

СВОЙСТВА ПРУЖИННЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЗАКАЛКИ, ОТПУСКА И ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

Г. А. Околович, В. И. Левков, Н. С. Баленко

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Упругие элементы изготавливают из углеродистых и легированных пружинных сталей 55С2, 65Г, 50ХФА и др. после термической обработки для повышения предела упругости с разной природой упрочнения:

- 1) закалка на мартенсит и отпуск 350-450^oС;
- 2) изотермическая закалка;
- 3) деформационный наклеп.

После закалки сталь характеризуется высокой плотностью дислокаций и мелкозернистой структурой. Чем меньше зерно, тем выше сопротивлением малым пластическим деформациям.

Окончательные свойства пружин определяются условиями отпуска, в процессе которого реализуются возможности для повышения сопротивления малым пластическим деформациям и всего комплекса прочностных свойств.

Имеется несомненная общность между процессами изменения субструктуры, происходящими при отпуске стали, закаленной на мартенсит, и в стали, подвергнутой пластической деформации. Чтобы в результате был достигнут высокий предел упругости, сталь после мартенситного превращения или деформационного упрочнения должна иметь измельченную субструктуру. Именно поэтому предел упругости деформированной или закаленной стали после отпуска тем выше, чем выше степень пластической деформации или соответственно чем больше объемный эффект и ниже температура превращения при закалке для получения минимального количества остаточного аустенита. Во время отпуска и в закаленной, и в деформированной стали происходят, имеющие между собой много общего процессы изменения исходной субструктуры.

Режим отпуска закаленной стали должен обеспечивать не только достижение опреде-

ленной структуры продуктов превращения мартенсита, но и до-статочно полное превращение остаточного аустенита, отрицательно влияющего на свойства пружинной стали.

Исходя из этого, деформационное упрочнение предпочтительнее закалки с неизбежным появлением остаточного аустенита, т.к. в исходном состоянии в стали отсутствует остаточный аустенит.

Качественная работа двигателей во многом определяется эффективной работой поршневых колец. Одно из направлений – поршневые кольца из легированных пружинных сталей вместо традиционных из чугуна. Для выполнения своих функций кольца должны обладать определенными свойствами:

- сохранять свою форму в пределах всего срока эксплуатации;
- стабильную структуру материала кольца;
- иметь высокую степень релаксации и коррозионную защиту;
- износостойкие рабочие поверхности.

Постоянно возрастающие требования к качеству двигателей внутреннего сгорания, их мощности, экономичности, моторесурсу предполагает не только совершенствование конструкции двигателей и их элементов, но создание новых технологий.

Поэтому технология должна быть достаточно гибкой в части формообразования по сечению кольца, а также создание различных конфигураций по эпюрам радиальных давлений.

Для получения сложного профиля компрессионных колец нами разработана технология волочения проволоки ϕ 5...6 мм из рессорно-пружинной стали 65Г (ГОСТ 14959-79) после патентирования или нормализации.

Предварительное патентирование при-

СВОЙСТВА ПРУЖИННЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЗАКАЛКИ, ОТПУСКА И ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

меняют для получения исходной однородной сорбитной структуры.

Процесс патентирования заключается в нагреве стали до аустенитного состояния и охлаждения в расплавленном свинце или соли до температур, от-вечающих превращению переохлаждению аустенита в структуру тонкопла-стинчатого перлита (сорбита). Такая структура обеспечивает возможность достижения высоких степеней обжата при последующей холодной пластической деформации, т. к. свойства поршневых колец, полученного холодной прокаткой или волочением, зависят от количества цементита, его формы и распределения. Патентирование способствует возникновению очень тонких цементитных пластинок, которые раздробляются, не образуя микротрещин.

