

Характер упрочнения инструментальных сталей при термоциклической обработке

Студенты группы 10401119 Шматова А.А., Греков К.К.

Научный руководитель – Стефанович В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Уровень развития современной техники характеризуется высокой интенсивностью эксплуатации инструментов и широким применением специальных труднообрабатываемых сплавов. Особо актуальна проблема повышения стойкости тонких, мелкогабаритных, длинномерных и ударных инструментов с малым ресурсом работы, поскольку любое значительное повышение твердости и прочности сталей закономерно увеличивает их хрупкость. Поэтому вопрос создания новых материалов с композиционными структурами, в которых оптимально сочетаются взаимно противоположные критерии прочности и надежности. С помощью упрочняющей обработки можно сформировать такие композиционные структуры. Наиболее перспективными из них считаются нанокompозитные, градиентные, дискретные и мозаично-дискретные.

Наибольший научный и практический интерес в этом плане представляет простой и производительный способ упрочняющей термоциклической обработки (УТЦО), который повышает взаимно противоположные свойства сталей: прочность (твердость) наряду с вязкостью разрушения [1–4]. Однако вопросы, связанные с изучением научных основ упрочнения инструментальных сталей при УТЦО, мало изучены. В данной работе мы рассмотрим результаты исследований инструментальных сталей при УТЦО.

В результате изучения влияния параметров процессов УТЦО на механические свойства сталей Р18, Р6М5, У8, установлен новый детерминированный по времени эффект упрочнения инструментальных сталей при циклической смене быстро повторяющихся твердофазных превращений материала и создания большого градиента температур (450–550 °С) [1–4]. Это означает, что свойства сталей повышаются только в начальный период циклической обработки, например, для сталей Р18, Р6М5 при проведении 3–5 термоциклов, для стали У8 при 4–6 термоциклах; а затем с увеличением времени процесса рабочие характеристики сталей снижаются из-за деградации их структуры.

На основании оптимизации и компьютерного проектирования процессов УТЦО инструментальных сталей Р18, Р6М5 и У8 с помощью синтез-технологий определены оптимальные температурно-временные режимы [1–4]. В результате достигнуто, по сравнению с традиционной термообработкой, увеличение предела прочности при изгибе стали Р6М5 с 3200 МПа до 4200 МПа (на 31 %), стали Р18 с 4100 МПа до 6400 МПа (на 56 %), стали У8 с 2900 МПа до 4300 МПа (на 48 %) наряду с повышением ударной вязкости стали Р6М5 от 0,49 МДж/м² до 0,60 МДж/м² (на 22 %), стали Р18 от 0,44 Дж/м² до 0,55 МДж/м² (на 25 %), стали У8 от 0,2 МДж/м² до 2,6 МДж/м² (в 13 раз) при подъеме твердости сталей Р6М5, Р18 на 1-2 единицы (HRC 65-67) и сохранении прежней твердости (HRC 59-60) стали У8. Отмечено, что УТЦО обеспечивает синергизм взаимно противоположных свойств инструментальных сталей: их прочности и вязкости разрушения.

Структурные исследования. Научно и экспериментально доказано, что наибольший эффект упрочнения быстрорежущих и штамповых сталей при УТЦО создается благодаря максимальному дроблению зерен (субзерен) и снижению содержания остаточного аустенита; образованию бесструктурного мартенсита; из-за сфероидизации и измельчения вторичных карбидных частиц; значительного увеличения доли дисперсных карбидов и их равномерного распределения в матрице; а также за счет высокого насыщения легирующими элементами дисперсных карбидов и матрицы, поднимая уровень структурных напряжений в кристаллической решетке [1–4]. При этом реализуются известные механизмы упрочнения и выполняются все

условия формирования композиционных структур, обеспечивающих синергизм критериев прочности и надежности.

Исследования показали, что от поверхности к сердцевине образцов из сталей P18 и У8 их твердость снижается, и в изломе доля вязкой составляющей, имеющей ямочный характер, направленно увеличивается. Также формируется композитная структура, в которой зерна (субзерна) имеют значительный разброс по содержанию легирующих элементов W, V, С и др. с гораздо большим диапазоном изменения твердости, чем при традиционной термообработке.

Таким образом, согласно классификации [5, 6] при УТЦО формируются два типа композиционных структур: функционально-градиентная структура, в которой микроэлементы (зерна) направленно меняют свои свойства, а именно, от поверхности к сердцевине снижается их твердость и хрупкость; мозаично-дискретная структура матрицы, состоящая из оптимально чередующихся микро- и мезоэлементов (зерен и субзерен размером более 100 нм) с разным содержанием элементов и уровнем твердости.

В подведении итогов, можно сделать заключение, что высокоэффективный процесс упрочняющей термоциклической обработки инструментальных сталей с использованием стандартного термического оборудования, который позволяет повысить стойкость различных видов стальных инструментов в 1,4-12 раз выше по сравнению со стандартно термообработанными.

Список использованных источников

1. Проектирование процесса термоциклической обработки стали Р6М5 с помощью компьютерных синтез – технологий // А.А. Шматов [и др.]: Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. 2009. № 8. С. 19–25.
2. Исследование и компьютерное проектирование процесса улучшающей термоциклической обработки стали У8 // А.А. Шматов [и др.]: Вест. Брест. гос. тех. ун-та. Сер. Машиностроение. 2009. № 4. С. 53–58.
3. Оптимизация и компьютерное проектирование термоциклической обработки быстрорежущей стали Р18 // А.А. Шматов [и др.]: Вест. Белорус. нац. тех. ун-та. Сер. Машиностроение. 2009. № 6. С. 20–25.
4. Шматов А.А. Окончательная термоциклическая термообработка быстрорежущих сталей // Порош. металлургия. 2007. № 30. С. 309-316.
5. Шматов А.А. Формирование композиционной структуры при термогидрохимической обработке твердого сплава // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 2. С. 33–40.
6. Шматов А.А., Жавнерко Г.К., Лисовская Ю.О. Формирование композиционной структуры при термогидрохимической обработке стали // Материаловедение. 2013. № 1. С. 43–50 .