1. **Рессорсно-пружинные стали**

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, вынослиости, а также необходимой пластичности и сопротивления хрупкому разрушению.

Стали для пружин и рессор содержат 0,5–0,75% С, их также дополнительно легируют:

– кремнием (до 2,8%),

– марганцем (до 1,2%),

– хромом (до 1,2%),

– ванадием (до 0,25%),

– вольфрамом (до 1,2%),

– никелем (до 1,7%);

При этом происходит измельчение зерна, способствующее возрастанию сопротивления стали малым пластическим деформациям, а следовательно, её релаксационной стойкости.

Широкое применение на транспорте нашли кремнистые стали 55С2, 60С2А, 70С3А. Однако, они могут подвергаться обезуглероживанию, графитизации, резко снижающим характеристики упругости и выносливости материала. Устранение указанных дефектов, а также повышение прокаливаемости и торможение роста зерна при нагреве достигается дополнительным введением в кремнистые стали хрома, ванадия, вольфрама и никеля.

Лучшими технологическими свойствами, чем кремнистые стали, обладает сталь 50ХФА, широко используемая для изготовления автомобильных рессор. Клапанные прижины делают из стали 50ХФА, не склонной к обезуглерожианию и перегреву, но имеющей малую прокаливаемость.

Термическая обработка легированных пружинных сталей (закалка 850–880°С, отпуск 380–550°С) обеспечивают получение высоких пределов прочности и текучести. Применяется также изотермическая закалка.

Максимальный придел выносливости получают при термической обработке на твердость HRC 42–48.

Для изготовления пружин также используют холоднотянутую проволоку (или ленту) из высокоуглеродистых сталей 65, 65Г, 70, У8, У10 и др.

Пружины и другие элементы специального назначения изготавливают из высокохромистых мартенситных (30Х13), мартенситно-стареющих (03Х12Н10Д2Т), аустенитных нержавеющих (12Х18Н10Т), аустенситно-мартенситных (09Х156Н8Ю) и др. сталей и сплавов.

Изготовляют согласно ГОСТ 14959–79

Сталь: 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г, 55С2, 60С2, 70С3А, 60С2Г, 50ХГ, 50ХГА, 55ХГР, 50ХФА, 51ХФА, 50ХГФА, 55С2ГФ, 60С2ХА, 60С2ХФА, 65С2ВА, 60С2Н2А, 70С2ХА.

Заменители некоторых марок стали:

Сталь 65Г – 70, У8А, 70Г, 60С2А, 9ХС, 50ХФА, 60С2, 55С2;

Сталь 50ХФА – 60С2А, 60ХГФА, 9ХС.

Назначение рессорсно-пружинной стали:

– 60С2, 60С2А – для рессор из полосовой стали толщиной 3 – 16 мм и пружинной ленты толщиной 0,08 – 3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром 3 – 16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации 250°С.

– 70ЗА – для тяжелонагруженных пружин ответственного назначения. Сталь склонна к графитизации.

– 50ХГ, 50ГА – для рессор из полосовой стали толщиной 3–18 мм. Обрабатывается резанием плохо.

– 50ХФА, 50ХГФА – для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300°С), для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам.

– 60С2ХА – для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения.

– 60С2Н2А, 65С2ВА – для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготовляемых из калиброванной стали и пружинной ленты.

**2. Шарикоподшипниковые стали**

Для обеспечения работоспособности изделий, шарикоподшипниковая сталь должна обладать высокой твердостью, прочностью и контактной выносливостью. Это достигается повышением качества металла: его очисткой от неметаллических включений и уменьшением пористости посредством использования электрошлакового или вакуумно-дугового переплава.

При изготовлении деталей подшипника широко используют шарикоподшипниковые (Ш), хромистые (Х) стали ШХ15СГ (последующая цифра 15 указывает содержание хрома в десятых долях процента – 1,5%). ШХ15СГ дополнительно легирована кремнием и марганцем для повышения прокаливаемости. Отжиг стали на твёрдость порядка 190 НВ обеспечивает обрабатываемость полуфабрикатов резанием и штампуемость деталей в холодном состоянии. Закалка деталей подшипника (шариков, роликов и колец) осуществляется в масле с температур 540–560°С. Перед отпуском детали охлаждают до 20–25°С для обеспечения стабильности их работы (за счет уменьшения количества остаточного аустенита). Отпуск стали проводят при 150–170°С в течении 1–2 ч.

