

АНАЛИЗ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Кукин С.Ф.¹, Синиченко Т.Н.²

¹РУП «МТЗ», ²БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь
tatiana_4401@mail.ru

Целью данной работы являлось исследование влияния ультразвуковой обработки продольными волнами с различными амплитудами и временем воздействия на структурообразование и механические свойства стали 40Х при различных режимах термической обработки.

Для исследования влияния УЗВ была выбрана доэвтектоидная конструкционная сталь 40Х. Выбор стали 40Х обусловлен тем, что для этой стали представляется возможным образование мелкодисперсного перлита с целью получения высокой ударной вязкости.

Ультразвуковую обработку проводили с использованием ультразвуковой колебательной системы состоящей из последовательно-соединенных магнитострикционного преобразователя ПМС-15А-18, концентратора, обрабатываемого образца и отражающего волновода. Образец со статическим усилием 20 кГс зажимался между торцами концентратора и отражающего волновода. В целом колебательная система рассчитана для обеспечения резонансного режима ее работы. Эта схема позволяет достигнуть в образцах достаточно больших амплитуд напряжений (вплоть до разрушения).

Влияние ультразвуковых колебаний на сталь во многом зависит от температурных условий обработки. При низких температурах ультразвук способствует образованию дополнительного числа дефектов, что обусловлено деформацией рекристаллизационных зерен за счет знакопеременных напряжений.

Исследовали влияние длительности ультразвуковой обработки и амплитуды на микротвердость стали 40Х. На рисунке 1 представлены зависимости величины микротвердости от амплитуды и длительности озвучивания. Обнаружено, что воздействие ультразвука на предварительно отожженную сталь приводит к повышению твердости в 1.5 раза.

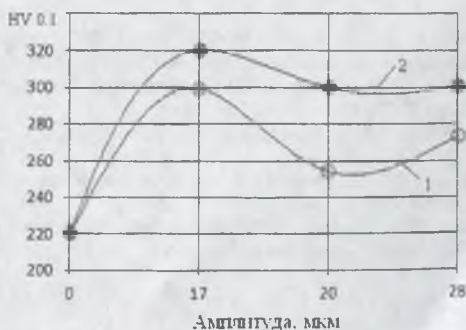


Рис. 1. Зависимость микротвердости стали 40Х от амплитуды и длительности озвучивания
1 – 1 минута; 2 – 10 минут

На рисунке 2 показано изменение предела текучести $\sigma_{0,2}$ и предела прочности σ_b стали 40X с временем озвучивания 5 минут с различными амплитудами УЗО. Предел текучести в сравнении с исходным состоянием возрастает, затем с увеличением амплитуды УЗО уменьшается.

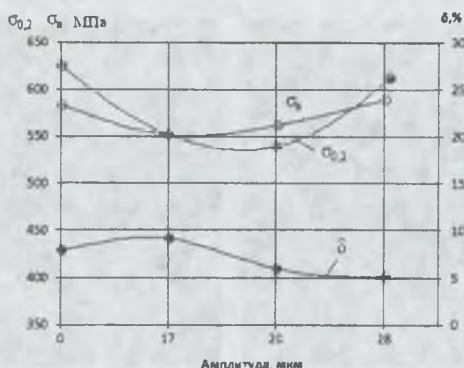


Рис. 2. Зависимость механических свойств стали 40X от амплитуды озвучивания

Наблюдается так же тенденция к изменению ударной вязкости образцов из стали 40X. Величина и характер этого изменения определяется продолжительностью и амплитудой УЗО. Так ударная вязкость повышается при амплитудах УЗО 17 и 20 мкм при времени воздействия 10 мин на 20 % по сравнению с неозвученными, с дальнейшим увеличением амплитуды УЗО до 28 мкм ударная вязкость несколько понижается. С временем озвучивания 1 мин ударная вязкость уменьшается с увеличением амплитуды озвучивания.

