

УДК 622.24.05

Д. Ю. Петрина, д-р техн. наук, проф.
ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна
Тел. (03422) 25230, E-mail: tngm@nung.edu.ua*

ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ СТАЛІ 50ХН

В статті подано дані про розроблений метод внутрішнього тертя, яке вимірювали на зразках після контрольного гартування та високотемпературної термомеханічної обробки. Співставлення отриманих результатів дало можливість визначити особливості впливу цих обробок на затухання коливань.

Ключові слова: фізико-механічні властивості сталей, амплітуда напружень, логарифмічний декремент затухання коливань, відпочинок сталі, крутильний маятник.

Вступ

Одна з найважливіших умов прискорення технічного прогресу полягає в створенні нових надміцних конструкційних машинобудівних матеріалів. Дальша інтенсифікація багатьох виробничих процесів, розробка прогресивних технологічних схем, розвиток найважливіших галузей нової техніки значною мірою утруднюється через недостатній рівень фізико-механічних властивостей існуючих матеріалів.

З відомих високоміцних сплавів найбільш важливим матеріалом є сталь. Однак в умовах спеціальних застосувань (високі температури, агресивні середовища тощо) окремі переваги мають інші матеріали. Крім цього, прагнення до зменшення металоємності конструкцій веде до більш широкого застосування високоміцних і, як правило, менш пластичних матеріалів з підвищеною схильністю до крихкого руйнування. Необхідно також враховувати те, що в умовах експлуатації діють фактори, які додатково знижують їх пластичність, в'язкість і підвищують небезпеку крихкого руйнування. До таких факторів відносяться концентратори напружень, низькі температури, високі швидкості навантаження, збільшення розмірів деталей (масштабний фактор), поверхнево-активні та корозійно-агресивні середовища тощо.

Кардинальне вирішення проблем високоміцних матеріалів можливе лише на основі найновіших досягнень матеріалознавства та металофізики, зокрема теорії дислокацій [1].

Значну роботу проведено з дослідження впливу на сталі високотемпературної термомеханічної обробки (ВТМО), підчас якої пластична деформація, що передуює гартуванню, має місце при температурах вище точки A_{C3} [2, 3].

Показано, що ВТМО зменшує відпускну крихкість і поряд з істотним зміцненням сталі спричиняє до значного підвищення їх пластичності. Виявилось, що високі механічні властивості можуть в тій чи іншій мірі спадкуватись у сталі після високих відпусків та повторного гартування.

Проте певної та однозначної відповіді про суть термомеханічного зміцнення й підвищення пластичності сталей на сьогоднішній день ще нема. Тому дана проблема залишається актуальною і має як науковий, так і практичний інтерес.

Мета даної роботи – вивчити зміни внутрішнього тертя в процесі відпочинку сталі 50 ХН після ВТМО і звичайного гартування. Таке вивчення має велике значення з тієї причини, що внутрішнє тертя відноситься до числа найбільш структурно-чутливих властивостей і, відповідно, за його замірами можна судити про зміни, що протікають в

сталі в процесі відпочинку. Крім того, представляло інтерес виміряти внутрішнє тертя в зразках, що пройшли ВТМО, в свіжогагартованому стані та в процесі відпочинку і співставити отримані дані з даними після гартування. На основі відмінностей і особливостей зміни внутрішнього тертя при ВТМО за різних амплітудних напруженнях, можна судити про природу змін в сталі після ВТМО. Подібне дослідження автором даної статті було проведено для оцінювання деградації трубної сталі 17Г1С методом внутрішнього тертя [4].

Методика досліджень

Для дослідження внутрішнього тертя розробили спеціальну конструкцію зразка, ескіз якого показаний на рис. 1.