Детали подшипников качения, испытывающие большие динамические нагрузки, изготавливают из сталей 20Х2Н4А и 18ХГТ с последующей их цементацией и термической обработкой. Для деталей подшипников, работающих в азотной кислоте и других агрессивных средах, используется сталь 95Х18, содержащая 0,95% С и 18% Сr.

Изготавливается согласно ГОСТ 801–78.

Сталь: ШХ15, ШХ4, ШХ15СГ, ШХ20СГ.

В обозначении марок стали буквы и цифры означают:

– Ш в начале марки – подшипникова;

– Х – легированная хромом;

– 4, 15, 20 – массовая доля хрома (0,4%: 1,5%; 2,0%);

– СГ – легированная кремнием и марганцем;

– Ш в конце марки – полученная методом электрошлакового переплава;

– В в конце марки – изготовленная вакуумированием.

Сталь изготовляют круглого, квадратного и прямоугольного сечений в прутках, полосах и мотках.

Горячекатаная и калибрированная сталь по требованиям к качеству поверхности в зависимости от дальнейшей обработки подразделяется на группы:

– ОХ – для холодной механической обработки (обточка, фрезерование, выточка и др.);

– ОГ – для горячей обработки давлением;

– ХВ – для холодной высадки;

– ХШ – для холодной штамповки;

По состоянию материала:

– без термической обработки;

– термически обработанная (отожженная) – О.

Назначение: для изготовления деталей, работающих под воздействием сосредоточенного и переменного напряжений, возникающих в зоне контакта шариков и роликов с беговыми дорожками колец подшипников качения.

Основные требования определяются назначением:

* 1. Высокая статическая грузоподъемность, т.е. способность выдерживать высокую нагрузку с минимальной деформацией (< 0,01%).
  2. Высокая контактная усталостная прочность. Зависит, прежде всего, от наличия в стали неметаллических включений. Они, обладая высокой хрупкостью, разрушаются и дают начало для появления усталостной трещины, поэтому, для повышения стойкости стали против контактной усталости, применяют дополнительную очистку стали от вредных примесей.
  3. Высокая твердость.
  4. Высокая износостойкость. Эти два требования зависят от содержания карбидов в стали. Наличие карбидов хрома влияет на твердость и износостойкость.
  5. Сквозная прокаливаемость. Глубина прокаленного слоя – 95% мартенсита. Для повышения прокаливаемости вводят Cr, Mn, Si. Si затрудняет распад мартенсита при отпуске. Это дополнительно сохраняет твердость.

1. **Автоматные стали**

Автоматная сталь, сталь с повышенным содержанием серы и фосфора, предназначенная для изготовления деталей на металлорежущих скоростных станках-автоматах и полуавтоматах. Она производится в виде прутков и содержит в процентах:

– углерода – 0,08–0,45;

– кремния – 0,15–0,35;

– марганца – 0,6–1,55;

– серы – 0,08–0,30;

– фосфора – 0,05–0,16.

Повышенное содержание серы приводит к образованию включений (сульфида марганца и др.), расположенных вдоль волокон, что облегчает резание и способствует дроблению и лёгкому отделению стружки. Для этих же целей автоматная сталь иногда легирует свинцом и теллуром. Механические свойства вдоль волокон (в зависимости от марки стали и диаметра прутка) характеризуется следующими показателями: горячекатаные прутки – предел прочности sв = 420–750 Мн/м2 (42–75 кгс/мм2), относительное удлинение d = 14–22%, для холоднотянутых нагартованных прутков sв = 520–840 Мн/м2 (52–84 кгс/мм2), d = 6–17%. Механические свойства в поперечном волокну направлении существенно понижены. Пластичность и вязкость автоматной стали, благодаря присутствию серы и фосфора, ниже, чем у обычных углеродистых сталей. Свариваемость плохая. Детали из неё обычно применяются без термической обработки или только с отпуском для снятия напряжения. Используются главным образом для изготовления болтов, гаек, некоторых деталей автомобилей, приборов и пр.

Эти стали маркируют буквой А (автоматная) и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Если автоматная сталь легирована свинцом, то обозначение марки начинается с сочетании букв «АС». Чтобы не проявлялась красноломкость, в сталях увеличено количество марганца. Добавление в автоматные стали свинца, селена и теллура позволяет в 2–3 раза сократить расход режущего инструмента.

Улучшение обрабатываемости достигается модифицированием кальцием (вводится в жидкую сталь в виде силикокальция), который глобулизирует сульфидные включения, что положительно влияет на обрабатываемость, но не так активно, как сера и фосфор.

