

621.882:539.4.014.2

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БОЛТОВ НА ОСНОВЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ ПЕРЕМЕННЫМИ РАСТЯГИВАЮЩИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

Д-р техн. наук В.Я. ГЕРАСИМОВ, инж. Д.П. ПАРЫШЕВ

Выполнены исследования электропроводности металла на резьбовой и гладкой частях болтов из стали 40Х с резьбой М 22×2,5, изготовленной резанием и накатыванием. Получены «пиковые» значения силы тока и временного сопротивления при динамической тренировке металла в резьбовом профиле при числе циклов переменного растяжения болтов от 2000 до 3000.

The studies on the metal conductivity in the thread and smooth parts of the bolts from steel 40X with the thread M22×2,5, made through cutting and rolling, are fulfilled. The «peak» values of the current strength and temporary resistance are achieved by the dynamic training of the metal in the thread profile by the quantity from 2000 up to 3000 cycles of the variable bolt extensions.

Исследованиями И.А. Биргера и Г.Б. Носиленевича [1] доказана возможность повышения долговечности болтовых соединений благодаря деформационной тренировке предварительным растяжением резьбового изделия при напряжениях, превышающих $1,2 \sigma_t$ (σ_t – предел текучести материала).

Данный способ был подтвержден экспериментально при испытаниях болтов из стали 30ХГСА ($\sigma_{\text{в}} = 1200$ МПа; $\sigma_t = 850$ МПа) с накатанной резьбой М 18×1,5, когда долговечность была повышена до 150% по сравнению с обычными болтами. Аналогичные результаты представлены в [2], они получены в процессе статической перегрузки болтов из стали Ст.3 с нарезанной резьбой М 18 до величины предела текучести. При этом повышение усталостной прочности при действии переменных растягивающих напряжений составило 168% по среднему количеству циклов и 180% по минимальному количеству циклов динамического нагружения.

В [3] показана роль масштабного фактора при тренировке металла циклическими перегрузками. На примере усталостных испытаний при одинаковой начальной тренировке цилиндрических образцов диаметром от 7,52 до 30 мм из стали 45 установлено разупрочнение крупных образцов до 4...5%, а образцов малого диаметра — до 6%.

При предварительной тренировке металла в динамическом режиме силового нагружения стальных образцов возникает подвижность барьеров вследствие перемещения дислокаций. Это равносильно образованию новых барьеров при обратном движении дислокаций, что приводит к дополнительному деформационному упрочнению металла [4].

Приведенные результаты послужили основанием для проведения настоящего исследования.

На первом этапе были изготовлены болты из стали 40Х с нарезанной и накатанной резьбой М 22×2,5. Затем подвергали усталостным испытаниям резьбовые соединения болт—гайка при действии переменных растягивающих напряжений при $\sigma_{\text{мин}} = 130$ МПа и $\sigma_{\text{макс}} = 260$ МПа с частотой нагружения 500 мин^{-1} при коэффициенте асимметрии цикла $R = 0,5$.

Оценка структурного состояния металла на профиле деформированной резьбы выполнена неразрушающим электроиндуктивным методом, который апробирован В.Я. Ге-

расимовым в процессе металлофизических исследований стальных образцов и стержневых изделий [5,6]. Зоны контроля металла на резьбовом профиле (зона 1) и на гладком стержне (зона 2) показаны на рис. 1.

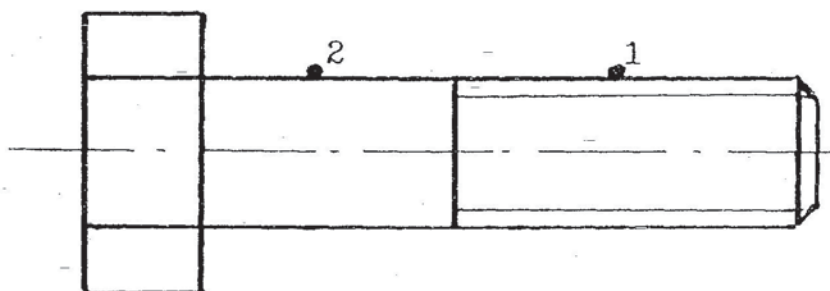


Рис.1

В процессе контроля определяли электропроводность исходного и деформированного металла в указанных зонах путем установки в них электроиндуктивного рабочего датчика, включенного в электрическую цепь генератора высокочастотных электромагнитных колебаний [7]. При этом в металл проникает электромагнитный поток, который оказывает направленное действие благодаря концентратору магнитного поля в виде тонкого ферритового сердечника. В металле возникают вихревые токи, которые изменяют индуктивность катушки в колебательном контуре рабочего датчика, что фиксируется в электрической схеме генератора колебаний и влияет на величину силы тока в регистрирующем приборе (микроамперметре).

Графические зависимости силы тока от числа циклов нагружения N болтов показаны на рис. 2 для нарезанной и на рис. 3 для накатанной резьбы.

Анализ полученных зависимостей позволил сделать следующие выводы.

