

3. Башкарев А.Я., Нефедьев Е.Ю., Олексеичук В.Р., Савельев В.Н., Сивоконь В.Н. Субочев А.И., Судаков А.В. Комплексное обследование образца магистрального трубопровода с дефектами коррозионного растрескивания под напряжением при стендовых испытаниях. Доклады 11-ой Международной деловой встречи “Диагностика-2001”, Тунис, апрель, 2001г., стр.63-71.
4. Савельев В.Н., Арчаков Ю.И., Башенко А.Р., Бессонный А.Н. Опыт применения метода акустической эмиссии при освидетельствовании и диагностировании оборудования НПЗ. Доклад на совещании главных механиков нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, г.Кириши, Ленинградская обл., 14-17 ноября, 2000 г.
5. Программа по проведению акустико-эмиссионного контроля 102-х аппаратов производства глубокой переработки нефти на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», согласована письмом Ростехнадзора от 27.04.20010г. № 13/622 3401.
6. СТО ЛУКОЙЛ 1.11-2009. Контроль акустико-эмиссионный. Правила применения и повышение эффективности применения метода для контроля технического состояния оборудования и трубопроводов в организациях нефте- и газопереработки Группы «ЛУКОЙЛ».

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОЩНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ПРОЦЕССЕ НОРМАЛИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ**

**Кукин С. Ф.<sup>1</sup>, Константинов В. М.<sup>2</sup>, Стрижевская Т. Н.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>РУП «МТЗ», <sup>2</sup>БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь  
[tatiana\\_4401@mail.ru](mailto:tatiana_4401@mail.ru)*

При ультразвуковой обработке в ряде случаев оказывается возможным получение ряда эффектов, не достижимых при обычной термической обработке (например, уменьшение внутренних напряжений без применения разупрочняющего нагрева, деформационное изменение структуры и свойств материала без изменения размеров тела). Наряду с повышением качества металлов и сплавов под действием ультразвука в ряде случаев происходит значительное сокращение длительности цикла термической обработки. Ультразвуковое воздействие может существенно увеличить скорость само- и гетеродиффузии и тем самым ускорить процессы растворения и выделения фаз на различных этапах термической обработки.

Под действием ультразвуковых колебаний в структуре металлов и сплавов происходят необратимые процессы образования вакансий и микропор, сохраняющихся при последующей термической обработке и оказывающих влияние на механизмы и кинетику развивающихся при этом структурных превращений.

Изучение влияния ультразвуковых колебаний на структуру и свойства металлов и сплавов представляет большой интерес при разработке прогрессивных методов термической обработки. Несмотря на значительное число работ, посвященных влиянию ультразвука на металлы, к настоящему времени еще не выработана единая точка зрения на природу наблюдаемых явлений.

Целью настоящего исследования являлось исследование изменения механических свойств и структурных изменений в широко применяемой в промышленности стали 40Х, обработанной по режиму – предварительная ультразвуковая обработка + нормализация.

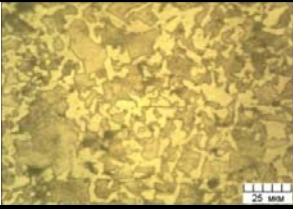
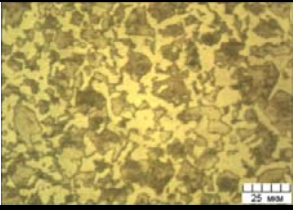
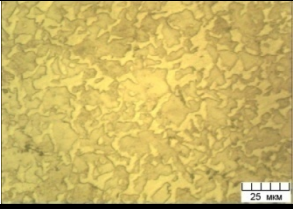
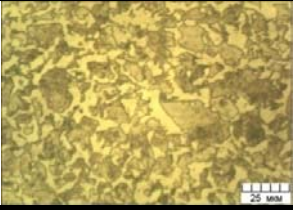
Совместно с РУП «МТЗ» проведено исследование по ускорению диффузионных процессов с применением ультразвукового воздействия в процессе термической обработки. Ультразвуковую обработку проводили с использованием магнитострикционного преобразователя. Образец помещали между торцами возбуждающего и отражающего волноводов, рассчитанных в резонансе с колебательной системой преобразователя. Озвученные образцы подвергали нормализации. Другую часть образцов подвергали нормализации без предварительного озвучивания.

При введении ультразвуковых колебаний изменяется кинетика полиморфного превращения и увеличивается плотность структурных несовершенств в обрабатываемом материале. Это, в свою очередь, интенсифицирует диффузионные процессы, что, очевидно, может оказывать влияние на кинетику перлитного превращения и морфологию его продуктов.

Анализ перлитного превращения показывает, что степень дисперсности феррито-цементитной смеси определяется в основном не числом центров фазовой перекристаллизации, а главным образом термодинамическим стимулом превращения – разностью свободных энергий аустенита и перлита, а также скоростью диффузионных процессов отвода избыточных компонентов от перемещающейся границы растущей пластинки феррита или цементита в аустенитную матрицу при росте перлитных колоний. Величина межпластинчатого расстояния главным образом определяется последним фактором.