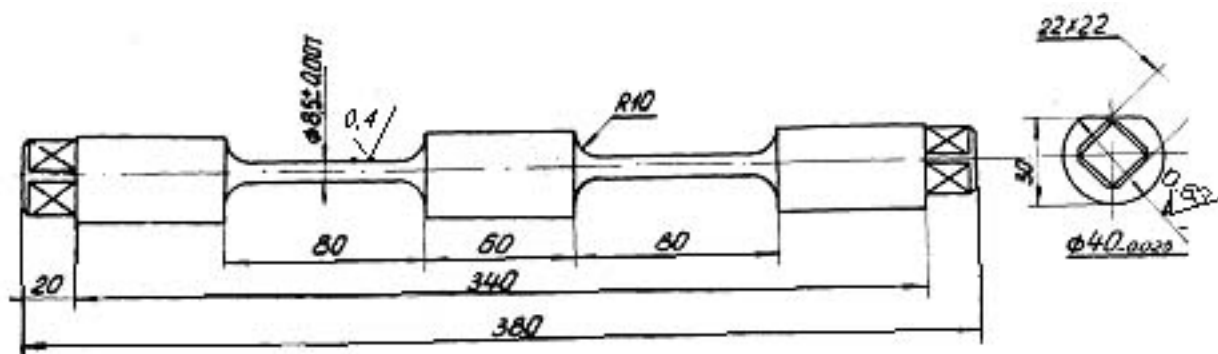


Рис. 1. Ескіз зразка для дослідження внутрішнього тертя в процесі відпочинку сталі

Зразок має подвійну робочу частинку з діаметром 8,5 мм, між якими розміщена головка довжиною 60 мм. По обидві сторони цієї конструкції розміщені ще дві головки. Всі головки виконані з лисками, причому їх діаметри майже в п'ять разів більші за

розміри робочої частини, що забезпечувало високу жорсткість кріплення зразка з приєднувальними деталями.

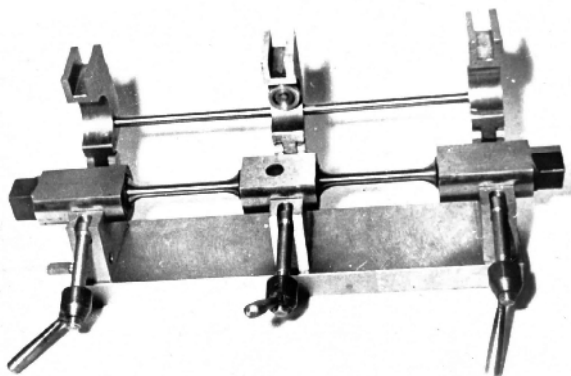


Рис. 2. Пристрій, в якому проводили скручування і охолодження зразків в період ВТМО і звичайної термічної обробки

Заготовки для зразків піддають ВТМО або гартуванню, після чого виконують необхідний відпуск. Подальшим шліфуванням отримують зразки кінцевої форми, що придатні до випробувань на внутрішнє тертя. В нашому випадку необхідно було мати готовий до випробувань зразок зразу після ВТМО або гартування, що давав можливість мінімально затратити час на всі подальші операції. Тому звичайна

схема виготовлення зразків була несприйнятлива для дослідження внутрішнього тертя в процесі відпочинку.

Якісні зразки вдалося отримати, застосувавши пристрій для ВТМО та гартування, загальний вид якого показаний на рис. 2. Пристрій складається зі шліфованої основи,

трьох стійок з відкидними кришками. Стойки розміщені так, що в них точно ложаться головки зразка. Кришки між собою з'єднані та закриваються одночасно.

Розточку отворів в стойках проводили за один прохід, що забезпечило строгу співвісність отворів. Зразки нагрівали до температури аустенізації в соляній ванні на спеціальній фрезерованій підставці, яка попередньо нагрівалась в соляній ванні. Застосування підставки диктувалося тим, що при нагріві зразок міг би деформуватися від власної ваги. Зразок виймався з ванни разом з підставкою і звалювався в гартувальний пристрій. Кришки закривалися і затискалися гайками зі спеціальними рукоятками, а потім занурялися в масляну ванну в вертикальному положенні. Цей пристрій інтенсивно переміщували в маслі для забезпечення хорошого охолодження.

ВТМО крученням проводили за допомогою цього ж пристрою, який застосовували при гартуванні. Однак при цьому з обох сторін зразка встановлювали спеціальні ключі на чотирьохгранні виступи і коли кришки були закріплені проводили скручування робочої частини зразка.

Биття головок перевіряли за допомогою індикатора. Зразки з биттям більше за 0,08 мм до випробувань не приймалися.