1. При циклических нагружениях стальных болтов с нарезанным и накатанным профилем резьбы установлен эффект деформационной тренировки, который проявляется в повышенных значениях электропроводности (силы тока) металла по сравнению с недеформированными болтами.

2. Для болтов с нарезанной резьбой получено повышение электропроводности металла на 4% и 6% соответственно для зон контроля 1 и 2. Для болтов с накатанной резьбой повышение электропроводности составило соответственно 17% и 5%.

3. Пиковые значения электропроводности металла соответствуют его предварительной деформационной тренировке переменными растягивающими напряжениями до 2000 циклов для нарезанной резьбы и 3000 циклов для накатанной резьбы. Затем происходит некоторый спад электропроводности, однако значения силы тока превышают исходные значения в достаточно широком диапазоне усталостного нагружения болтов — до $N \approx 18000$ циклов для нарезанной резьбы и $N \approx 12000$ циклов для накатанной резьбы. Следовательно, нарезанный резьбовой профиль оказался менее чувствительным к циклической деформационной тренировке металла по сравнению с накатанной резьбой, что подтверждается резким уменьшением электропроводности.

На втором этапе исследования определяли прочность болтов, предварительно подвергнутых усталостным испытаниям по схеме переменного растяжения. При этом болты нагружали статически осевой силой до их разрыва и определяли временное сопротивление σ_u (МПа) при заданных значениях числа циклов нагружения. Результаты механические

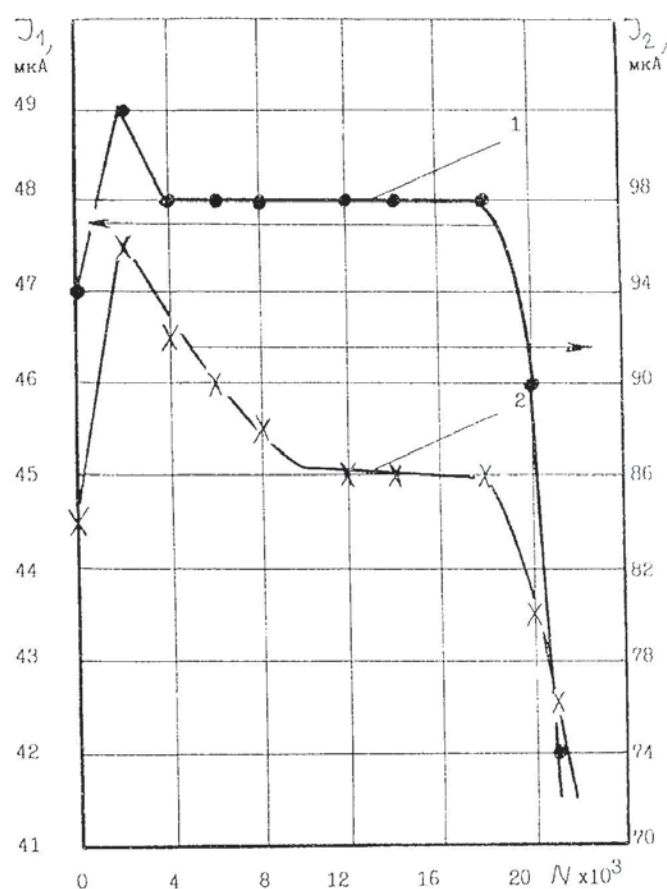


Рис. 2. Изменение электропроводности металла на резьбовой части (кривая 1) и гладкой части (кривая 2) болтов из стали 40X с нарезанной резьбой М 22×2,5 после циклических нагружений

ких испытаний обобщены и представлены на рис. 4 в виде графических зависимостей для временного сопротивления.

Получено, что деформационная тренировка металла в динамическом режиме силового нагружения приводит к заметному повышению статической прочности болтов в области «пиковых» значений для числа циклов $N = 2000$ и $N = 3000$ соответственно для нарезанной и накатанной резьбы. Наибольшее повышение временного сопротивления — до 25% получено для болтов с накатанной резьбой, что является дополнительным подтверждением преимуществ изготовления резьбы холодным пластическим деформированием металла.

Повышенный уровень прочности (при сравнении с исходными недеформированными болтами при $N = 0$) сохраняется до $N \approx 7 \times 10^3$ циклов для нарезанной резьбы и $N \approx 20 \times 10^3$ циклов для накатанной резьбы. Следовательно, во впадинах накатанного резьбового профиля происходит более медленное накопление дефектов структурного состояния металла в процессе динамического силового нагружения стержневых резьбовых изделий (например, болтов), что положительно влияет на долговечность резьбовых соединений.