Сера образует большое количество сульфидов марганца, вытянутых в направлении прокатки. Сульфиды оказывают смазывающее действие, нарушая при этом сплошность металла. Фосфор повышает хрупкость феррита, облегчая отделение стружки металла во время процесса резания. Оба эти элемента способствуют уменьшению налипания на режущий инструмент и получению гладкой блестящей обрабатываемой поверхности.

Однако, необходимо помнить, что повышение содержания серы и фосфора снижает качество стали. Стали, содержащую серу, имеют ярко выраженную анизотропию механических свойств и пониженную коррозийную стойкость.

Стали А11, А12, А20 используют для крепежных деталей и изделий сложной формы, не испытывающих больших нагрузок, но к ним предъявляются высокие требования по точности размеров и чистоты поверхности.

Стали А30 и А40Г предназначены для деталей, испытывающих более высокие напряжения.

Свинец содержащие стали широко применяют для изготовления деталей двигателя.

В автоматных селено содержащих сталях повышается обрабатываемость за счет образования селенидов, сульфоселенидов, которые обволакивают твердые оксидные включения и тем самым устраняют их истирающее действие. Кроме того, селениды сохраняют глобулярную форму после обработки давлением, поэтому практически не вызывают анизотропии свойств и не ухудшают коррозионную стойкость стали, как сера. Применение этих сталей снижает расход инструмента в два раза и до 30% повышает производительность.

1. **Хромоникелевые стали**

Состав и свойства хромоникелевой стали.

Сталь AISI 304. Базовая аустенитная нержавеющая сталь (аналог 08Х18Н9). Превосходные показатели по свариваемости. При длительном использовании при температуре от 450–850°С в стали может развиваться процесс МКК. Данная сталь является основной сталью для пищевой промышленности.

Сталь AISI 304L. Полный аналог стали AISI 304, но содержание углерода менее 0,03%, что гарантирует минимальную склонность к МКК даже при температуре 450–850°С. Данная сталь является основной сталью для пищевой промышленности.

Сталь AISI 321. Аналог стали 08Х18Н10Т. При достаточно высоком содержании углерода для защиты от МКК применяется легирование титаном. Возможно длительное использование при температуре 700–800°С. Данная сталь активно применяется в машиностроении и нефтехимии.

Сталь AISI 316. Данная сталь содержит 2–3% молибдена, что обеспечивает прекрасную устойчивость против коррозии в агрессивных средах. При критических температурах (порядка 800°С) возникает опасность МКК. Данная сталь является основной сталью для пищевой промышленности.

Сталь AISI 316L. Аналог стали AISI 316, но с добавлением титана, что обеспечивает защиту от МКК даже в диапазоне критических температур 800–850°С. Данная сталь активно применяется в машиностроении и нефтехимии.

Сталь хромоникелевая и хромоникелевая с бором.

Совместное присутствие в стали хрома и никеля придает её наилучший комплекс механических и технологических свойств, в первую очередь высокую прочность, вязкость, прокаливаемость. Однако, из-за дифицитности никеля производство данной стали уменьшается.

Хромоникелевая сталь (марки 12ХН2, 12ХНЗА, 12Х2Н4А, 20ХНЗА, 20Х2Н4А, 20ХН) и хромоникелевая сталь с бором (марка 20ХНР) применяются после цементации, закалки и низкого отпуска для изготовления крупных деталей особо ответственного назначения, испытывающих в процессе эксплуатации значительные ударные нагрузки.

Одновременное легирование хромом и никелем повышает прочность, пластичность и вязкость цементированного слоя и сердцевины.

Высокая прокаливаемость и закаливаемость хромоникелевых сталей позволяет закаливать крупные детали с охлаждением в масле, что снижает вероятность возникновения коробления и закалочных трещин. Бор увеличивает прокаливаемость стали марки 20ХНР.

Хромоникелевая сталь малочувствительная к перегреву при длительной цементации. С целью экономии никеля при изготовлении ответственных деталей небольших размеров производят замену сталей, содержащих 2,75–3,65% никеля (марки 12ХНЗА, 20ХНЗА и др.), более дешевыми сталями марок 20ХН и 20ХНР. Сталь данной группы склонна к отпускной хрупкости, имеет ограниченную свариваемость.

Ряд сталей данной группы применяется и без цементации, после закалки и отпуска.

Хромоникелевая сталь (марки 40ХН, 45ХН, 50ХН, 30ХНЗА) высокой прочности, повышенной вязкости и глубокой прокаливаемости применяется после нормализации, улучшения, закалки и низкого отпуска и поверхностного упрочнения ТВЧ для изготовления крупных особо ответственных деталей, работающих при наличии ударных и вибрационных нагрузок. Сталь марки 30ХНЗА – ограниченно свариваемая, остальные – трудносвариваемые.