Вимірювання внутрішнього тертя проводили на установці, змонтованій на масивному фундаменті, що запобігало убитку енергії за механічних коливань. Загальний вид установки поданий на рис. 3.

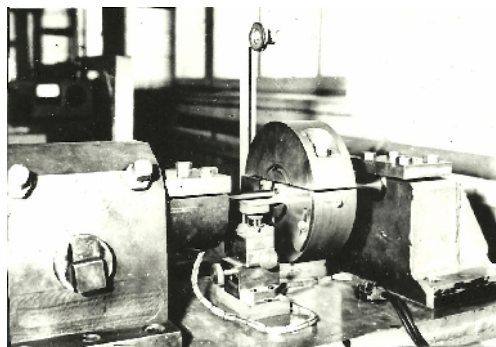


Рис. 3. Загальний вид установки для вимірювання внутрішнього тертя

Крайні головки зразка жорстко закріплені в масивних опорах планками, які лягають на лиски і затягуються болтами. На середню головку встановлюється та закріплюється інерційний диск.

Коливання інерційного диску викликали моментальним зняттям крутного моменту, створюваного постійною силою прикладеною до диска. Моментальне розвантаження зразка, який знаходився в скрученому напруженому стані, призводить до його коливань спільно з диском біля нерухомих кінців, закріплених в опорах установки. Затухання механічних коливань фіксували за допомогою індуктивного диференціального давача на осцилографічному папері.

Індуктивний давач виготовлений з Ш – подібного феритового сердечника 6 і двох катушок (рис. 4).

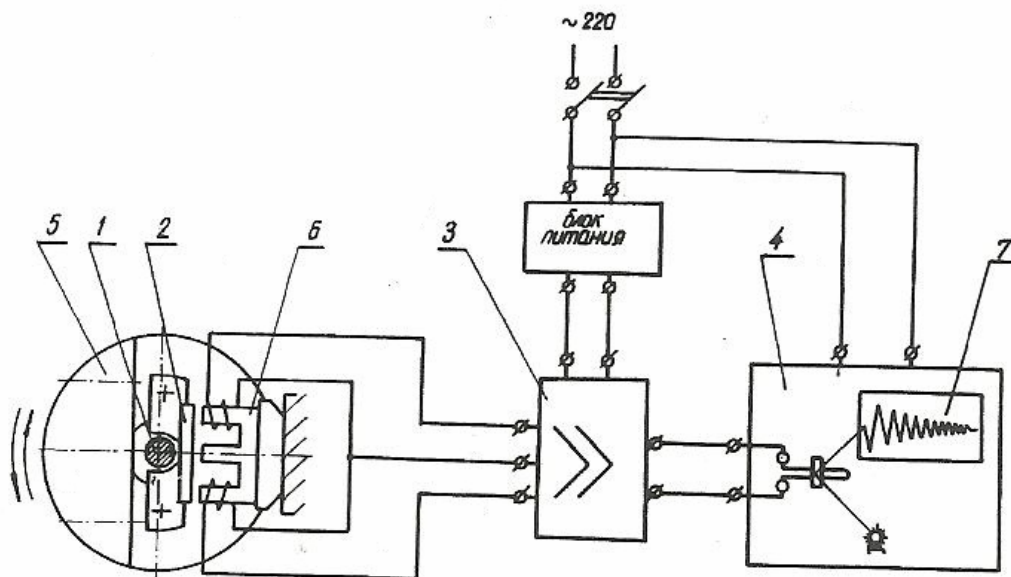


Рис. 4. Принципова схема установки для вимірювання внутрішнього тертя

Він закріплений до основи на полозках і може переміщуватися з метою регулювання в двох перпендикулярних напрямках в горизонтальній площині.

Котушки давача підключаються до входних клем тензостанції 3 УТС-12Вт і утворюють два робочих плеча вимірювального моста, два інших плеча якого знаходяться в самій тензостанції. Сигнал, що виникає на вихідній діагоналі моста, при розбалансуванні його в результаті зміни повітряних зазорів давача (якір 2 коливається разом зі зразком 1 і диском 5) підсилюється тензостанцією і подається на шлейф осцилографа 8S0-4, де і здійснюється запис посиленого сигналу на осцилографічному папері 7.

