

УДК 620.19

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА ДЛЯ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МАГНИТОТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

*П. А. ШАРИН, А. В. ЧУПРИН, В. А. ЧУПРИН, Т. А. СОСНИЦКАЯ*

ООО «Научно-промышленная компания «ЛУЧ»

Балашиха, Россия

UDC 620.19

## APPLICATION OF PULSED CURRENT FOR DEMAGNETIZATION PARTS FROM MAGNETICALLY HARD MATERIALS

*P. A. SHARIN, A. V. CHUPRIN, V. A. CHUPRIN, T. A. SOSNITSKAYA*

### Аннотация

Доклад посвящен вопросу применения импульсного размагничивания для деталей из магнитотвердых материалов. В качестве объекта исследования использовались кольца подшипников. Исследовалась эффективность различных вариантов намагничивания и размагничивания колец. Установлено, что размагничивание колец предпочтительно делать не одиночными импульсами, а сериями по 3...5 импульсов одной полярности с уменьшением амплитуды от серии к серии.

### Ключевые слова:

импульсный ток, намагничивание, размагничивание, кольцо подшипника.

### Abstract

The report is devoted to the use of pulsed demagnetization for parts made of magnetically hard materials. As a research object, the bearing rings were used. The efficiency of various variants of magnetization and demagnetization of rings was investigated. It is established that demagnetization of rings is preferably done not by single pulses, but by 3 to 5 pulses in series of one polarity with decreasing amplitude from series to series.

### Key words:

impulse current, magnetization, demagnetization, bearing ring.

Детали из магнитотвердых материалов часто контролируют способом остаточной намагниченности с применением импульсного тока, проходящего по детали или по намагничивающему устройству. После проведения контроля деталь требуется размагнитить, для чего, как правило, применяют то же импульсное устройство, которым намагничивали деталь. Процесс размагничивания согласно рекомендациям [1] должен длиться от 30 до 120 с, при этом не всегда удается размагнитить с первого раза, а иногда и многократное размагничивание не дает требуемого результата. Увеличение времени размагничивания приводит к снижению производительности, что следует учитывать при большом объеме контроля однотипных деталей.

На качество размагничивания оказывает влияние множество различных факторов, в том числе параметры намагничивания, характеристики металла изделия, параметры размагничивающих импульсов.

1. Параметры намагничивания включают:

– вид намагничивающего поля или тока (постоянный, переменный, импульсный);

– частота тока и длительность импульса;

– максимальная амплитуда намагничивающего поля;

– ориентация намагничивающего поля.

2. Характеристики металла изделия: марка стали, твердость или режим термообработки, коэрцитивная сила, магнитная вязкость.

3. Параметры размагничивающих импульсов: амплитуда, длительность, форма и частота следования импульсов.

В рамках данной работы исследования проводились на кольцах подшипников, имеющих следующие параметры: марка стали – ШХ15; твердость HRC 42...62; коэрцитивная сила 38 А/см; диаметр 160 мм, высота 80 мм.

Целью работы является исследование влияния длительности намагничивающих и размагничивающих импульсов на качество размагничивания колец подшипников после проведения магнитопорошкового контроля.

Намагничивание осуществлялось устройством УНИ-2000/4000 [2], обеспечивающим регулировку длительности импульсов от 1,5 до 2,5 мс (аналог устройства, входящего в установку МДС-09 [3], обеспечивающей регулировку длительности импульса до 10 мс). Измерение напряженности поля и остаточной намагниченности проводилось миллитесламетром ТП2-2у.

Намагничивание кольца осуществлялось таким образом, чтобы получить на его поверхности максимальную намагниченность. Это достигалось намоткой трех витков кабеля с одной стороны кольца (рис. 1), при этом максимальная намагниченность наблюдалась на торцевой поверхности кольца в пределах 100 мм от крайнего витка.

