала» входят такие понятия как: способ производства материала, степень раскисления, качество, назначение, структурный класс, область применения и т. д.

**1.2 Принципы обозначения стандартных марок легированных сталей по ГОСТ4543 и в иностранных стандартах**

Обозначение марки включает в себя цифры и буквы, указывающие на примерный состав стали. В начале марки приводятся двухзначные цифры (например, 12ХН3А), указывающие среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы справа от цифры обозначают легирующие элементы: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, Е – селен, К – кобальт, Н – никель, М – молибден, П – фосфор, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ч – редкоземельные элементы, Ю – алюминий.

Следующие после буквы цифры указывают примерное содержание (в целых процентах) соответствующего легирующего элемента (при содержании 1-1,5% и менее цифра отсутствует, например 30ХГС). Высококачественные стали обозначаются буквой А, а особовысококачественные – буквой Ш, помещенными в конце марки (30ХГСА, 30ХГС-Ш). Если буква А расположена в середине марки (14Г2АФ), то это свидетельствует о том, что сталь легирована азотом. При обозначении автоматных сталей с повышенной обрабатываемостью резанием буква А ставится в начале марки (А20, А40Г). Если автоматная сталь легирована свинцом, то обозначение марки начинается с сочетания букв АС (АС35Г2 – где цифра 35 обозначает среднее содержание углерода в сотых долях процента). В начале обозначения марки быстрорежущих сталей стоит буква Р, за которой следует цифра, отражающая концентрацию вольфрама (Р18, Р6М5). Опытные стали выплавленные на заводе «Электросталь», первоначально обозначают буквами ЭИ (электросталь исследовательская) или ЭП (электросталь пробная) с порядковым номером разработки (освоения), например ЭИ962 (11Х11Н2В2МФ), ЭП33(10Х11Н23Т3МР). Такое упрощенное обозначение сталей, особенно высоколегированных, в дальнейшем широко используется и в заводских условиях.

При маркировке сплавов на железоникелевой основе указывается количественное содержание никеля (в процентах) с перечислением лишь буквенных обозначений остальных легирующих элементов, например, ХН38ВТ, ХН45МВТЮБР.

Зарубежные аналоги ряда отечественных марок легированных сталей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Россия  ГОСТ | Германия  DIN | США  ASTM | Япония  JIS |
| 15Х | 15Cr3 | 5115 | SCr415 |
| 40Х | 41Cr4 | 5140 | SCr440 |
| 30ХМ | 25CrMo4 | 4130 | SCM430, SCM2 |
| 12ХН3А | 14 NiCr10 | - | SNC815 |
| 20ХГНМ | 21 NiCrMo2 | 8620 | SNCM220 |
| 08Х13 | X7Cr13 | 410S | SUS410S |
| 20Х13 | X20Cr13 | 420 | SUS420J1 |
| 12Х17 | X8Cr17 | 430 (51430) | SUS430 |
| 12Х18Н9 | X12CrNi18 9 | 302 | SUS302 |
| 08Х18Н10Т | X10CrNiTi18 9 | 321 | SUS321 |
| 10Х13СЮ | X7CrA11 3 | 405 (51405) | SUS405 |
| 20Х25Н20С2 | X15CrNiSi 25 20 | 30314, 314 | SCS 18, SUH3 10 |

**1.3 Расшифровка стандартных марок сталей по варианту задания, структурный класс и примерное назначение**

Сталь 09Г2С содержит:

Кремний:0.5-0.8%Si,

Марганец:1.3-1.7%Mn,

Медь:0.30%Cu,

Никель:0.30%Ni,

Сера:0.040%S,

Углерод:0.12%C,

Фосфор:0.035%P,

Хром:0.30%Cr,

Азот:0.008%N,

Мышьяк:0.08%As,

а остальное железо Fе.

Сталь не склонна к отпускной способности.

Температура ковки: Начала 1250, конца 850.

Назначение: Фланцы, корпуса, детали, работающие при температурах -40…+425 град под давлением ,различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от —70 до +425°С под давлением.

