

## ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА УЗЛОВ ТРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОСТИЖЕНИЙ ПРИКЛАДНОГО МАГНЕТИЗМА

*Малыгин Б.В., Блах И.В., Дюдяева О.А.,  
Херсонский государственный морской институт*

**Введение.** Примерно 80-90 % отказов машин и механизмов происходит из-за износа узлов и деталей, а также рабочего инструмента. За полный цикл эксплуатации машин, эксплуатационные затраты (расходы, трудоемкость ремонта и затраты материалов на ремонт) в несколько раз превышают затраты на изготовление новых машин. Ремонтом оборудования в развитых странах занято около 30 % общего числа рабочих и примерно такая же часть станочного парка. На ремонт расходуется пятая часть всего выплавляемого металла.

Кроме того, значительные расходы обусловлены недооценкой значимости проблем износостойкости и долговечности машин, как ныне эксплуатируемых, так и намеченных к выпуску в ближайшее время.

**Актуальность.** Триботехника – это путь к высвобождению огромных "резервов" повышения долговечности машин, при сохранении их рабочих характеристик, которое обуславливается главным образом долговечностью узлов и элементов трения, равносильно не только пропорциональному повышению производительности, но и высвобождению огромных ресурсов рабочей силы, сырья, материалов, финансовых средств.

В Украине из-за недостатка средств последние 15 лет основные фонды почти не обновлялись и по прогнозу многих экспертов в ближайшее время не предвидится. Следовательно, ожидается отрицательная динамика работоспособности промышленного, энергетического и других видов оборудования. А значит стоит задача максимального увеличения сроков эксплуатации действующего оборудования с сохранением надежности его эксплуатации, при минимальных затратах. Особая роль в рассмотрении вопросов трения отводится поверхностным слоям.

До последнего времени основным направлением по борьбе с изнашиванием в машиностроении было повышение твердости трущихся поверхностей детали. В промышленности разработано большое количество методов повышения твердости деталей (хромирование, азотирование, цементирование и т. д.). Это направление позволило в большей степени повысить надежность трущихся деталей машин. Однако постоянное стремление к уменьшению массы машин и повышению интенсификации рабочих процессов привело к увеличению давлений в узлах машин и скоростей скольжения и ухудшило условия смазывания. Кроме того, требования к повышению КПД механизмов, а также применение специальных смазочных материалов и жидкостей привело к тому, что

традиционные методы увеличения износостойкости деталей повышением их твердости во многих случаях перестали себя оправдывать.

**Основная часть.** В решении поставленной задачи важную роль играет создание новых методов повышения ресурса узлов трения [1–8]. Один из них предлагается авторами и изложен ниже.

На рис. 1 показана схема улучшения основных параметров работы узлов трения скольжения с применением магнитно-импульсной обработки (МИО) в триботехнике и приведены основные объекты для магнитной обработки. При помощи МИО можно не менее чем на 25 % повысить работоспособность узла трения, увеличить на 20...50 % эффективность смазки и скорость охлаждения подшипников скольжения, ускорить (в нужном направлении) течение химических реакций, протекающих в зоне трения скольжения между компонентами смазки. Это позволяет с вероятностью 60...70 % прогнозировать вероятность и характер ожидаемого разрушения детали (узла). Вышеизложенное позволяет не только достаточно точно выбрать объекты для магнитной обработки, но и определить границы метода в решении первоочередных задач упрочнения. Наиболее удобными объектами для объемной и локальной МИО может быть любой металлорежущий инструмент, цельные и сборные штампы, рабочие органы буровых снарядов и горных машин, несущие органы, стальные троса и канаты, а также любые вращающиеся (особенно динамически нагруженные) детали, например, валы, оси, цапфы, подшипники и др. диаметром 100...200 мм.

Специальная локальная магнитная обработка металлов позволяет снизить термодокоррозионный износ деталей, механизмов, работающих при повышенной температуре (до 600...800°C), уменьшить разрушение трубо- и паропроводов за счет устранения большей части монтажных перенапряжений и остаточных концентраций в сварных швах, повысить электростатическую и аэрозольную стойкость электропроводов и кабельных систем, а также значительно повысить срок службы деталей машин, работающих при температуре минус 40...270°C и повышенной влажности. Объектами МИО, как эффективного способа повышения долговечности, могут быть пары из ферро- и парамагнетиков, применяемые в электротехнике, приборостроении и точной механике. При помощи локальной магнитной обработки, а также обработки изделий в контейнерах с применением феррожидкости можно в 2...5 раз повысить ресурс оборудования, арматуры и конструкций из цветных металлов сплавов. Локальное намагничивание ослабленных сечений позволяет в 3...4 раза увеличить надежность крепежных соединений (заклепочных швов, болтовых и шпоночных соединений), соединительных муфт, переходных штанг и др. Магнитная обработка механизмов и машин в специальных магнитных камерах (большого объема) повышает надежность сборки и монтажа агрегатов, увеличивает экономичность работы двигателей внутреннего сгорания, реактивных двигателей, узлов атомных реакторов, узлов самолетов, рабочих блоков и оборудования криогенной аппаратуры, турбин, клапанов и др.