З допомогою тарувального пристрою оцінювали амплітуду напружень в навантажених шарах зразка при коливаннях маятника. В процесі вивчення внутрішнього тертя амплітуда напружень змінювалась в широких межах від 1 МПа до 60 МПа. Відмінною особливістю використовуваної установки є можливість точних вимірювань декременту затухання δ за низьких напруженнях.

Нижня границя δ відповідає зсувовій деформації $\gamma = 1 \times 10^{-5}$. Точність вимірювань декременту затухання становила 2×10^{-2} .

Основний зміст і результати досліджень

Внутрішнє тертя мартенситу, одержаного з деформованого аустеніту, скрізь знаходиться на більш низькому рівні порівняно з внутрішнім тертям в мартенситі після звичайного гартування (ЗГ) (рис. 5).

Як у випадку ВТМО, так і контрольного гартування має місце інтенсивний відпочинок, про що свідчить спад рівня δ для всього досліджуваного діапазону значень напружень.

Дослідження логарифмічного декременту затухання коливань δ в ділянці низьких амплітуд напружень дали можливість встановити деяку відмінність в характері залежностей δ і τ_a для обох видів обробок (рис. 6). Після ВТМО з мінімальним часом відпочинку (30 хвилин) область амплітудно-незалежного внутрішнього тертя була виявлена вже при $\tau_a = 2 \text{ Н/мм}^2$. Більш довготривалий відпочинок сприяє розширенню

діапазону напружень амплітудно-незалежного внутрішнього тертя. При цьому для зразків після ВТМО з двогодинним відпуском при 100°C область амплітудно-незалежного внутрішнього тертя поширюється до напружень 7 Н/мм^2 . Для всіх режимів відпочинку аж до 100°C відпуску зразки, що пройшли контрольне гартування, не виявили амплітудно-незалежного внутрішнього тертя на всьому досліджуваному діапазоні τ_a .

