

УДК 621.785

### **Термообработка быстрорежущих сталей в вакуумных печах**

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.  
Научный руководитель – Вейник В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Быстрорежущие стали содержат 0,7–1,5% С, до 18% W, являющегося основным легирующим элементом, до 4,5% Cr, до 5% Mo, до 10% Co. Эти стали предназначены для изготовления инструментов (резцов, сверл, фрез), работающих при высоких скоростях резания. По сравнению с инструментальными сталями, не отличающимися высокой теплостойкостью, 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 состоит в том, чтобы создать в стали определенного состава структуру, обеспечивающую такие физико-механические свойства, в которых имеется необходимость во время эксплуатации данного инструмента.

Основные преимущества термообработки быстрорежущих сталей в вакуумных печах:

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

В настоящее время термическая обработка инструмента из быстрорежущей стали осуществляется в основном в однокамерных горизонтальных вакуумных печах с закалкой в потоке инертного газа, в том числе под избыточным давлением.

Процесс термообработки инструментальных сталей в вакуумных печах начинается с многоступенчатого нагрева. Для инструмента из низколегированной стали рекомендуется двухступенчатый нагрев, для быстрорежущего инструмента – трехступенчатый, а для крупногабаритного инструмента или инструмента переменного поперечного сечения – четырехступенчатый. Медленный прогрев с необходимым количеством ступеней дает определенные преимущества. Большая часть инструментальных сталей чувствительна к тепловым ударам из-за низкой теплопроводности. Уменьшение термических градиентов снижает склонность сталей к растрескиванию.

Для большинства инструментальных сталей следует подбирать температуру предварительного разогрева, чуть ниже критической температуры превращения материала ( $A_{c1}$ ), и выдерживать по времени столько, чтобы по всему поперечному сечению достигалась однородность температуры.

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 бо-

лее 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.

Цель аустенизации – 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 с учетом конкретных применений. Медленный нагрев в вакуумных печах создает благоприятные условия для более полного растворения первичных карбидов и получения высоколегированного аустенита, что позволяет на 15–20% уменьшить разнородность в микроструктуре быстрорежущей стали по сравнению с нагревом в соляной ванне.

После достижения необходимого перераспределения легирующих элементов в ходе аустенизации, инструментальную сталь следует быстро охлаждать со скоростью выше  $v_{кр}$  для обеспечения мартенситного превращения. Большинство инструментальных сталей, как правило, приобретают мартенситную структуру в температурном интервале 315 – 95°C. Независимо от способа охлаждения инструментальных сталей, конечная мартенситная структура чрезвычайно хрупка и напряжена. Сталь может содержать нерастворенные избыточные карбиды и остаточный аустенит в заметных количествах. Присутствие в структуре инструментальной стали остаточного аустенита нежелательно, так как он ухудшает механические свойства и нарушает стабильность геометрических размеров инструмента.

Использование инструментальной стали в таком состоянии создает существенный риск порчи инструмента. Поэтому сразу же после окончания охлаждения инструментальных сталей каким-либо способом до температуры 65°C следует проводить «немедленный отпуск», как правило, не позднее чем через 15–30 минут.

После закалки проводится отпуск как для снятия напряжений в хрупком мартенсите, образующемся в ходе закалки, так и для уменьшения содержания остаточного аустенита. Большинство инструментальных сталей имеют достаточно широкую область температур отпуска. Рекомендуется использовать наивысшую температуру отпуска, которая обеспечивает необходимую твердость инструмента. Скорость нагрева и охлаждения от температуры отпуска обычно не критичны.

Многokратный отпуск типичен для многих сложнолегированных инструментальных сталей. Они требуют двух- и даже трехкратного отпуска для полного перехода остаточного аустенита в мартенсит, а также максимального снятия внутренних напряжений, возникших при закалке. Эти стали достигают максимальной твердости уже после первого отпуска и именуется вторично-упрочняемыми сталями. Однако однократный отпуск не обеспечивает эффективного превращения всего остаточного аустенита в мартенсит. Цель второго или третьего отпуска – интенсификация этого превращения, а также понижение твердости до необходимого рабочего уровня [2].

#### Список использованных источников

1. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия: ГОСТ 19265-73. – Введ. 01.01.1975. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 28 с.
2. Шулаев, В.М. Особенности технологии термической обработки инструментальных сталей в вакуумных электропечах / В.М. Шулаев, В.Ю. Жорняк, Д.А. Листопад // Оборудование и инструмент для профессионалов: Серия металлообработка. –2013. – № 2. – С. 44 – 47.