Вывод: можно повысить статическую прочность стержневых резьбовых изделий в достаточно широком диапазоне путем предварительной деформационной тренировки металла в резьбе переменными растягивающими напряжениями. Так, для болтов М 22×2,5

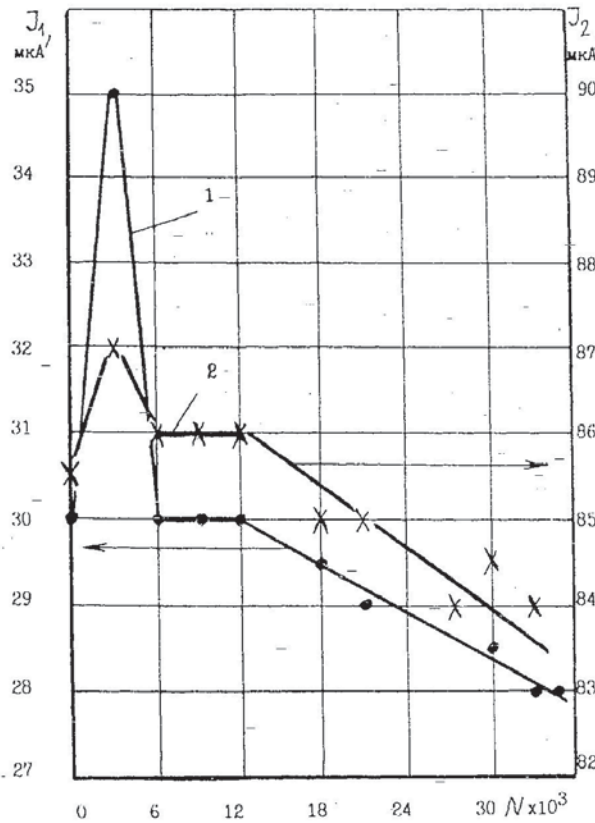


Рис. 3. Изменение электропроводности металла на резьбовой части (кривая 1) и гладкой части (кривая 2) болтов из стали 40X с накатанной резьбой M 22x2,5 после циклических нагружений

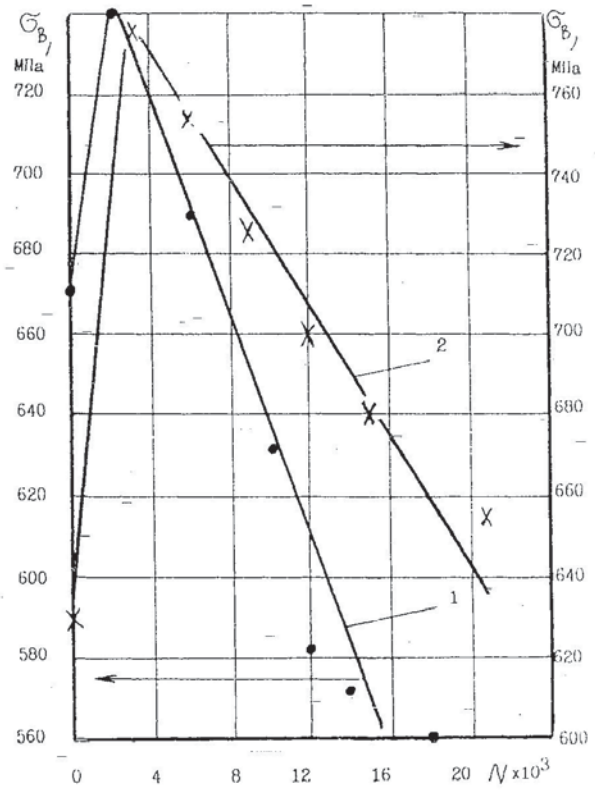


Рис. 4. Изменение прочности болтов из стали 40X с резьбой M 22x2,5, подвергнутых предварительным усталостным испытаниям по схеме растяжения: 1 - резьба нарезана; 2 - резьба накатана

из стали 40X получено повышение прочности на 10 и 25% для нарезанной и накатанной резьбы при числе циклов 2000 и 3000 соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биргер И. А., Иосилевич Г. Б. Резьбовые и фланцевые соединения. - М.: Машиностроение, 1990. - 368 с.
2. Кармадонов А. Ф., Зандфос Л. В. Упрочнение предварительной перегрузкой соединений / Сб. трудов «Машиноведение». - Челябинск, ЧПИ, 1974. - № 142. - С. 141-143.
3. Олейник Н. В., Петергеря Д. М. О роли масштабного эффекта при тренировке металла перегрузками // Вестник машиностроения. - 1962. - № 6. - С. 20-23.
4. Манасевич А. Д. Физические основы напряженного состояния и прочности металлов. - М.: Машиз, - 1962. - 199 с.
5. Герасимов В. Я. Электроиндуктивный контроль деформационного упрочнения калиброванной стали // Сталь. 1993. № 8. С. 62.
6. Герасимов В. Я., Мосталыгин Г. П., Герасимова О. В. Применение неразрушающего электроиндуктивного контроля свойств деформированного металла // Технология машиностроения. 2003. № 4. С. 41-42.
7. А.с. 1837222 (СССР), МКИ 5 G 01 N 27/90, № 4816364/28. Устройство для вихретокового контроля / В.Я. Герасимов // Бюллетень изобретений. - 1993. - № 32. - С.53.