

## ОСОБЕННОСТИ ВАКУУМНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

*Иванов А.И., Вейник В.А.*

*Белорусский национальный технический университет*

Быстрорежущие стали предназначены для изготовления инструментов (резцов, сверл, фрез), работающих при высоких скоростях резания. По сравнению с инструментальными сталями, быстрорежущие стали обеспечивают большие скорости резания, при этом стойкость режущей кромки возрастает в 10-30 раз (теплостойкость быстрорежущих сталей составляет порядка 500-600°C) [1]. Цель термической обработки быстрорежущих сталей – создание в стали определенной структуры, обеспечивающей такие физико-механические свойства, в которых имеется необходимость во время эксплуатации данного инструмента.

В настоящее время всё большее применение получает термическая обработка быстрорежущих сталей в вакууме, которая постепенно вытесняет «классическую» для таких сталей закалку в соляных ваннах закалку

Основные преимущества термообработки быстрорежущих сталей в вакуумных печах:

- отсутствие обезуглероженного слоя;
- уменьшение деформаций;
- высокая стабильность свойств обрабатываемых деталей от партии к партии;
- отсутствие загрязнений окружающей среды и улучшение условий труда;
- упрощение контроля и управления технологическим процессом.

Термическая обработка инструмента из быстрорежущей стали в основном проводится в однокамерных горизонтальных вакуумных печах с закалкой в потоке инертного газа, в том числе под избыточным давлением.

Термическая обработка в вакууме полностью защищает от окисления и обезуглероживания поверхность изделия и вызывает дегазацию садки. Прежде чем начинать предварительное нагревание и аустенизацию, целесообразно вакуумировать садку с деталями до  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  мбар, что позволяет удалить оксидные пленки и защитить поверхность заготовок. Затем следует многоступенчатый нагрев. Первую ступень подогрева для инструмента из быстрорежущей стали рекомендуется проводить при 850°C. При этом длительность выдержки должна обеспечивать выравнивание температуры сердцевины и поверхности инструмента, а также нагревателей. Время выдержки при первом подогреве в 2 раза превышает время выдержки при аустенизации. Первый подогрев инструмента из быстрорежущей стали до 850°C и последующая выдержка при этой температуре осуществляется с целью уменьшения напряжений и сокращения времени нагрева при высоких температурах. Вторую ступень нагрева при 1050°C для инструмента из быстрорежущей стали необходимо использовать в случаях – для плотноупакованной садки из изделий малых размеров или для термической обработки изделий с поперечным сечением более 20 мм. Кроме того, инструментальные стали претерпевают объемные изменения при переходе от отожженной микроструктуры (в состоянии поставки) к аустениту в ходе разогрева. При нагреве в соляных ваннах возникают неоднородные объемные превращения, возможны неконтролируемые деформации, особенно в случае деталей переменного поперечного сечения. При нагреве в вакуумных электропечах подобного явления можно избежать. Крупногабаритный инструмент переменного поперечного сечения в этом случае дополнительно подогревают при температуре 400-500°C.

Далее протекает процесс аустенизации. Его цель – обеспечение полного или частичного растворения карбидных частиц с последующей диффузией легирующих элементов в железной матрице. Разные типы карбидов растворяются с разной скоростью,

в зависимости от температуры. Таким образом, подбор температуры аустенизации определяется, главным образом, составом инструментальной стали. Кроме того, температура аустенизации может слегка варьироваться для получения необходимых механических свойств инструмента.

Условия аустенизации в вакуумной печи отличаются от условий аустенизации в соляных ваннах. Медленный и равномерный нагрев в вакуумных печах создает благоприятные условия для более полного растворения первичных карбидов и повышения легированности аустенита, при этом верхний предел закалочных температур можно понизить на 20–40°C и на 15–20% уменьшить разноструктурность в структуре быстрорежущей стали по сравнению с нагревом в соляной ванне. Продолжительность аустенизации в вакуумных печах, как правило, не превышает 25 минут в зависимости от поперечного сечения и плотности упаковки садки (выдержка выбирается из расчета 40–60 секунд на 1 мм сечения). Если инструмент нагревается в специальных приспособлениях, то время увеличивают на 15–20%. При аустенизации не рекомендуется высокий вакуум, так как это может привести к испарению отдельных компонентов стали. Парциальное давление паров компонентов является значительным при термической обработке в обычном интервале температур. Давление паров таких компонентов, как Mn, Cr, Co при 1000°C составляет  $10^{-2}$ – $10^{-4}$  мбар, что совпадает с используемыми в практике значениями давления вакуумных устройств. В таких условиях приходится считаться с возможностью испарения отдельных компонентов или при более высоких температурах сохранять вакуум в диапазоне 0,1–1 мбар.

Структура закаленной быстрорежущей стали представляет собой мартенсит, остаточный аустенит (до 30%) и первичные карбиды. Остаточный аустенит резко ухудшает режущие свойства стали. Последующий отпуск трехкратный отпуск (560°C в течение часа) закаленного инструмента позволяет уменьшить его количество до 2–3 %.

При термической обработке быстрорежущих сталей также широко применяют обработку холодом. Закаленную сталь охлаждают до температур ниже точки конца мартенситного превращения этой стали (приблизительно от минус 80 до минус 100°C). После обработки холодом, для снятия внутренних напряжений сталь подвергают однократному отпуску при температуре 560°C в течение часа. Обработку холодом следует проводить сразу после закалки, иначе произойдет стабилизация остаточного аустенита и последующий процесс трансформации будет либо затруднен, либо невозможен.

Возможно применение изотермической закалки, которая позволяет существенно уменьшить геометрические изменения деталей и возможность появления трещин. Аустенитная фаза в интервале температур 625–350°C чрезвычайно устойчива и в течение длительного времени не претерпевает изменений. Выдержка при охлаждении в этом интервале температур не изменяет положение точки начала мартенситного превращения и при последующем охлаждении устойчивость аустенита не отличается от обычной. Это обстоятельство позволяет проводить ступенчатую изотермическую закалку. При этой закалке удается устранить возникшие ранее тепловые напряжения к моменту превращения аустенита, вследствие неравномерного охлаждения изделий по сечению, а резкое бездиффузионное мартенситное превращение заменяется более медленным диффузионным превращением в игольчатый троостит и частично в мартенсит.

Скорость нагрева и охлаждения от температуры отпуска обычно не критичны. Ожидаемый уровень твердости после отпуска составляет 64–65 HRC [2].

#### **Список использованных источников**

##### **1. ГОСТ 19265-73**

Артигер И. Инструментальные стали и их термическая обработка. Справочник. – М.: Металлургия, 1982. – 312 с.