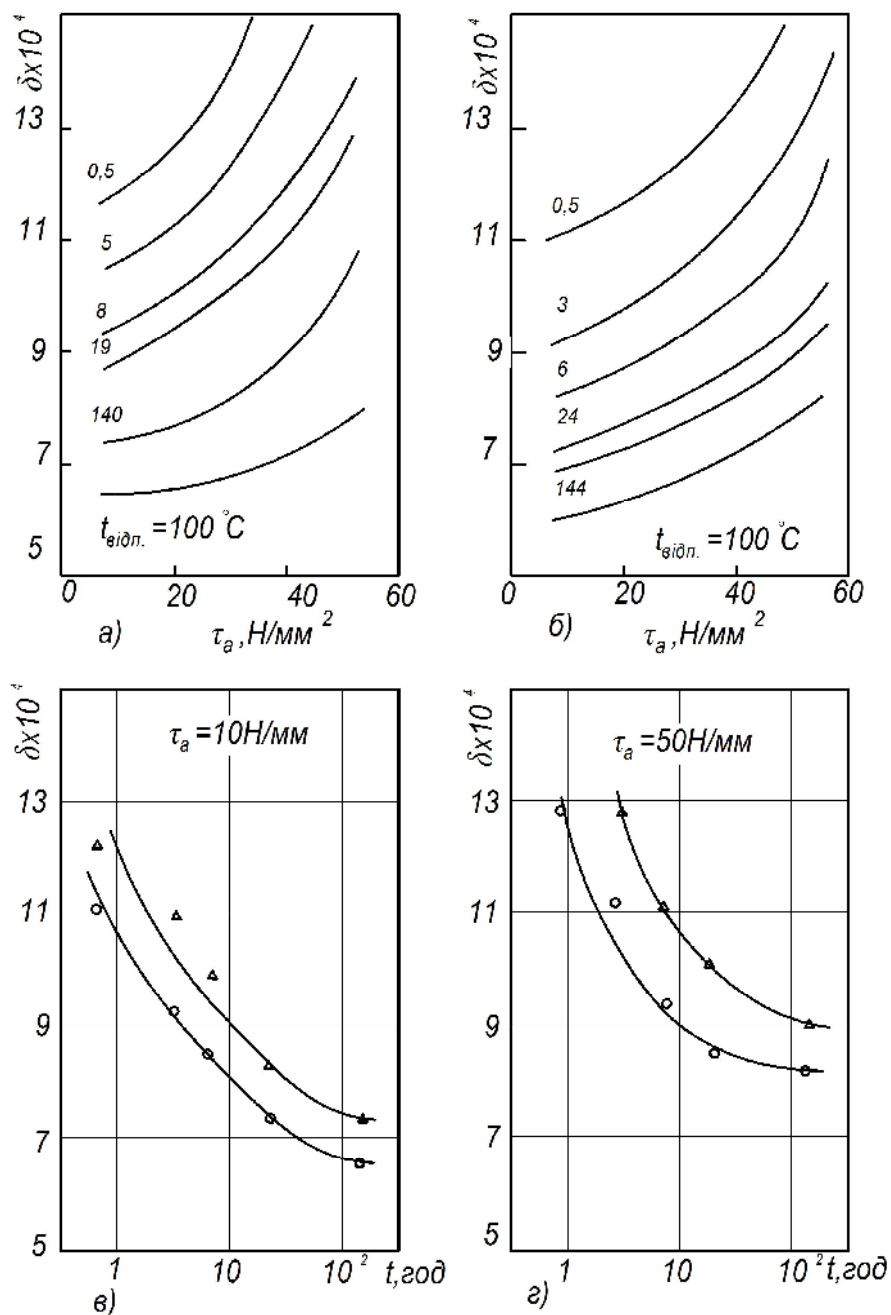


Рис. 5. Залежність логарифмічного декременту затухання коливань від високих амплітуд напружень (цифри біля кривих позначають відпочинок або відпуск в годинах),