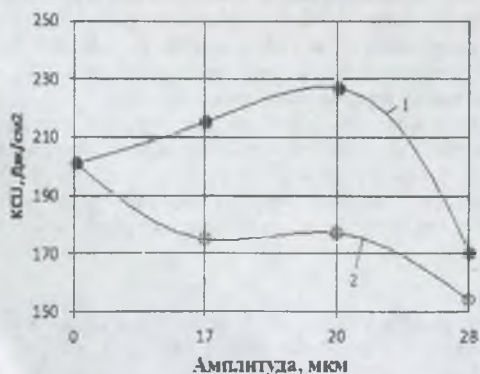


Рис. 3. Зависимость ударной вязкости стали 40X от частоты и времени озвучивания

При исследовании воздействия ультразвука в процессе перлитного превращения было выдвинуто предположение, что совместное воздействие на структуру стали температуры и ультразвука приводит к ряду эффектов, изменяющих кинетику развивающихся при охлаждении в стали процессов с соответствующим изменением свойств. Воздействие ультразвуковых колебаний при охлаждении стали приводит к измельчению фазовых и структурных составляющих [1].

Ультразвуковая обработка при температурах минимальной устойчивости аустенита в перлитной области и амплитуда деформации выше пороговых инициирует образование Ф-П составляющих, повышает их дисперсность и равномерность распределения, следствием чего является повышение твердости.

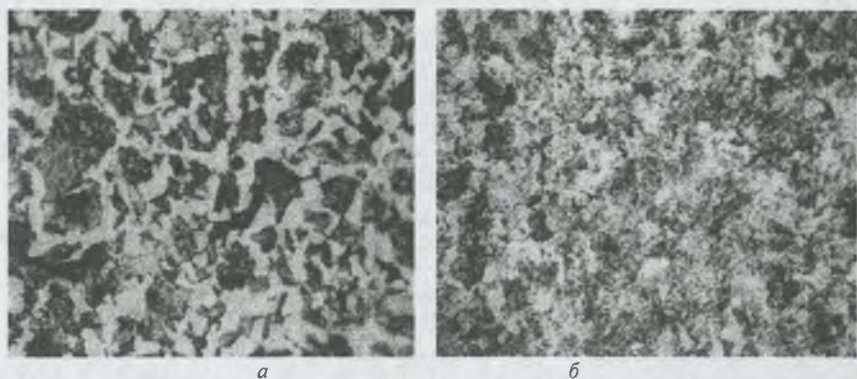


Рис. 4. Микроструктуры образцов после различных режимов ультразвуковой обработки
а – после нормализации; *б* – после УЗО при перлитном превращении,
30 с с амплитудой 28 мкм, $\times 1000$

Сопоставляя структуру перлита, представленную на рисунке, можно заметить, что в контрольных образцах зерна перлита состоят из колоний, внутри которых ферритоцементитная смесь четко располагается в виде параллельных пластин. После УЗО сохраняются перлитные колонии, однако пластины цементита имеют либо извилисто-зубчатое строение, либо уже превратились в изомерные кристаллики различных размеров. В некоторых участках наблюдаются скопления сфероидизированных кристалликов цементита.

Таким образом, ультразвуковое воздействие при перлитном превращении вызывает разбивание и сфероидизацию кристалликов цементита.

Ультразвуковая обработка при комнатной температуре формирует устойчивые деформированные структуры, которые влияют на последующие полиморфные превращения [2]. Применение ультразвуковой обработки в процессе термической обработки сталей дает возможность снизить энергетические затраты за счет замены улучшения стали 45 на нормализацию стали 40Х с регламентируемым химическим составом в сочетании с УЗО.

Список литературы

1. Абрамов О.В., Добаткин В.И., Казанцев В.Ф. Воздействие мощного ультразвука на межфазную поверхность металлов. – М.: Наука, 1986– 278 с.
2. Кукин С.Ф., Синиченко Т.Н. Изучение влияния предварительной ультразвуковой обработки на результаты нормализации стали 40Х. // *Металлургия: республ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: Белорусская наука, 2011 – Вып. 33. В 2-х томах. Т 2 – С. 54-65.