Деформационное упрочнение пружинной стали обеспечивает высокий комплекс механических свойств не только после предварительного патентирования, но и после нормализации. Это объясняется тем, что и при охлаждении на воздухе в процессе нормализации полуфабрикатов сравнительно небольшого сечения из стали с повышенным содержанием углерода и, особенно, из низко и среднелегированной, образуется структура тонкопластинчатого сорбита, мало отличающаяся от получаемого при патентировании. Кроме того, применение нормализации вместо патентирования экономически эффективнее. Последующий отпуск вызывает те же субструктурные изменения стали, что и после предварительного патентирования.[1]

Важно, что пружины из нормализованной стали 65Г после деформации и отпуска имеют существенно большую усталостную прочность, чем после обычной термической обработки.

Стальные уплотнительные (компрессионные) кольца изготавливают из нормализованной пружинной проволоки 65 Г после холодной пластической деформации ($\epsilon = 50-70\%$) при протягивании проволоки через профильные волочильные ролики. После чего выполняют отпуск при температуре 500°C в течение часа для залечивания деформационных дефектов и повышения пластичности стали. Затем производят навивку профиля на

оправку с натяжением и последующий термо-стабилизационный отпуск при температуре 550°C, 1 час для динамического старения под нагрузкой, протекания полигонизации и повышения механических свойств деформационной структуры.

Главным достоинством динамического старения (или отпуска под нагрузкой) является то, что структурное и напряженное состояние оказывается таким, каким оно будет в условиях эксплуатации.

Упрочнение при пластической деформации является результатом роста плотности дислокаций, генерируемых от межфазных поверхностей феррит-цементит и образующих ячеистую субструктуру феррита, стабилизируемого пластинками цементита.

Помимо этих изменений структуры, под действием пластической деформации происходит частичный распад цементита, поскольку энергия связи атомов углерода с дислокациями больше, чем их связи с атомами железа в решетке цементита. Этот эффект сказывается на росте упрочнения и в то же время улучшает пластичность. Упрочнение происходит в результате закрепления подвижных дислокаций атомами примесей в дислокационных стенках, возникающих при полигонизации деформируемого металла. Так как для надежной работы упругих элементов в условиях длительного статистического и динамического нагружения режим отпуска, помимо высокого предела упругости, должен обеспечивать определенный уровень пластичности и вязкости при повышенном сопротивлении хрупкому разрушению.

Таким образом, во время нагрева до 550°C и выдержки, развиваются процессы полигонизации –упорядочение субструктуры, определяющей структурную стабильность и долговечность в эксплуатации. Кроме того, достигается повышение предела текучести, упругости и выносливости, а также пластичности.[2]

В то же время, сохранение упругости колец, определяющее эксплуатационную надежность двигателя, имеет гораздо большее значение, чем их поведение при износе. Исключение представляют только стальные кольца, которым упругость была придана в

результате холодной пластической деформации.

Сравнительные исследования структуры поршневых колец из стали 65Г полученного профиля после изотермической закалки и деформационного упрочнения при волочении.

1. После деформационного упрочнения и закалки от 830°С с изотермической выдержкой при 550°С, 30 мин. Структура соответствует сорбито-трооститной. Твёрдость составила 256 HV=20–26 HRC.

2. После деформационного упрочнения и термофиксации при 550°С, 1–ч. структура также соответствует троостито-сорбитной, но с более высокой твёрдостью 289 HV=24–30 HRC.

Выводы:

1. Деформационное упрочнение пружинной стали обеспечивает высокий комплекс механических свойств не только после предварительного патентирования, но и после нормализации. Это объясняется тем, что и при охлаждении на воздухе в процессе нормализации деталей сравнительно небольшого сечения образуется структура тонкопластинчатого сорбита, мало отличающаяся от структуры стали после патентирования.

Список литературы:

1. Рахштадт А.Г., Пружинные стали и сплавы./А.Г. Рахштадт – М.: Металлургия, 1971, 495 с.

2. Богатов А.А., Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. /А.А. Богатов, О.И. Митирицкий, С.В. Смирнов. – Металлургия, 1984, 413 с.