Сталь 20ХН3А. Сталь конструкционная легированная

Применение: шестерни, валы, втулки, силовые шпильки, болты, муфты, червяки и другие цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах.

Химический состав:

Углерод: 0.17 - 0.24%

Кремний: 0.17 - 0.37%

Марганец: 0.3 - 0.6%

Никель: 2.75 - 3.15%

Сера: до 0.025%

Фосфор: до 0.025%

Хром: 0.6 - 0.9%

Медь: до 0.3%

**Сталь ХВ4Ф**. Сталь инструментальная легированная

Применение: резцы и фрезы при обработке с небольшой скоростью резания твердых металлов (валки с закаленной поверхностью), гравировальные резцы при очень напряженной работе, прошивные пуансоны и т.д.

Химический состав в %:

Углерод: 1.25-1.45 , кремний: 0.15-0.35,марганец :0.15-0.4,никель до 0.35,сера: до 0.03,фосфор: до 0.03,хром: 0.4-0.7,молибден: до 0.5,вольфрам: 3.5-4.3,ванадий: 0.15-0.3,медь: до 0.3,остальное железо

Сталь 35ХМЛ. Сталь для отливок обыкновенная

Применение: шестерни, крестовины, втулки, зубчатые венцы и другие детали, работающие с повышенными нагрузками и требующие повышенной твердости.

Химический состав в %:

Углерод: 0.3-0.4,кремний: 0.2-0.4,марганец: 0.4-0.9,никель: до 0.3,

Сера: до 0.04,фосфор: до 0.04,хром: 0.8-1.1,молибден: 0.2-0.3,медь: до 0.3

* 1. **Понятие термина “КАЧЕСТВО СТАЛИ”**

В начале ΧΧ в. химический состав и прочность стали практически исчерпывали требования к ее качеству. Сегодня изменились не только эти нормы, в стандартах на сталь отражены многообразные требования технологии производства и эксплуатации машин и сооружений: штампуемость, обрабатываемость резанием, свариваемость, прокаливаемость, хладостойкость, коррозионная стойкость, стойкость к старению и многие другие.

Качество стали – характеристика многомерная, хорошо описываемая матрицей свойств, составов и т.д. Металл оказывается негоден ни на что, когда не выполнено хотя бы одно из условий работоспособности. А выполнимость почти каждой из норм сегодня зависит не от одного агрегата или режима, а от всей технологической цепочки. Поэтому не только уровень, но и полный перечень обязательных материаловедческих норм для продукции – предмет обстоятельного анализа перед разработкой любых металлических изделий.

Для прогнозирования работоспособности в материаловедении применяется следующая бесспорная аксиома: «Качество материала сейчас, т.е. в изготовленном изделии, однозначно определяет работоспособность материала в будущем, т.е. в условиях эксплуатации».

**1.5 Основные характеристики механических свойств стали, по которым оцениваются стали конкретного назначения**

99% всей стали – материал конструкционный в широком смысле слова: включая стали для строительных сооружений, деталей машин, упругих элементов, инструмента и для особых условий работы – теплостойкие, нержавеющие, и т.п. Его главные качества – *прочность* (способность выдерживать при работе достаточные напряжения), *пластичность* (способность выдерживать достаточные деформации без разрушения как при производстве конструкций, так в местах перегрузок при их эксплуатации), *вязкость* (способность поглощать работу внешних сил, препятствуя распространению трещин), *упругость, твердость, усталость, трещиностойкость, хладостойкость, жаропрочность*.

Для изготовления подшипников широко используют шарикоподшипниковые хромистые стали ШХ15 и ШХ15СГ. Шарикоподшипниковые стали обладают высокой твердостью, прочностью и контактной выносливостью.

