

## **Термомеханическая обработка аустенитных сталей**

**Ивашенко С. А., д. т. н., профессор**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

Аннотация.

В статье описана сущность термомеханической обработки и описаны методы термомеханической обработки аустенитных сталей.

Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) заключается в совмещении пластической деформации, проводимой при температуре выше температурного порога рекристаллизации, с последующей закалкой, исключая интенсивное развитие процесса рекристаллизации. Для большинства аустенитных сталей и сплавов ВТМО включает, нагрев до температуры 1100...1200 °С для гомогенизации твердого раствора, подстуживание до температуры 1000...1100 °С и деформацию со степенями обжатия порядка 20...30 % и скоростями 1...10 л/с, и охлаждение в воде с последующим старением.

Благоприятное влияние ВТМО на механические свойства деталей из аустенитных сталей связано с образованием фрагментированной структуры, появлением зубчатого строения границ зерен, увеличением количества упрочняющих фаз, выделяющихся при старении, и изменением характера их распределения.

Специфика образующихся при ВТМО структур объясняется особенностями механизма высокотемпературной деформации. Пластическая деформация в интервале температур 1000...1200 °С, проводимая со скоростями, которые применяются при обработке металлов давлением, осуществляется обычным дислокационно-сдвиговым механизмом. При этом происходит интенсивное перераспределение дислокаций, возникающих в ходе развития деформации. Считается, что процесс перераспределения дислокаций происходит как путем их неконсервативного движения, так и (в некоторых случаях) путем поперечного скольжения [5].

Низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО) деталей из аустенитных сталей и сплавов заключается в пластической

деформации предварительно гомогенизированного твердого раствора при температурах ниже температурного порога рекристаллизации. При пластической деформации упрочнение происходит не только в результате наклепа, но и в результате  $\gamma \rightarrow \epsilon$  и  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращений [1, 2]. Сущность механико-термической обработки (МТО), предложенной И. А. Одингом с сотрудниками, заключается в небольшой деформации, проводимой при температурах, не превышающих температурного порога рекристаллизации, и последующем полигонизационном отжиге. С помощью пластической деформации, которая может осуществляться как в условиях активного нагружения, так и в условиях ползучести, в материале создается определенная плотность дислокаций. Во время отжига происходит перераспределение дислокаций с образованием полигональных структур, а также закрепление образовавшихся дислокационных сеток примесными атомами и мелкодисперсными частицами выделяющихся фаз. МТО способствует значительному повышению жаропрочных свойств.

Эффект МТО определяется условиями проведения деформации и режимом полигонизационного отжига. При этом определяющим фактором является степень пластической деформации, поскольку она обуславливает получение в структуре необходимой плотности дислокаций. Для каждого сплава существует своя оптимальная степень деформации при МТО. Кроме того, при МТО имеет значение вид пластической деформации (активное нагружение или ползучесть), способ ее осуществления (деформация растяжения более благоприятна, чем прокатка). Это объясняется тем, что при растяжении деформация распределяется по объему более однородно, чем при прокатке.

При прокатке более эффективной является дробная механико-термическая обработка (ДМТО). При таком методе упрочнения деформация осуществляется в несколько проходов, чередующихся с промежуточными отжигами. Особенно благоприятное влияние ДМТО оказывает при больших базах испытания. Во время первых проходов пластическая деформация локализуется главным образом в поверхностных объемах заготовки. Промежуточные отжиги приводят к закреплению дислокаций, способствуют упрочнению этих объемов. Поэтому при последующей прокатке пластической деформации подвергаются новые малоупрочненные объемы металла. Дробная про-

катка стали типа 18-8 при температуре 20 °С дает значительно большее упрочнение, чем прокатка за один проход. Так, после обжатия (60 % за один проход) сталь приобретает предел прочности  $\sigma_B = 1120$  МПа, в то время как дробная прокатка с тем же суммарным обжатием повышает  $\sigma_B$  до 1440 МПа. Это объясняется влиянием так называемого теплового фактора [3]. Большие степени обжатия способствуют выделению значительного количества тепла в процессе пластической деформации и, как следствие этого, приводят к получению меньшего количества мартенсита. Авторами работы [4] установлено, что применение высокотемпературного старения при температуре 477...527 °С деформированных при низкой температуре образцов способствует дополнительному повышению прочностных свойств как за счет перераспределения дефектов (дислокационных скоплений) на границах зерен аустенита, так и за счет старения мартенсита.

### Список использованных источников

1. Григоркин, В. И. Влияние температуры пластической деформации на структурные изменения стали 1X18H9T / В. И. Григорин // Изв. Вузов. Черная металлургия. – 1964. – № 8. – С. 135–141.
2. Гуляев, А. П. Влияние деформации при низких температурах на фазовые превращения и свойства аустенитной стали 1X18H9T / А. П. Гуляев, И. В. Черненко // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1957. – № 5. – С. 2–7.
3. Кабанов, Ю. Н. Технология термо-механического упрочнения стали при прокате и прессовании / Ю. Н. Кабанов [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1964. – № 2. – С. 55–58.
4. Камышанченко, Н. В. Влияние механико-термической обработки на прочностные свойства стали 08X18H10T / Н. В. Камышанченко [и др.] // Энергомашиностроение. – 1981. – № 10. – С. 23–25.
5. Соколов, Е. Н. Высокотемпературная термомеханическая обработка металлов и сплавов / Е. Н. Соколов, В. Д. Садовский // Физика металлов и металловедения. – 1965. – Т. 19, вып. 2. – С. 226–240.