

# КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ С МАРТЕНСИТО-БЕЙНИТНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ АУСТЕНИТА\*

*П.А. ПОПЕЛЮХ, аспирант  
А.И. ПОПЕЛЮХ, канд. техн. наук, доцент  
М.Р. ЮРКЕВИЧ, студентка  
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Статья поступила 06 мая 2013 года

**Попелюх А.И.** - 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, e-mail: [air13@mail.ru](mailto:air13@mail.ru)

Разработан новый способ комбинированной высокотемпературной термомеханической обработки стали 40Х2Н2МА со смешанным мартенсито-бейнитным превращением аустенита, обеспечивающий сочетание высоких показателей прочности, ударной вязкости и трещиностойкости. В результате термообработки в стали формируется мелкодисперсная структура, состоящая из 60 % нижнего бейнита и 40 % продуктов отпуска мартенсита. Предложенная термическая обработка по сравнению с традиционной технологией закалки с отпуском позволяет при сопоставимых показателях прочности обеспечить двукратное повышение ударной вязкости и трехкратное увеличение усталостных свойств стали 40Х2Н2МА.

**Ключевые слова:** термическая обработка, термомеханическая обработка, мартенсит, бейнит, ударные механизмы, надежность.

## Введение

В строительной индустрии и добывающих отраслях промышленности получили широкое распространение машины ударного действия, обладающие высокой энергией ударного нагружения. Для их производства необходимо применять материалы, обладающие высокой прочностью и значительным сопротивлением усталостному разрушению при воздействии циклических ударных нагрузок [1]. В настоящее время для изготовления наиболее нагруженных деталей ударных машин используют среднеуглеродистые легированные стали, упрочненные закалкой с последующим отпуском. Однако такой вид термической обработки не позволяет обеспечить высокую надежность и долговечность ударных машин, ресурс работы которых обычно не превышает нескольких сотен часов машинного времени [2]. Проведенные ранее исследования по созданию в стали высокопрочной структуры, обладающей значительным сопротивлением усталостному разрушению, показали, что одной

из перспективных технологий является термическая обработка со смешанным мартенсито-бейнитным превращением аустенита [3]. Высокие механические свойства стали могут быть также обеспечены технологическими процессами, основанными на совмещении термического упрочнения и деформационного воздействия. Исследования, выполненные в научных коллективах М.Л. Бернштейна, Л.И. Тушинского и других ученых, свидетельствуют о том, что использование технологического процесса высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) позволяет увеличить прочностные характеристики высокопрочных среднелегированных сталей по сравнению с традиционным технологическим процессом закалки с отпуском на 200...300 МПа без уменьшения показателей пластичности, и повышает сопротивление стали усталостному разрушению в 1,5–2 раза [4, 5]. Деформация может осуществляться на различных стадиях нагрева и охлаждения, однако для упрочнения деталей ударных машин наиболее рациональным является способ, при котором

\* Работа выполнена в рамках программы «Формирование государственных заданий высшим учебным заведениям на 2013 год и на плановый период 2014 и 2015 годов в части проведения научно-исследовательских работ». Регистрационный номер: 7.759.2011.