Пружины, рессоры и другие упругие элементы работают в области упругой деформации материала. В то же время многие из них подвержены воздействию циклических нагрузок. Поэтому основные требования к пружинным сталям – это обеспечение высоких значений пределов упругости, текучести, выносливости, а также необходимой пластичности и сопротивления хрупкому разрушению (55С2, 60С2А, 50ХФА, 30Х13, 03Х12Н10Д2Т).

Высокопрочные стали имеют высокую прочность при достаточной пластичности (среднеуглеродистая легированная сталь 40ХН2МА), высокой конструктивной прочностью, малой чувствительностью к надрезам, высоким сопротивлением хрупкому разрушению, низким порогом хладноломкости, хорошей свариваемостью.

**1.6 Как и для чего нужно управлять количеством и качеством неметаллических включений?**

Неметаллические включения – составляющие структуры, попадающие в сталь непреднамеренно. Но они технологически неизбежны.

Неметаллические включения практически не влияют на «объемные» процессы пластической деформации и упрочнения, но разнообразно проявляют себя в локальных процессах – в разрушении, а также в формировании зерна и фазового состава стали.

Абсолютно вреден сульфид железа FeS. Эвтектика Fe–FeS плавится при 975˚С. Оттесняемый фронтом кристаллизации легкоплавкий сульфид FeS, образует жидкие пленки вокруг дендритов. В затвердевающем слитке на выходе из кристаллизатора перепад температуры доходит до 400…500˚С, и от термических напряжений по пленкам идут кристаллизационные трещины. Эти пленки оплавляются и при нагреве под прокатку, так что слиток при обжатии разваливается – сталь горячеломкая.

Для предотвращения кристаллизационных трещин и горячеломкости почти во все стали вводят марганец: 0,25…0,80% в рядовой углеродистой стали по ГОСТ 380. Цель избавиться от эвтектики, заместив сульфид железа на сульфид марганца. В слябе непрерывной разливки гарантией против кристаллизационных трещин считают пропорцию [Mn]:[S]>40…50 и даже [Mn]:[S]>60. В тонком слябе, вытягиваемом с большой скоростью, продольные поверхностные трещины предотвращались лишь при <0,008% S. При дальнейшей переработке, при охлаждении слитка и при нагреве под прокатку, сульфид железа обогащается марганцем в твердом состоянии. Он полностью превращается в сульфид марганца за 1 час при 1100…1200˚С, и тогда горячеломкость предотвращается, если в стали [Mn]:[S]>25.

Сульфиды марганца мягкие, пластичны при 950…1100˚С, а при размере частиц менее 1 мкм они не деформируются. Наиболее опасны сульфиды – дендриты, при прокатке они вытягиваются в плоские пучки нитей и даже при холодной деформации удлиняются почти так же, как сам металл.

**1.7 На какие свойства стали разного назначения влияет величина зерна?**

Внутри зерна феррита нет сильных препятствий скольжению. Поэтому сопротивление его деформации течения создают границы зерна, и чем мельче зерно феррита, тем выше предел текучести. Чем больше деформация, тем больше препятствий создают внутри зерна сами следы скольжения и тем меньше влияет размер зерна на сопротивление течению. Поэтому предел прочности зависит от размера зерна феррита слабее, чем предел текучести.

У мартенсита столь сложная субзеренная структура, что в ней границы зерна исходного аустенита – препятствие пренебрежимо слабое. Прочность мартенсита от величины зерна не зависит. Перлит, сорбит, бейнит – двухфазные структуры. Их прочность определяется, прежде всего, температурой образования (дисперсностью цементита), а не величиной зерна исходного аустенита.

Если разрушение вязкое, то на деформацию до разрушения величина зерна почти не влияет. Но в условиях, например, хладноломкости хрупкое транскристаллитное разрушение (скол) распространяется по одной кристаллографической плоскости через всё зерно, то есть чем зерно феррита крупнее, тем сильнее концентрация напряжений от рассёкшей его фасетки скола и тем сталь более хрупкая.

Так же сильно влияет зерно исходного аустенита при граничной хрупкости, вызванной ослаблением границ от собирания на них примеси. Тогда вскрыть грань зерна – зернограничную фасетку – тем легче, чем зерно крупнее (чем больше концентрация напряжений у его границ).