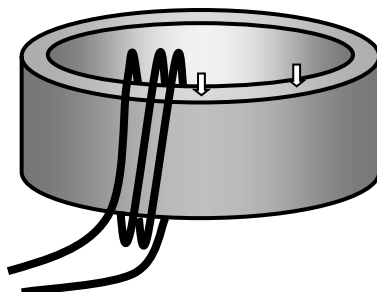


Рис. 1. Положение витков кабеля на кольце подшипника

На рис. 1 стрелками показаны точки измерения остаточной намагниченности.

Согласно [4] размагничивание импульсным полем получается качественным, если деталь была намагничена импульсным полем. При этом не учитывается влияние длительности импульса. Практически, в ряде случаев целесообразно намагничивать деталь короткими импульсами, а размагничивать более длинными. Например, для намагничивания кольца для контроля достаточно длительности импульса  $\tau=1,5$  мс, а для качественного размагничивания предпочтительно длительность импульса увеличить. Кроме того, из-за магнитной вязкости [5] материала кольца рекомендуется намагничивать не менее, чем тремя импульсами.

Для уточнения необходимого числа импульсов намагничивания и перемагничивания кольцо подшипника было полностью размагничено. Размагничивание кольца проводилось в несколько этапов с вращением кольца и сменой ориентации поля на  $90^\circ$  таким образом, чтобы остаточная намагниченность не превышала 5 А/см. Затем кольцо намагнитили 10 импульсами условной полярности N1 с измерением остаточной намагниченности после каждого импульса. После этого кольцо дважды перемагничили десятью импульсами полярности S и N2 длительностью  $\tau=1,5$  мс. Потом кольцо опять размагничили и все повторили с импульсами длительностью  $\tau=2,5$  мс. Характер изменения намагниченности кольца от импульса к импульсу показан на рис.2.

Из графиков (рис. 2) видно, что при первом намагничивании из размагниченного состояния (графики N1) кольцо в обоих случаях (рис. 2, а и 2, б) намагничивается практически до максимального значения после прохождения первого импульса тока. Тогда как, при перемагничивании кольца полярностью S, N2 и длительности импульса  $\tau=1,5$  мс, достаточная намагниченность достигается после пятого импульса (рис. 2, а), а при  $\tau=2,5$  мс – увеличение намагниченности прекращается после третьего импульса (рис.2, б), что объясняется магнитной вязкостью металла [4, 5].

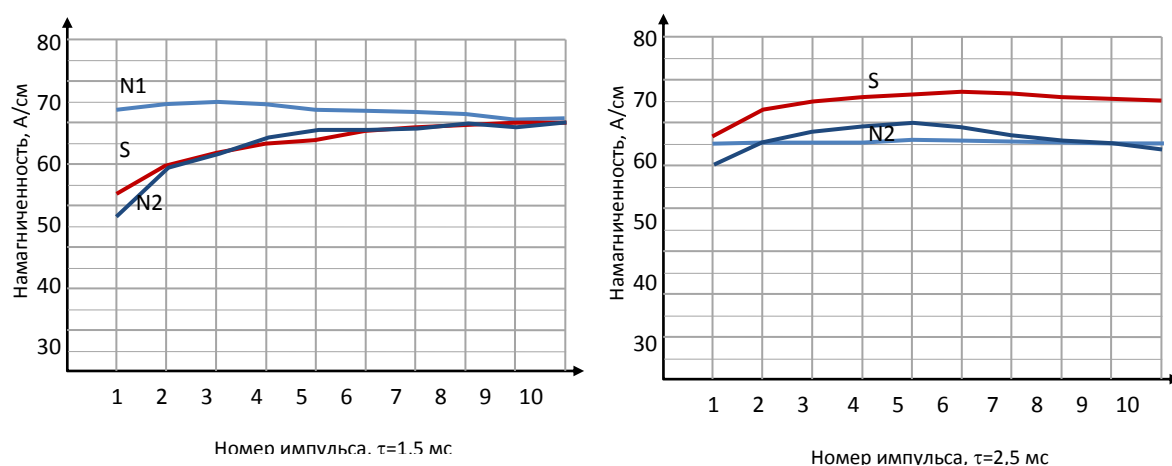


Рис. 2. Характер изменения намагниченности кольца в зависимости от числа размагничивающих импульсов длительностью  $\tau= 1,5$  мс (а) и  $\tau=2,5$  мс (б)

Из этого можно сделать вывод, что намагничивать кольца нужно не менее, чем пятью импульсами тока, если их длительность  $\tau=1,5$  мс, и не менее, чем тремя – при  $\tau=2,5$  мс, так как кольца, поступающие на контроль, имеют произвольную намагниченность.

