

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ. ОТЖИГ СТАЛИ

Е.А. Нестеренко

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

Термической обработкой называют процессы, связанные с нагревом и охлаждением, вызывающие изменения внутреннего строения сплава, и в связи с этим изменения физических, механических и других свойств.

Термической обработке подвергают полуфабрикаты (заготовки, поковки, штамповки и т.п.) для улучшения структуры, снижения твердости, улучшение обрабатываемости, и окончательно изготовленные детали и инструмент для придания им требуемых свойств.

В результате термической обработки свойства сплавов могут меняться в очень широких пределах. Возможность значительного повышения механических свойств с помощью термической обработки по сравнению с исходным состоянием позволяет увеличить допускаемые напряжения, а также уменьшить размеры и вес детали.

Основными видами термической обработки стали являются отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

Отжигом называют нагрев стали до одной из температур: немного выше A_{c3} или A_{c1} , немного ниже A_{c1} , выдержку при этих температурах и последующее охлаждение медленное, равномерное, или с промежуточными остановками при определенных температурах (ступенчатое охлаждение).

Назначение отжига – снижение твердости, измельчение зерна (перекристаллизация), улучшение обрабатываемости, повышение пластичности и вязкости, снятие внутренних напряжений, устранение или уменьшение структурной неоднородности, подготовка к последующей термической обработке. На результат отжига влияют следующие факторы:

- 1) скорость нагрева;
- 2) температура нагрева (отжига);
- 3) продолжительность выдержки при температуре нагрева (отжига);
- 4) скорость нагрева.

Допустимая скорость нагрева зависит от химического состава стали. Чем больше в стали углерода и специальных примесей, тем менее она теплопроводна и, следовательно, тем медленнее следует ее нагревать.

Температура нагрева устанавливают в зависимости от содержания углерода и специальных элементов.

Время выдержки зависит от массивности детали (толщины), исходной структуры, химического состава стали. Чем больше деталь или масса, чем крупнее зерно исходной структуры, тем длительнее должна быть выдержка. Время выдержки при температуре отжига должно быть достаточным для полного прогрева всей массы деталей до заданной температуры, окончания всех превращений в стали и получения однородного аустенита, так как образующийся при перлитно-аустенитном превращении аустенит получается неоднородным по концентрации углерода.

На скорость перлитно-аустенитного превращения влияют также форма и размер зерен цементита. Самое быстрое превращение присуще пластичному перлиту, медленнее протекает превращение при наличии мелкозернистого цементита и самое медленное – при крупнозернистом цементите. Рост зерна аустенита при повышении температуры после перехода через критическую точку A_{c1} даже для сталей с одинаковым химическим составом происходит по-разному. У одних сталей он начинается при небольшом превышении критической точки A_{c1} . У других мелкое зерно аустенита сохраняется при нагреве до значительно более высоких температур (900 - 950°C).

Скорость охлаждения при отжиге имеет большое значение в интервале температур $A_{r3} - A_{r1}$, при которых образуется избыточная фаза; в доэвтектоидных сталях – феррит. С увеличением скорости в этом интервале структура стали получается более мелкой. Так как интервал $A_{r3} - A_{r1}$, тем больше, чем меньше содержание углерода в стали, то низкоуглеродистые стали необходимо охлаждать при отжиге быстрее, чем среднеуглеродистые. Для низкоуглеродистых сталей практически выгоднее применять нормализацию (охлаждение на воздухе), чем отжиг.

В зависимости от условий проведения и предъявляемых требований отжиг делят на полный, неполный, изометрический, низкотемпературный, выравнивающий (гомогенизация).

Полный отжиг характеризуется нагревом на 20 – 30 градусов выше температуры интервала превращений и медленным охлаждением до температуры ниже интервала превращений. Полному отжигу подвергают доэ-

тектоидные и эвтектоидную стали. Для заэвтектоидных сталей целесообразным и практически применимым является неполный отжиг. Полный отжиг применяют для перекристаллизации структуры в горячедеформированных сталях и фасонном литье. В результате отжига измельчается зерно и получается равномерное распределение феррита и перлита. Отжиг горячедеформированной стали снижает прочность и повышает пластичность. Отжиг фасонного литья отличается от отжига горячекатаных сталей более высокой температурой, в 1,5 – 2 раза более длительной выдержкой и более медленными нагревом и охлаждением. Если исходная структура трудно поддается исправлению и полный отжиг не в состоянии улучшить структуру стали, то применяют двойной отжиг.

Неполный отжиг характеризуется нагревом до одной из температур в интервале превращений, т.е. для доэвтектоидных сталей между критическими точками A_{c3} и A_{c1} , а для заэвтектоидных между A_{c3} и A_{cm} . Неполный отжиг применяют преимущественно для заэвтектоидной стали. Неполный отжиг доэвтектоидных сталей применяют для поковок, горячая обработка давлением которых проведена правильно с получением удовлетворительной микроструктуры. В этом случае назначением неполного отжига является перекристаллизация перлита и снятие внутренних напряжений перед механической обработкой.

При изометрическом отжиге аустенит превращается в феррито-цементитную смесь не при охлаждении в определенном интервале температур, как это происходит при обычном полном отжиге, а во время выдержки при постоянной температуре. Для изометрического отжига сталь нагревают до оптимальной температуры и после выдержки быстро охлаждают до температуры немного ниже критической точки A_{r1} (650 – 700°C). При этой температуре сталь выдерживают до полного распада аустенита, а затем охлаждают на воздухе. Преимуществом изотермического отжига по сравнению с обычным является значительное сокращение времени отжига и получение более однородной структуры. Температура изотермической выдержки значительно влияет на получающуюся структуру и свойства. С понижением температуры, т.е. с увеличением степени переохлаждения ау-

стенита, зерна цементита измельчаются, и получается более дисперсный перлит.

Низкотемпературный отжиг применяют для легированных сталей для снятия внутренних напряжений и для снижения твердости. Фазовая перекристаллизация при этом виде отжига отсутствует. Полного снятия внутренних напряжений достигают при нагреве до 600°C, поэтому низкотемпературный отжиг можно проводить в температурном интервале от 600°C до A_{c1} . выдержка для снятия внутренних напряжений тем меньше, чем выше температура нагрева. Охлаждение после нагрева должно быть достаточно медленным, чтобы вновь не возникли внутренние напряжения.

Диффузионный отжиг характеризуется нагревом до температуры значительно выше температур выше температур интервала превращений с последующим медленным охлаждением. Такой отжиг применяют для выравнивания химической неоднородности зерен твердого раствора путем диффузии, т.е. уменьшения микроликвации в крупных фасонных стальных отливках и слитках, главным образом легированной стали. Диффузионный отжиг в связи с назначением его сделать сталь однородной иначе называется гомогенизацией. Так как скорость диффузии увеличивается с повышением температуры, а количества продиффундированного вещества становится тем больше, чем длительнее выдержка, то для энергичного протекания диффузии необходимы высокая температура и продолжительная выдержка. В результате высокотемпературного длительного отжига происходит рост зерна. Этот недостаток микроструктуры устраняют тем, что слитки подвергают горячей механической обработке, в результате которой полностью уничтожается крупнозернистая структура литой стали; поэтому после гомогенизации слитки не подвергают отжигу для улучшения структуры. Только в тех случаях, когда после гомогенизации слитки получают с повышенной твердостью, проводят дополнительный низкотемпературный отжиг при 650 – 680°C.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Металловедение. – изд-во «Металлургия». Москва, 1969. – 456с.