

КОМПОЗИЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ УТЦО

БНТУ, Минск

Разработаны новые процессы термоциклической термообработки для упрочнения инструментальных сталей на стандартном оборудовании путем только изменения температурно-временных режимов. Исследовано влияние параметров упрочняющей термоциклической обработки (УТЦО) на структурообразование и свойства быстрорежущих и штамповых сталей. Реализована теория метастабильности систем, согласно которой наилучшие показатели свойств сталей (твердости, прочности, вязкости, износостойкости) достигаются при получении высокометастабильных структур путем проведения быстро повторяющихся фазовых превращений и создания большого градиента температур ($450\div 550$ °С). Показано, что такие структуры формируются в начальный период (2-6 циклов) процесса УТЦО, а с увеличением времени обработки все свойства снижаются из-за деградации структуры.

Методом синтез-технологий проведено компьютерное моделирование процессов УТЦО инструментальных сталей, в результате чего достигнуто, по сравнению с традиционной термообработкой: увеличение предела прочности при изгибе стали Р6М5 – на 31 %, стали Р18 – на 56 %, стали У8 – на 48 % и ударной вязкости стали Р6М5 – на 22 %, стали Р18 – на 25 %, а стали У8 – в 13 раз при повышении твердости сталей Р6М5, Р18 на $1\div 2$ единицы (до HRC $65\div 67$) и сохранении прежней твердости (HRC $59\div 60$) стали У8. Отмечено 28 % снижение коэффициента трения при сухом скольжении стальной поверхности, подвергнутой УТЦО. Проведены исследования стойкости инструментов и процессов их разрушения. Выявлены преимущества разработанной технологии:

(1) ТЦ инструменты из отечественных быстрорежущих сталей Р6М5, Р6М5К5, Р18 превосходят по стойкости в 1,7÷3,5 раза инструменты из стандартно термообработанной немецкой стали S 6-5-2; УТЦО повышает производительность режущих инструментов до 58 % и позволяет их эксплуатировать при скоростных режимах; ТЦ инструменты могут резать трудно-обрабатываемые сплавы и стали с твердостью до HRC 35÷48, при этом стойкость инструментов повышается до 2,2÷6,7 раз; при работе ТЦ инструменты больше изнашиваются, чем ломаются и в их изломах превалирует вязкое разрушение.

В результате исследований установлено, что при УТЦО инструментальных сталей формируются 2 типа композиционных структур (КС), рационально сочетающих противоположные свойства мезо- и микроэлементов: мозаично-дискретные КС, чередующие зерна (субзерна) с разным содержанием углерода и легирующих элементов и функционально градиентные структуры, в которых от поверхности к сердцевине уменьшается твердость их зерен и увеличивается доля вязкой составляющей.

Теоретически 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 распределению в матрице; а также за счет высокого насыщения легирующими элементами дисперсных карбидов и матрицы, что искажает ее кристаллическую решетку. При этом реализуются все известные механизмы упрочнения и выполняются оба условия дислокационной теории для достижения синергизма прочности и надежности.