Если сталь кроме Cr содержит еще Ni, Mn, Mo, то ее структура из ферритной может измениться на ферритно-аустенитную или даже на чистую аустенитную. Т.е. после охлаждения на воздухе сталь сохраняет аустенитную структуру, которая не меняется ни при каких вариантах термообработки. При содержании Ni>10% сталь становиться аустенитной. Аустенит позволяет получить не только коррозионную стойкость, но так же и высокие технические свойства. Сталь хорошо поддается обработке давлением, сварке, сохраняет свойства до 600–700°С, не охрупчивается, не чувствительна к хладколомкости, но сталь склонна к межкристаллитной коррозии и ее невозможно упрочнять закалкой. Термообработка: закалка + отжиг.

И после сварки и после отжига структура одинаковая, одинаковые свойства. Закалке подвергают тонкостенные изделия простой формы и небольшого размера. Температура и закалки, и отжига одинакова и зависит от состава стали. Если сталь содержит только Cr, Ni, то температура не должна превышать 950–1000°С. Увеличение температуры вызывает резкий рост зерна и снижение характеристик. Охлаждение при закалке должно быть таким, чтобы не попасть в область выделения карбидов Cr. Уменьшение стоимости хромоникелевых сталей можно добиться, если вместо Ni вводить Mn. Для того, чтобы стабилизировать структуру, необходимо, чтобы Cr<15%, Mn>15%. Если условие не выполняется, то мы получаем сталь с неустойчивым структурным состоянием. Для получения стабильной аустенитной структуры Ni заменяют частично (10Х14Г14Н4Т, 20Х13Н4г9). Термообработка принципиально не отличается от термообработки хромоникелевых сталей. Такой недостаток хромоникелевых сталей, как склонность к росту зерна, можно устранить, используя для сварных деталей стали ферритно-аустенитного класса (15Х22Н5М5Т) или аустенитно-мартенситного класса (08Х15Н5Д2Т). Стали аустенитно-мартенситного класса обладают повышенной твердостью. Чисто аустенитные стали склонны к коррозии под напряжением. Даже самые лучшие аустенитные стали оказываются недостаточно стойкими при контакте с кислотами. Поэтому разработаны коррозийно-стойкие сплавы: Fe – Ni – Cr (04ХН40МДТЮ). Ni – Cr (ХН45В). Ni – Мо (Н70МФ). Cr – Ni – Мо (ХН65МВ).

1. **Хромистые стали**

Хром в качестве легирующего элемента получил широкое применение, так как он относительно дешев и благоприятно влияет на механические свойсва стали.

Хромистая цементуемая сталь (марки 15Х, 15ХА, 20Х) из-за неглубокой прокаливаемости применяется для изготовления деталей небольшого сечения, работающих на износ в условиях трения при средних нагрузках. По сравнению с углеродистыми хромистые стали имеют более высокую прочность цеменованного слоя и серуевины при несколько меньшей пластичности серцевины. После цементации (900–920°С) стали обычно подвергают закалке и низкому отпуску. Цементация с двойной закалкой, хотя и обеспечивает наиболее высокие свойства сердцевины, на практике применяется редко, ибо при данной обработке увеличивается коробление изделий, что требует правки или повышения припуска на окончательную механическую обработку.

Хромистая цементуемая сталь несклонна к отпускной хрупкости, хорошо обрабатывается резанием и имеет неограниченную свариваемость.

Хромистая улучшаемая сталь (марки 30Х, 30ХРА, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х) также имеет более высокую прочность по сравнению с соответствующей углеродистой. Сталь данной группы склонна к отпускной хрупкости. Стали марок 45Х и 50Х склонны к образованию трещин при закалке в воде.

Введение в хромистые стали бора увеличивает их прокаливаемость, но несколько повышает порог хладноломкости.

Детали из хромистой стали, работающие на износ в условиях трения, подвергают цианированию.

1. **Винтовые механизмы и резьбы**

Винтовые механизмы предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное, реже – для превращения поступательного движения во вращательное. Последнее возможно только в том случае, когда угол подъема резьбы достаточно велик и передача несамотормозящаяся. Основными деталями таких механизмов являются винт и гайка.

Обозначим шаг резьбы винта tв. За n оборотов винта гайка, движущаяся только поступательно, пройдёт расстояние S = n\*tв.

Если известен путь гайки S и требуется определить число n оборотов винта, то n = S/ tв = 25\10 = 2,5 оборота.