а – після ЗГ і б – після ВТМО; та від часу відпочинку (в, г), Δ - ЗГ і о - ВТМО

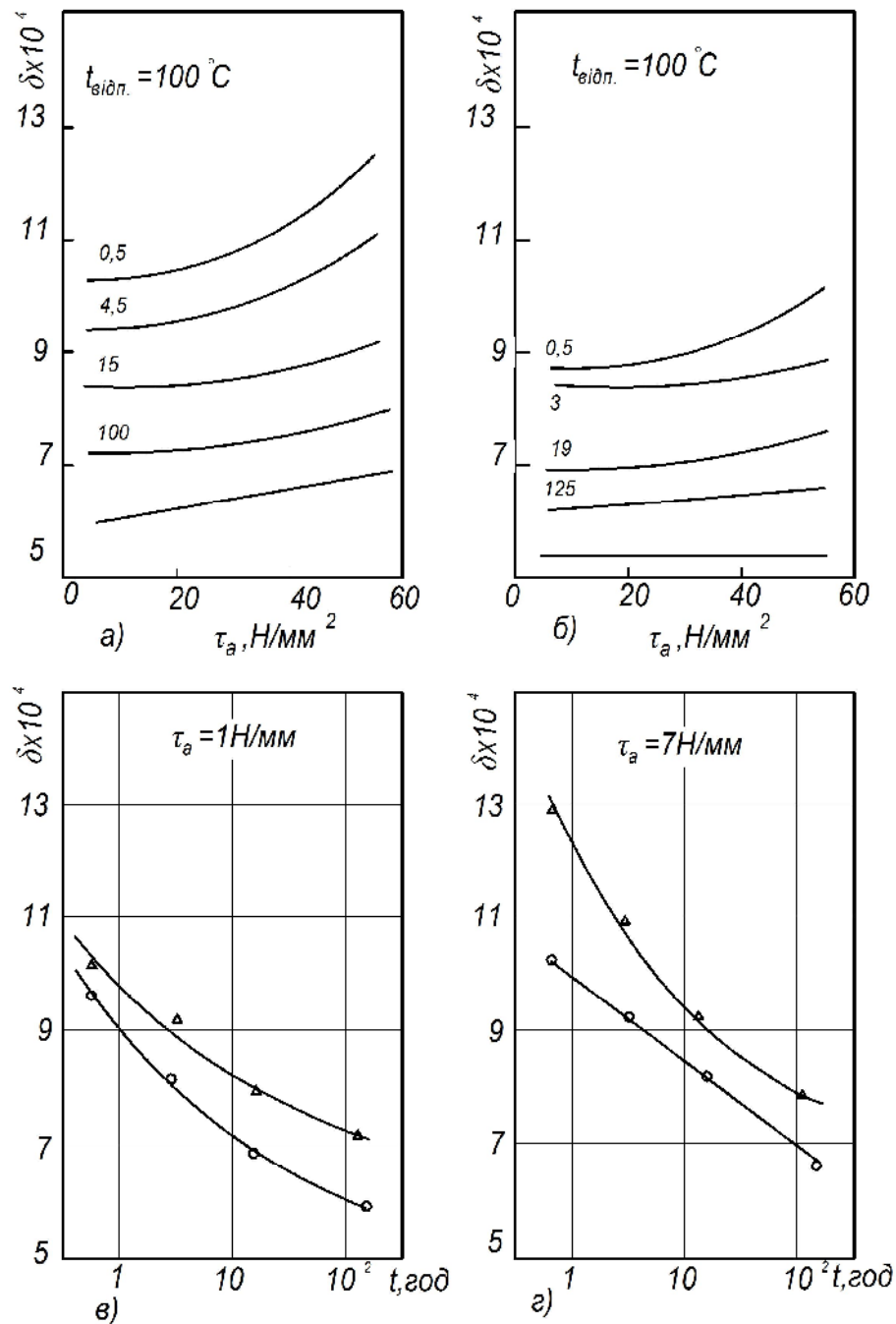


Рис. 6. Залежність логарифмічного декременту затухання коливань від низьких амплітуд напружень (цифри біля кривих позначають відпочинок або відпуск в годинах),

а – після ЗГ і б – після ВТМО; та від часу відпочинку (в, г), Δ - ЗГ і о - ВТМО

Висновок

1. В роботі сконструйовано та змонтовано обладнання для вивчення задач фізичного металознавства методом внутрішнього тертя.

2. Показано, що метод внутрішнього тертя дає можливість якісно оцінити зміни фізико-механічних властивостей у процесі відпочинку сталі 50XH після ВТМО і звичайного гартування.

В подальшому планується використати цей метод дослідження в комплексі з іншими (рентгенівським, металографічним, магнітним тощо) з метою досконалого вивчення фізико-механічних і структурних властивостей сталей.

Список літератури:

1. Дяченко С. С. Фізичні основи міцності та пластичності металів / С. С. Дяченко. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2003. – 226 с.
2. Вплив технологічного спаду на стійкість шарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Машинознавство. – 2008. – № 5. – С. 12–17.
3. Яким Р. С. Науково-практичні основи технології виготовлення тришарошкових бурових доліт та підвищення їх якості і ефективності / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким. – Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2011. – 384 с.
4. Петрина Д. Ю. Оцінювання деградації трубної сталі 17Г1С методом внутрішнього тертя / Д. Ю. Петрина, О. Л. Козак, Ю. Д. Петрина. – Фізика і хімія твердого тіла. – Т. 12, № 3. – 2011. – С. 618–620.

Надійшла до редакції 15.02.2014

Д.Ю. Петрина

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ СТАЛИ 50XH

В статье представлены данные о разработанном методе внутреннего трения, которое измеряли на образцах после контрольной закалки и высокотемпературной термомеханической обработки. Сопоставление полученных результатов дало возможность определить особенности влияния этих обработок на затухание колебаний.

Ключевые слова: физико-механические свойства сталей, амплитуда напряжений, логарифмический декремент затуханий, отдых сталей, крутильный маятник.

D. Yu. Petryna

EFFECT OF HIGH THERMO-MECHANICAL TREATMENT ON THE INTERNAL FRICTION OF STEEL 50XH

The article contains the data about the developed method of internal friction estimated on specimens after control hardening and high thermo-mechanical treatment. Comparison of the obtained results made it possible to determine the influence of these treatments on oscillations damping.

Keywords: physical and mechanical properties of steels, amplitude of stress, logarithmic decrement of oscillations damping, steel tempering, torsion pendulum.