Для определения режима размагничивания, кольцо размагничивали при двух длительностях и двумя способами – одиночными импульсами и сериями по 5 импульсов (рис. 3). Намагничивание кольца осуществлялось во всех случаях импульсом тока 3000 А (условно полярности N). Размагничивание начиналось с импульса противоположной полярности (S) немного большей амплитуды, а затем амплитуда снижалась с каждым импульсом с шагом 250 А. На гистограммах первый импульс соответствует намагничиванию.

Из сравнения гистограмм на рис. 3, а и 3, б видно, что при намагничивании одиночными короткими импульсами кольцо намагничивается только до 50 А/см (рис. 3, а), а при снижении тока до 2000 А и менее наблюдается явный перекус в сторону полярности намагничивания. Это объясняется магнитной вязкостью металла кольца – за 1,5 мс металл не успевает намагнититься до состояния близкого к насыщению. Этим же объясняется и перекус, т.к. домены легче разворачиваются в сторону первого намагничивания.

При размагничивании сериями импульсов (рис. 3, б) уровень намагничивания разной полярности несколько выравнивается, но при малых значениях тока все-таки происходит перекус, и требуемое размагничивание отсутствует. Было сделано предположение, что размагничивание не происходит из-за большого шага уменьшения тока в области малых токов. Поскольку вручную уменьшить шаг невозможно, то кольцо дополнительно размагничивали автоматически, меняя время размагничивания: 10, 30 и 60 с. Во всех случаях остаточная намагниченность кольца была более 7 А/см.