**1.8 Как управлять величиной зерна?**

Величина зёрен зависит от числа зародышей кристаллизации и скорости их роста. Если скорость охлаждения мала, то число возникающих и растущих зародышей невелико и в конце кристаллизации формируются структуры из крупных зёрен. При большой скорости охлаждения число одновременно развивающихся центров кристаллизации, а следовательно и число зёрен возрастает и в конце кристаллизаций они оказываются меньше чем в первом случае. Это можно наблюдать на практике – в тонких сечениях литых деталей структура стали мелкозернистая, так как здесь происходит более быстрое охлаждение, чем в толстых сечениях. Чем мельче зёрна, тем выше прочность и особенно вязкость металла.

Чтобы сделать зерно мелким, в металл вводят специальные вещества – модификаторы. Например, в жидкую сталь при её разливке добавляют порошок железа или частицы тугоплавких оксидов, которые являются готовыми центрами кристаллизации. Процесс искусственного регулирования величины зёрен получил название *модифицирования.*

**1.9 Что подразумевается под оптимальной структурой?**

Идеальная кристаллическая решетка металла состоит из множества повторяющихся элементарных кристаллических ячеек. Для реального металла характерны определенные несовершенства кристаллического строения.

Оптимально устойчивыми (реально существующими) структурами элементов являются кристаллические решетки, которые обладают минимальным запасом свободной энергии F. Так, в твердом состоянии Li, Na, K, Cs, Mo, W и другие элементы имеют решетку типа К8, а Al, Ca, Cu, Ag, Au, Pt и другие – решетку типа Г6.

Однако при изменении температурных и изобарных условий для некоторых металлов более стабильными могут быть иные структуры. Известны, например Fe с решетками типа К8 и К12; Co – с решетками типа К12 и Г6; Mn, Sn, Ti и другие элементы с различными типами кристаллических структур.

**1.10 Процесс закалки стали**

Закалка стали служит для повышения прочности, твердости, упругости, износостойкости. Процесс закалки состоит в нагреве на 30…50˚С выше критической точки нагрева Ас3≈880˚С для доэвтектоидных сталей (полная закалка) и выше критической точки Ас1=727˚С для заэвтектоидных сталей (неполная закалка), выдержке при этих температурах и быстром охлаждении. Охлаждающими средами могут быть вода, минеральное масло, воздух, водные растворы солей, щелочей, расплавы солей. При закалке образуются неравновесные структуры с соответствующими механическими свойствами: при полной закалке – мартенсит, при неполной – мартенсит с зернами цементита. Если доэвтектоидную сталь нагреть до температуры выше температуры критической точки Ас1, но ниже Ас3, то происходит неполная закалка с образованием структуры, состоящей из мартенсита и феррита. В результате закалки понижается пластичность сталей.

Скорость нагрева и время выдержки при закалке зависят от химического состава стали, размеров, массы конфигурации закаливаемых деталей, типа нагревательных печей и нагревательной среды. Детали из высокоуглеродистых и легированных сталей нагревают более медленно и с большей выдержкой, чем детали из низкоуглеродистых сталей. С целью уменьшения возможных деформаций увеличивают время нагрева для деталей, более сложных по конфигурации и имеющих большую массу.

Нагрев осуществляют в нагревательных термических печах и печах-ваннах, подогреваемых электрической энергией или сгорающими газом, мазутом, углем.

**1.11 Управление типом структуры, образующейся при закалке**

При закалке сталь приобретает неравновесные структуры с соответствующими механическими свойствами. При полной закалке структура стали – мартенсит, при неполной закалке – мартенсит с зернами цементита. Если доэвтектоидную сталь нагреть до температуры выше температуры критической точки нагрева Ас1=727˚С, но ниже критической точки Ас3≈880˚С, то происходит неполная закалка с образованием структуры, состоящей из мартенсита и феррита.