Гайку часто делают разрезной – их двух половин, охватывающих винт с двух сторон. Винты изготовляют из качественной стали, а гайки – из чугуна или бронзы. Коэффициент полезного действия таких пар достигает η = 0,8 – 0,95.

Ещё больший эффект достигается применением шариковых винтов, которые используют для червяков рулевого управления автомобилей, для механизмов наводки ракет и ходовых винтов станков. Канавки шарикового винта 1 и гайки 4 в осевом сечении имеют полукруглую форму. Непрерывный замкнутый поток шариков 2 заполняет винтовое пространство между жалобами по всей длине гайки. Пройдя его, шарики 2 переходят в округленный трубчатый канал 3, по которому они возвращаются в рабочую зону винтовой пары. Коэффициент полезного действия шариковой винтовой пары намного выше, чем у обычной, вследствие резкого снижения трения в резьбе.

Понятие о резьбе

Резьба – винтовая поверхность, образованная на телах вращения и используемая для соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин и механизмов. Приемы нарезания резьбы и используемый при этом режущий инструмент – определяющие факторы для вида и профиля резьбы. Резьба может быть однозаходной, образованной одной винтовой линией (ниткой), или многозаходной, образованной, соответственно, двумя и более нитками. Направление винтовой линии резьбы определяет их деление на правые и левые. Шаг резьбы представляет собой расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы. Нарезание наружной и внутренней резьбы требует различного подхода и использования различных методик.

Наиболее распространенными соединениями деталей машин являются резьбовые. Широкое применение резьбовых соединений в машинах и механизмах объясняется их простотой надёжностью, удобством регулирования затяжки, а также возможностью их разборки и повторной сборки без замены детали.

Нарезанием резьбы называется ее образование снятием стружки (а также пластическим деформированием) на наружных или внутренних поверхностях заготовок деталей.

У всякой резьбы различают следующие основные элементы:

– профиль;

– угол и высоту профиля;

– шаг;

– наружный, средний и внутренний диаметр резьбы.

**7. Червячные передачи**

Червяк представляет собой винт со специальной резьбой, в случае эвольвенного профиля колеса форма профиля резьбы близка к трапецеидальной. На практике применяются однозаходные, двухзаходные и четырехзаходные червяки.

Червячное колесо представляет собой зубчатое колесо. В технологических целях червячное колесо, как правило, изготовляют составленным из двух материалов:

– венец – из дорогого антифрикционного материала (например из бронзы)

– сердечник – из более дешевых и прочных сталей или чугунов.

Входной и выходной валы передачи скрещиваются, обычно (но не всегда) под прямым углом.

Функционирование

Передача предназначена для существенного увеличения крутящего момента и, соответственно, уменьшения угловой скорости. Ведущим звеном является червяк. Червячная передача без смазки и вибрации обладает эффектом самоторможения и является необратимой: если приложить момент к ведомому звену (червячному колесу), из-за сил трения передача работать не будет. Передаточные отношения I червячной передачи закладываются в пределах от 8 до100, а в некоторых приложениях – до 1000.

Достоинства и недостатки

Достоинства:

– плавность работы;

– бесшумность;

– большое передаточное отношение в одной паре;

– самоторможение;

– повышенная кинематическая точность.

Недостатки:

– сравнительно низкий КПД (целесообразно применять при мощностях не более 100кВт);

– большие потери на трение (тепловыделение);

– повышенный износ и склонность к заеданию;

– повышенные требования к точности сборки, необходимость регулировки;

– необходимость специальных мер по интенсификации теплоотвода.

Классификация

Червяки различают по следующим признакам:

1. По форме поверхности, на которой образуется резьба:

– цилиндрические

– глобоидные

2. По напралению линии витка:

– правые

– левые

3. По числу заходов резьбы:

– однозаходные

– многозаходные

4. По форме винтовой поверхности резьбы:

– с архимедовым профилем

– с конволютным профилем

– с эвольвентным профилем

**Список литературы**

1. Справочник по машиностроительным материалам, т. 1, Москва 1959 г.
2. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник, 3 издание, том 1, Москва, 1969 г.
3. Ассонов А.Д., Технология термической обработки деталей автомобиля, Москва, 1958 г.
4. Вяткин Г.П. и др. Машиностроительное черчение. Москва, 1985 г.
5. Решетов Д.Н. Детали машин, 3 издание, Москва 1974 г.
6. Технология металлов и сварка. Под ред. Полухина П.И., Москва 1977 г.
7. Часовников Л.Д. Передачи зацеплением, 2 издание, Москва 1969 г.