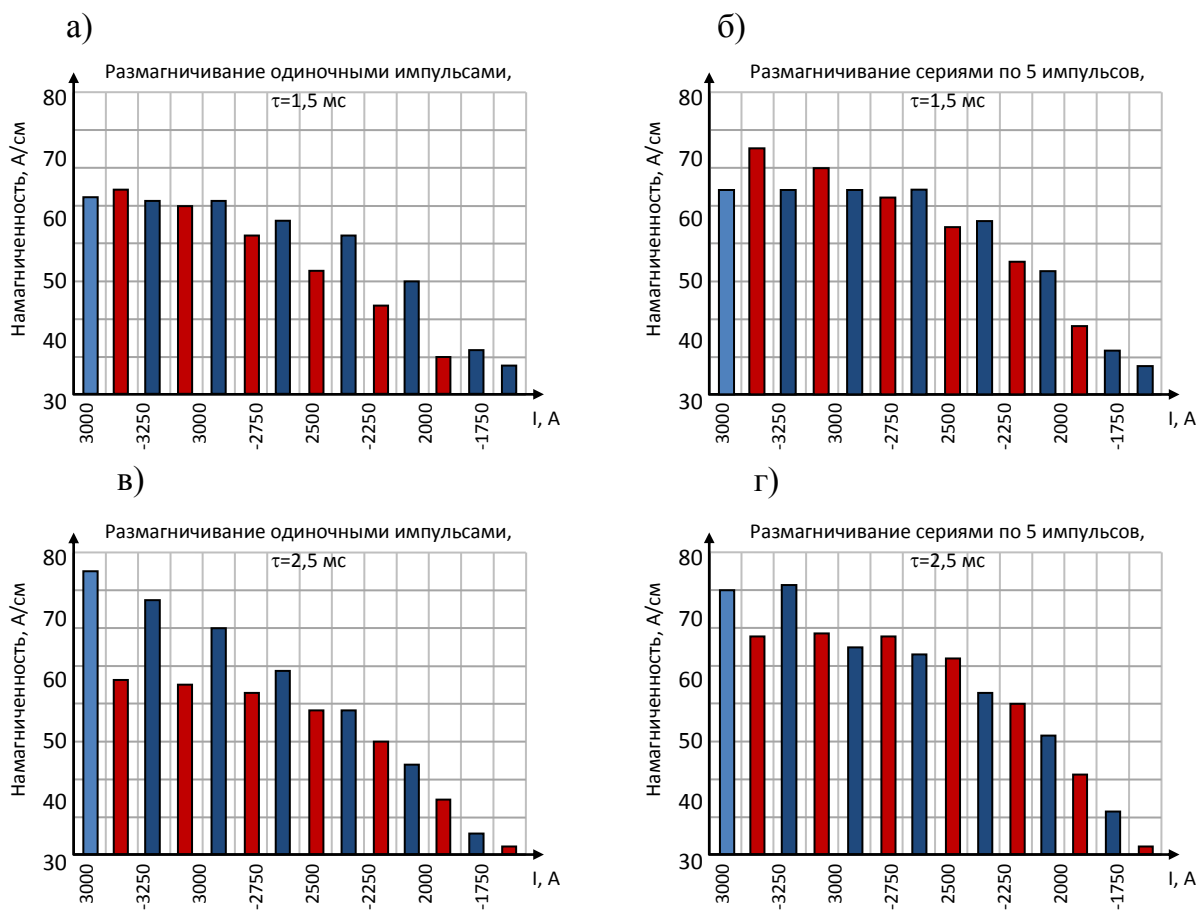


Рис. 3. Размагничивание колец импульсами длительностью  $\tau=1,5$  мс (а, б) и  $\tau=2,5$  мс (в, г) одиночными импульсами (а, в) и сериями по 5 импульсов (б, г)

При размагничивании кольца одиночными импульсами и сериями импульсов длительностью 2,5 мс происходит выравнивание токов в первом случае после 1750 А, а во втором – после 2250 А. При этом в обоих случаях кольцо было размагничено до допустимых пределов.

### Выводы

1. Намагничивание колец при длительности импульса  $\tau = 1,5$  мс нужно проводить не менее, чем пятью импульсами.
2. При длительности импульса  $\tau = 2,5$  мс для надежного намагничивания кольца нужно пропустить не менее 3 импульсов, учитывая то, что на практике не всегда известно, как намагничено кольцо, поступившее на контроль.
3. Размагничивание колец предпочтительно делать не одиночными импульсами, а сериями по 3...5 импульсов одной полярности с уменьшением амплитуды от серии к серии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шелихов, Г. С.** Магнитопорошковый контроль с применением переносных дефектоскопов / Г. С. Шелихов, Ю. А. Глазков, М. В. Сапунов. – М. : Изд. дом «Спектр», 2010. – 192 с.

2. Устройство для магнитопорошкового контроля УНИ 2000/4000 / В. Ю. Константинов [и др.] // В мире неразрушающего контроля. – 2011. – № 1 (51) – С. 76–78.

3. Магнитопорошковый контроль деталей сложной формы в процессе эксплуатации / А. В. Чуприн [и др.] // В мире неразрушающего контроля. – 2016. – Т.19 – № 2. – С. 73–75.

4. **Шелихов, Г. С.** Магнитопорошковая дефектоскопия // Под ред. акад. В. В. Клюева. – М. : Издательский дом «Спектр», 2010. – 336 с.

5. **Мишин, Д. Д.** Магнитные материалы : учеб. пособие для вузов. / Д. Д. Мишин. – М. : Высш. шк., 1991. – 384 с.

E-mail: [petrasharin@mail.ru](mailto:petrasharin@mail.ru)

[avchuprin@mail.ru](mailto:avchuprin@mail.ru)

[vachuprin@mail.ru](mailto:vachuprin@mail.ru)

[sosnatas@yandex.ru](mailto:sosnatas@yandex.ru)