Степень неравновесности продуктов закалки с увеличением скорости охлаждения повышается и возрастает от сорбита к мартенситу. Критическая скорость закалки имеет очень важное значение. От нее зависит такое технологическое свойство, как прокаливаемость, т.е. способность закаливаться на определенную глубину. Чем меньше критическая скорость закалки, тем на большую глубину от поверхности детали распространяется закалка.

**1.12 Понятия “закаливаемость” и “прокаливаемость”**

*Закаливаемость* стали – это ее способность приобретать максимально высокую твердость после закалки. Она возрастает с увеличением содержания углерода. Углеродистые стали, содержащие менее 0,3 % углерода, не закаляются.

*Прокаливаемость* – глубина закаленного слоя или, другими словами, глубина проникновения мартенсита. Она зависит от химического состава, размеров деталей и условий охлаждения. Легирующие элементы, а также увеличение содержания углерода (0,8%) в стали способствуют увеличению ее прокаливаемости.

**1.13 “Полоса прокаливаемости”. Описание “полосы прокаливаемости” стали, заданной номером рисунка в варианте задания**

В заданном варианте рассматривается “полоса прокаливаемости” для стали марки 38ХС (чертеж 11).

Полоса прокаливаемости – линии верхней и нижней границы, между которыми должны укладываться кривые прокаливаемости HRC(z) всех плавок. Кривая прокаливаемости – Распределение твердости HRC(z) с расстоянием z от торца образца цилиндра. Полосу прокаливаемости нормируют для каждой конструкционной стали ГОСТ 1050 и ГОСТ 4543.

Рассмотрим полосу прокаливаемости для стали марки 38ХС.

На графике изображены кривые прокаливаемости. Кривые прокаливаемости показывают зависимость твердости HRC от Rt(расстояние от охлаждаемого торца образца). Измерение расстояний Rt во время испытаний находится в промежутке (1<=Rt<=35) мм с интервалом измерений ΔRt=1,5 мм.

При Rt=1мм 46<HRC<57

При Rt=18мм 34<HRC<51

При Rt=30мм 29<HRC<46

Чем больше расстояние от охлаждаемого образца, тем хуже прокаливаемость, и следовательно твердость (HRC).

Проанализируем таблицы соответствия между величиной HRC(z) и диаметром прутка (d).

1). Спокойная вода.

На поверхности HRC=96, независимо от диаметра прутка (d).

Прокаливаемость в центре прутка и ¾R от центра зависит от диаметра прутка.

В центре прутка HRCmax=92 при d=25,5–27мм

2). Спокойное масло.

В данной закалочной среде прокаливаемость изменяется на поверхности прутка в зависимости от его диаметра.

HRCmax=98 при d=19,5–27мм. (поверхность).

HRC=92 при d=25,5–27мм. (¾R от центра).

HRC=75 при d=27мм. (центр прутка).

Вывод:

1). С ростом диаметра прутка, HRC(d) увеличивается до определенного значения.

2). Максимальной закаливаемости HRC=176 можно добиться в спокойной воде на расстоянии ¾R от центра, при d=22,5мм

3). Закаливаемость стали выше в спокойной воде, при любом диаметре прутка и в различных местах замера твердости.

**1.14 Стали пониженной прокаливаемости и для каких деталей их применяют**

В сталях пониженной прокаливаемости (как 55ПП – сталь 58 по ГОСТ 1050) гарантируется низкая прокаливаемость при высоком содержании углерода.

Стали пониженной прокаливаемости можно применять для деталей с твердой поверхностью, при вязкой сердцевине (шестерни, зубчатые передачи).

Обычной закалкой можно получать тонкий (1,5…3 мм) твердый (полумартенситный) слой с зерном № 11-12 на поверхности зуба шестерен.

Аналогичного эффекта можно добиться только многочасовой цементацией малоуглеродистой стали.

**1.15 Процесс старения стали**

В низкоуглеродистой стали, в структуре которой преобладает феррит, известно изменение свойств при хранении (или в эксплуатации) после быстрого охлаждения от высоких температур (закалочное старение) или после пластической деформации (деформационное старение).