В микроструктуре озвученных образцов в сравнении с неозвученными обнаружен различный характер распределения феррита. Так, в неозвученных образцах феррит выделяется в виде сетки вокруг зерен перлита, при наложении ультразвука видно много отдельных разрозненных ферритных включений. Ультразвуковые колебания влияют и на строение колоний перлита – у озвученных образцов они более дисперсны.

**Таблица 2.** Количественное описание микроструктур стали 40 X

| Время озвучивания, мин | Микроструктура, 800 <sup>x</sup>  | Доля площади перлита, % | Доля площади феррита, % | Балл зерна |
|------------------------|---|-------------------------|-------------------------|------------|
| 1                      |   | 61,3                    | 38,7                    | 13-14      |
| 4                      |  | 55,03                   | 44,97                   | 13-14      |
| 10                     |  | 61,84                   | 38,16                   | 13-14      |
| -                      |  | 58,84                   | 41,16                   | 10-11      |

Установлено, что ультразвуковая обработка сталей в процессе фазовой перекристаллизации приводит к увеличению числа зародышей новой фазы и образованию более дисперсной структуры. Об этом свидетельствуют данные гистограмм, построенные по количественным характеристикам зерна (рис. 1, 2).

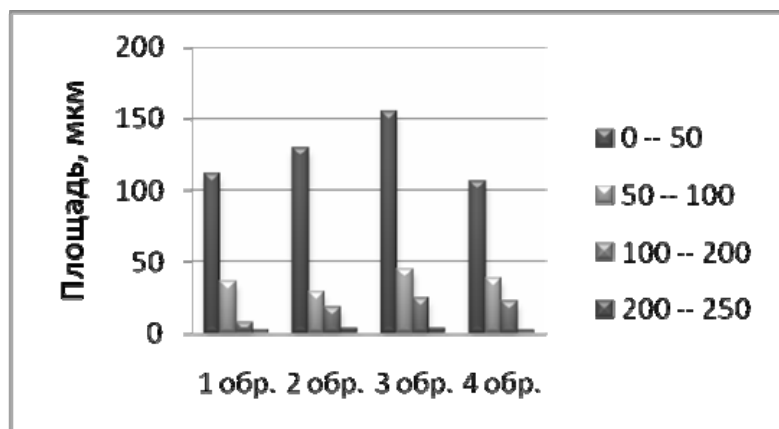


Рис.1. Гистограмма площади зерна перлита

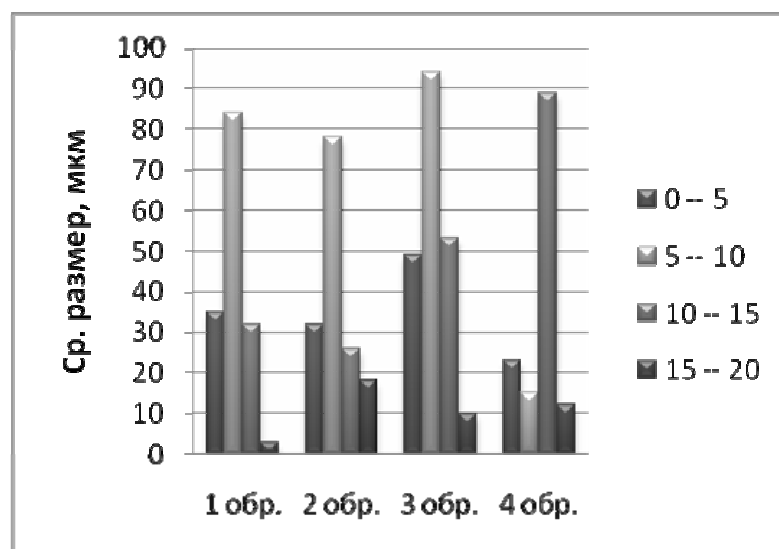


Рис. 2. Гистограмма среднего размера зерна перлита

По данным характеристикам балл зерна исследуемых образцов варьируется от 12 до 14. В процессе озвучивания образцов наблюдался эффект разогрева. Тепловое воздействие ультразвука не отделено от действия переменных упругих напряжений, что очень важно для понимания механизма воздействия ультразвука на процессы диффузии и дисперсного твердения. Прохождение ультразвука по твердому телу сопровождается рядом остаточных эффектов, таких, как интенсивный нагрев образцов, появление следов остаточной деформации, накопление усталостных изменений в структуре.

Ультразвуковые напряжения, возбуждаемые стали 40X при предварительном озвучивании с последующей нормализацией приводят к увеличению числа зародышей новой фазы и образованию более дисперсной структуры, с баллом зерна 12-14. Это обусловлено изменением кинетики полиморфного превращения и увеличения плотности структурных несовершенств в обрабатываемом материале под действием ультразвуковых колебаний, что в свою очередь интенсифицирует диффузионные процессы.

Возможность ускорения диффузионных процессов позволит сократить время нагрева и тем самым повысить производительность печи без ущерба для качества нагрева.