

требность в запасных частях, потери времени и затраты на ремонт оборудования, повысить общую производительность труда, а также обеспечит экономию ресурсов не менее чем на 100 млрд. рублей за небольшой промежуток времени.

УДК 621.785

Химико-термическая обработки конструкционных сталей

Студенты гр. 104210 Кривальцевич С.А., Коротков А.С.
Научный руководитель Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Изобретение относится к области металлургии, в частности к способам химико-термической обработки деталей из конструкционных теплопрочных сталей, зубчатых колес, валов, пар трения и других деталей, работоспособных при нагреве в зоне контакта до 500°C.

Способ химико-термической обработки деталей из конструкционных сталей, состоящий из цементации при 900-920°C, отпуска при 650°C в течение 5 часов, закалки с температуры 780-900°C в масле, обработки холодом -70°C в течение 2 часов, отпуска при 160-350°C. При этом твердость цементованного слоя составляет 58-60 HRC.

Уменьшается концентрация углерода в мартенсите при низкотемпературном отпуске, что приводит к снижению твердости слоя, т.е. разупрочнению. Детали могут быть использованы при рабочих температурах 150-300°C. В зоне контакта до 450-500°C идет резкое снижение твердости цементованного слоя до 50-54 HRC вместо ≥ 60 HRC, резкое снижение контактной долговечности и усталостной прочности при изгибе $\sigma_{-1} = 590-690$ МПа.

Известен способ термообработки вторичнотвердеющих быстрорежущих сталей, заключающийся в закалке от высоких температур 1240-1280°C в масле, обработке холодом и трехкратном отпуске при 530-560°C.

Способ не может обеспечить высокую ударную вязкость в комплексе с максимальной твердостью, что может быть обеспечено только на высоконикелевой теплостойкой вторичнотвердеющей стали. Этот способ термообработки пригоден только для безникелевых инструментальных сталей.

Никель и марганец во вторичнотвердеющей инструментальной стали считается вредной примесью, так как увеличивает устойчивость остаточного аустенита до такой степени, что он не превращается в мартенсит после трехкратного отпуска при 560-600°C, тем самым не обеспечивается максимальный уровень вторичного твердения. Для получения, кроме прочих свойств, высокой ударной вязкости необходимо использование стали со значительным количеством никеля, для которой требуется другая последовательность операций.

Последующая обработка холодом при -70°C формирует в слое неоднородную структуру - крупноигльчатый мартенсит различной травимости и остаточный аустенит, что приводит к возникновению в слое неблагоприятных растягивающих напряжений вместо сжимающих $\sigma_{ост} - 290--490$ МПа.

Недостатком способа является характер остаточных напряжений, создающихся в цементованном слое при непосредственном после закалки охлаждении до температуры ниже нуля, что резко снижает ударную вязкость цементованного слоя и усталостную прочность при изгибе.

Технической задачей предлагаемого изобретения является создание способа химико-термической обработки деталей из конструкционных сталей, обладающих повышенной усталостной прочностью при изгибе, контактной долговечностью и ударной вязкостью цементованного слоя, что обеспечит увеличение ресурса работы изделий.

Поставленная задача достигается тем, что предложен способ химико-термической обработки деталей из конструкционных сталей, включающий цементацию, закалку, промежу-

точный отпуск, обработку холодом и окончательный отпуск, отличающийся тем, что цементацию проводят при 920-940°C, после которой дополнительно проводят высокотемпературный отпуск при 640-680°C и закалку при температуре 980-1000°C, а промежуточный отпуск осуществляют при температуре 500-520°C по крайней мере два раза.

Установлено, что при отпусках дисперсионного твердения из остаточного аустенита выделяются специальные карбиды, а из мартенсита – легированный цементит. Следовательно, для получения высокой твердости и теплопрочности необходимо после закалки получить большое количество остаточного аустенита, а затем в процессе промежуточных отпусков 500 – 520°C выделить спецкарбиды, затем провести обработку холодом и окончательный отпуск. Таким образом, установленные закономерности вторичного твердения конструкционной стали привели к необходимости построения нового цикла термообработки.

Цементация конструкционных сталей проводится при 920-940°C. При этой температуре обеспечивается наиболее оптимальная для конструкционных сталей концентрация углерода в поверхностном диффузионном слое 1,3-1,5%, максимальная твердость $\geq 60\text{HRC}$ и глубина насыщенной карбидной зоны $\sim 0,25-0,35$ мм сумма карбидных фаз 15-20%.

Получение в цементованном слое большого количества карбидной фазы приводит к блокирующему влиянию на сдвиги при пластической деформации, в результате чего повышается усталостная прочность и контактная долговечность обрабатываемых деталей.

Повышение температуры цементации $\sim 1000^\circ\text{C}$ приводит к увеличению предела растворимости углерода в аустените. При этом скорость диффузии растет быстрее, чем скорость поверхностной адсорбции и на поверхности формируется незначительное количество карбидной фазы 5% вместо 15-20%.

После цементации проводится операция высокотемпературного отпуска при 640-680°C, которая сопровождается образованием большого количества карбидов, что приводит к обеднению твердого раствора углеродом и легирующими элементами и обеспечивает более благоприятную исходную структуру для получения равномерного распределения аустенита после закалки и устраняет наследственную устойчивость аустенита.

При последующей закалке при 980-1000°C в цементованном слое стали образуется большое количество остаточного аустенита $\sim 70\%$. В процессе промежуточных отпусков при 500-520°C протекает мартенситное превращение и выделение из аустенита большого количества высокодисперсных частиц спецкарбидов Me_{23}C_6 , M_6C , легированных Mo, W, V, которые, увеличивая энергию связи атомов в карбидах, повышают их устойчивость против коагуляции, в результате чего повышается твердость 57-60 HRC, теплопрочность до 500°C, контактная долговечность и усталостная прочность обрабатываемых деталей.

Обработка холодом повышает твердость до требуемых значений 61-63 HRC, обеспечивая более полное превращение остаточного аустенита в мартенсит. Применение обработки холодом после промежуточных отпусков дисперсионного твердения позволяет существенно повысить твердость цементованного слоя $\sim 3-4$ ед. HRC с одновременным повышением усталостной прочности, контактной долговечности при обеспечении высокой ударной вязкости цементованного слоя. Окончательный, после обработки холодом, отпуск проводится с целью отпуска мартенсита, образующегося в процессе предварительных обработок.