Старение обусловлено примесями внедрения (углеродом и азотом), растворенным в феррите. Они достаточно быстро диффундируют уже при комнатной температуре, а «носители» пластической деформации – дислокации – их притягивают и, «обрастая» сегрегациями примеси, закрепляются. После старения, пока «свободных» дислокаций мало, пластическая деформация идет лишь по мере рождения новых. По мере размножения дислокаций сопротивление течению с деформацией падает.

Появляется «зуб текучести». Пока «смягчённая» размножением зона распространяется на весь образец, сопротивление деформации не меняется. Старение длится дни и месяцы при комнатной температуры (часы и дни – при 100 ˚С) и проходит четыре стадии. На *первой* стадии вдоль дислокаций оседают сплошные в «одноатомные» цепочки атомов примеси, от чего растут предел текучести и деформация Людерса. На *второй* стадии длина площадки неизменна, но вместе и одинаково с пределом текучести поднимается вся диаграмма. На *третьей* стадии на дислокациях есть и частицы размером в несколько нанометров. Они упрочняют и сами по себе, так что подрастает предел прочности, но соответственно падают удлинение и работа разрушения. Иногда можно дождаться и *четвёртой* стадии – «перестарения» (медленного смягчения от укрепления частиц).

Старение вредно понижением пластичности (листа для холодной штамповки) или же охрупчиванием конструкции (зуб текучести означает большое сопротивление малым пластическим деформациям – местные перегрузки хуже «рассасываются»). Старение усиливает хладноломкость, отчего, например, несвязанный азот понижает ударную вязкость строительной стали.

**1.16 Требования к автомобильному листу**

Кузов автомобиля изготавливается холодной штамповкой (и точечной сваркой) из тонкого (0,5…3 мм) листа низкоуглеродистой стали.

Обычно до толщины около 2мм лист доводят горячей прокаткой на непрерывном широкополосном стане, затем окалину удаляют травлением. После холодной прокатки до конечной толщины полосу отжигают.

Из норм штампуемости (удлинение δ>34…40%: вытяжки по Эриксену, нормальной R и плоскостной ∆R пластической анизотропии) вытекает много дополнительных требований к структуре: к зернограничному цементиту, к величине зерна (балл № 6-8 – из-за полос Людерса и «Апельсиновой корки»), к старению от остаточного азота и к наночастицам (например, A1N или MnS).

Для выполнения этого набора требований нужна цепь технологий высокого уровня, начинающаяся от плавки (чтобы обеспечить, например, в 1Р-сталях 0,003…0,005%С и 0,003…0,005%N и в строгой пропорции с их количеством вводить 0,03…0,05%А1 и 0,05…0.08%Тi к моменту кристаллизации).

Конечную величину зерна определяют четвертичные включения АIN или МnS –наночастицы, которые могут неоднократно растворяться (при нагреве сляба или при отжиге) и вновь выпадать - при горячей прокатке, после нее, в смотанном рулоне, при отжиге. Всей их «историей» надо управлять по всему производственному температурно-временному циклу и с учетом исходного состояния слитка.

Наночастицы задают в конечном счете и пластическую анизотропию - через взаимосвязи кристаллографических текстур: слитка, горячей и холодной прокатки и рекристаллизации. Например, когда сталь О8Ю сумели разлить сразу на толщину подката, понадобилась его смотка для требуемого выделения АlN и МnS - иначе замедлялась рекристаллизация при непрерывном отжиге.

До 35% от массы автомобиля (как в Японии) мог бы составлять более высокопрочный лист. Но легирование ухудшает штампуемость, и найдено компромиссное решение: оставлять в стали типа О8Ю после отжига немного несвязанного азота и алюминия, чтобы при нагреве для сушки в окрашенной детали прошло старение (ВН-стали: «упрочняемые при сушке»). Прирост предела текучести Δδ0,2 – 30…40Мпа – небольшой, но для мягкой стали это 15%.

**1.17 Термин хорошая “свариваемость стали”?**

Довольно редко прокат есть конечная продукция, готовая к применению. Потребитель, как правило, сваривает все листовые стали, практически все строительные (балки, плиты, арматуру) и часто даже рельсы (в длинные плети). *Хорошая свариваемость стали* – возможность получать сварной шов без трещин, который по прочности и вязкости не хуже основного металла. Свариваемость проверяется испытаниями после сварки специальных образцов. Условия *хорошей свариваемости стали* обычно противоречат требованиям прокаливаемости.

С точки зрения металлургии дуговая, контактная, точечная электросварки заключаются в расплавлении и быстрой кристаллизации стали – почти закалке из расплава. Неодинаковое тепловое расширение зоны сварки создает высокие сварочные напряжения в шве и около него – и во время кристаллизации, и после охлаждения.

Термические напряжения в ходе сварки вызывают в шве горячие трещины (разрушение в твердожидком состоянии). Риск их появления тем выше, чем шире интервал температур кристаллизации (чем больше в стали углерода) и чем больше легкоплавких сульфидов.

**1.18 От чего зависит контактная прочность стали?**

Чем выше контактная прочность стали, тем меньше вероятность возникновения контактной усталости. Контактная усталость- зарождение и рост трещин при циклическом нагружении, ниже предела текучести.

Такое свойство стали, как контактная прочность имеет важное значение для деталей испытывающих постоянно повторяющиеся циклические нагрузки.

Например, при качении шарика по кольцу в подшипнике или колеса по рельсу.

Повысить контактную прочность стали можно получив структуру мартенсита с мелкими равновесными зернышками цементита, без следов цементитной сетки. Но тогда наиболее опасны неметаллические включения «умеренных размеров» – на порядок крупнее, чем цементит.

Если же крупных включений много, то долговечность падает катастрофически: в 100 раз, когда оксидов крупнее 30 мкм стало больше в 10 раз. Чем выше твердость и модуль упругости включения, тем больше концентрация напряжений в нем, а следовательно хуже контактная прочность.

Например, для стали ШХ15 наиболее опасны самые твердые остроугольные включения - зерна корунда Аl2О3. При равном содержании кислорода, подшипники из кислой мартеновской стали в 2,5 раза долговечнее, чем из электростали, так как в них вместо строчек крупных оксидов были глобули недеформируемых силикатов.

На контактную усталость влияет содержание серы. Содержание серы следует понижать, но сохраняя пропорцию[S]:[O]=2,5 т.к. выгодно, чтобы более легкоплавкий сульфид марганца кристаллизовался на поверхности частиц корунда, обволакивая их острые углы мягкой пленкой и снимая перегрузки в работе. Поэтому, например, наблюдается рост долговечности с повышением содержания серы от 0,01% до 0,023%, а далее - снижение.

**1.19 Уровни прочности канатной стали. Технология упрочнения**

# Уровень прочности канатной стали колеблется в пределах 1300…2400 МПа.

Технология упрочнения.

Чем тоньше пластинки цементита в перлите, тем больше упрочнение. Пластинки тем тоньше, чем ниже температура распада переохлажденного аустенита. Оптимальную температуру изотермического распада надо быстро достичь и точно выдержать. Поэтому делается патентирование: протягиваемая проволока проходит через печь (или соляную ванну) нагрева и быстро охлаждается до температуры распада аустенита в ванне с расплавом свинца и солей. После волочения делается еще низкий отпуск для снятия напряжений.

К стали для патентирования (упрочнения) есть ряд жестких требований. Во-первых, чистота по легирующим элементам (Сr<0,10%; Ni<0,15%; Сu<0,2%), иначе изотермический распад аустенита за время пребывания в свинцовой ванне не закончится, а остаток аустенита на выходе из ванны даст хрупкий мартенсит или бейнит. Использование лома в шихте исключается.

Во-вторых, вытягиваясь при волочении, границы зерна исходного аустенита превращаются в ленты вдоль оси проволоки.

Если на них были сегрегации фосфора или наночастицы АlN или МnS, проволока расслаивается по этим лентам при скручивании (или при волочении). Поэтому когда-то сталь для пружин плавили только из древесноугольного чугуна (чистого по фосфору и сере).

Сегодня его заменило железо прямого восстановления.

В-третьих, важна чистота по неметаллическим включениям.

Если включения деформируемы и при холодном волочении (как МnS), то из округлых в слитке они превратятся в нити макроскопической длины и субмикронной толщины, а включения-дендриты - в пучок нитей, по которым и произойдет расслой. Канаты из стали 60 с округлыми сульфидами (от введения РЗМ) выдерживали 25000 перегибов, а с длинными включениями - только 18000..

Недеформируемое включение (как Аl2О3) при размере 100 мкм сравнимо с диаметром проволоки, которая в этом месте оборвется еще при волочении (и потому в готовой проволоке таких не находят). От оксидов размером 3…10 мкм растут трещины усталости в пружинах или в канате, поэтому важны как содержание кислорода и серы в расплаве, так и приемы раскисления десульфурации.

Наконец, нагревы перед патентированием требуют защитной атмосферы, так как даже тонкий обезуглероженный слой с малопрочным свободным ферритом- очаг усталостного разрушения. Если же окалину стравливают, то затем нужен подогрев или выдержка, чтобы вышел захваченный водород, иначе проволока может растрескаться еще при хранении.

**1.20 Виды коррозионных повреждений нержавеющей стали**

Коррозия - это процесс разрушения металла под воздействием внешней среды. По механизму протекания различают химическую коррозию, возникающую под воздействием газов или неэлектролитов (нефть и др.), и электрохимическую, развивающуюся в случае контакта металла с электролитами (кислоты, щелоча, соли, влажная атмосфера, почва, морская вода).

Стали, устойчивые против электрохимической коррозии, называют коррозионностойкими (нержавеющими).

Нержавеющие стали разделяют на две основные группы: хромистые и никелевые.

Хромистые коррозионностойкие стали применяют трех типов: с 13, 17 и 27% Cr, при этом в сталях с 13% Cr содержание углерода может изменяться в зависимости от требований в пределах от 0,08 до 0,40%. Структура и свойства хромистых сталей зависят от количества хрома и углерода. Так, повышение концентрации углерода в стали приводит к образованию карбидов, уменьшая количество хрома в твердом растворе; при этом в стали возникает двухфазная структура.

Стали с 13% хрома подвержены коррозионному растрескиванию и точечной коррозии в средах, содержащих ионы хлора.

Так же нагрев закаленных сталей в интервале 500-800˚С приводит к выделению в пограничных зонах зерен карбидов хрома M23C6 и обеднению в связи с этим указанных зон хрома ниже 12%-ного предела; это вызывает снижение электрохимического потенциала пограничных участков аустенитного зерна и их растворение в коррозионной среде. Коррозионное разрушение имеет межкристаллический характер, приводит к охрупчиванию стали и называется межкристаллитной (интеркристаллитной) коррозией (МКК).

**Список литературы**

1. Лейкин А.Е., Родин Б.И. Материаловедение. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: «Высшая школа», 1971.
2. Петренко Ю.А., Каратушин С.И., Глазунов К. О. Материаловедение. Методические указания по выполнению контрольных и курсовых работ для студентов специальностей 230100, 230300, 2307.12. – СПб.: Изд-во СПбГАСЭ, 2005.
3. Колесник П.А., Кланица В.С. Материаловедение на автомобильном транспорте. Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.
4. Рогачева Л.В. Материаловедение. – М.: Колос-Пресс, 2002.
5. Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. – М.: Изд. «Высшая школа», 1968.
6. Шульте Ю.А. Хладостойкие стали. – М.: Металлургия, 1970.
7. Ассонов А.Д. Технология термообработки деталей машин. – М.: Машиностроение, 1969.