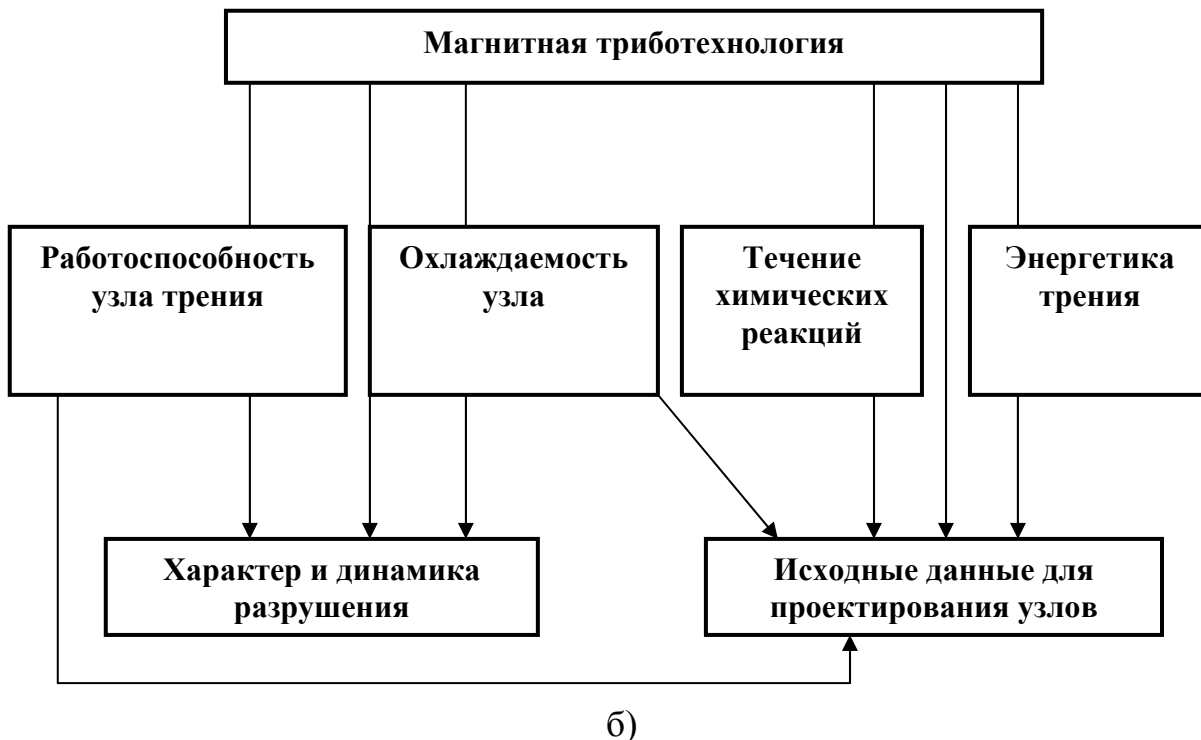


Рисунок 1. Влияние МИО на свойства материалов (а) и раскрытие эффекта на примере магнитной триботехнологии (б)

На основании вышеизложенного определялось место технологии и установок для магнитоупрочнения. Например, в машиностроении возможности МИО должны учитываться не только при проектировании, а также при изготовлении, как отдельных деталей машин, так и целых

агрегатов, что максимально повышает ресурс их работы. В качестве примера приведена схема применения МИО на одном из машиностроительных заводов Украины (рис. 2).



Рисунок 2. Технология МИО в машиностроении

- 1 – изготовление литейной, штамповочной и другой оснастки,
- 2 – изготовление металлорежущего инструмента и штампов,
- 3 – изготовление и контроль деталей,
- 4 – сборка, монтаж и наладка механизма с применением намагниченного крепежа, локальной обработки узлов,
- 5 – за счет МИО в камерах-соленоидах, локальной обработки магнитными шайбами, магнитной обработкой узлов под нагрузкой

Из рисунка 2 следует, что при изготовлении технологической оснастки и основных инструментов в инструментальных и механических цехах, на участках сборки, монтажа, наладки, как отдельных узлов, так и всего агрегата установки для МИО изделий целесообразно расположить на поточной линии

серийного производства машин. Поэтому, в машиностроении необходимо не только проектировать и применять технологию МИО, но также планировать универсальный комплект магнитной оснастки, то есть весь инструментарий для оперативного осуществления магнитного упрочнения изделий конкретного производства (типоразмеры соленоидов, габариты и массу сердечников, магнитных скоб, наконечников, системы охлаждения и размагничивания, размеры и производительность установки, магнитных камер). Особое внимание следует уделить не только контролю параметров результата магнитной обработки, уменьшению локальных концентраций внутренних и сборочных напряжений, но и компьютеризации магнитоупрочнения.

По результатам проведенных работ можно предложить место размещения магнитных установок (рис. 3 и рис. 4) при крупно- и мелкосерийном производстве деталей, при изготовлении деталей машин и механизмов в машино- и приборостроении.

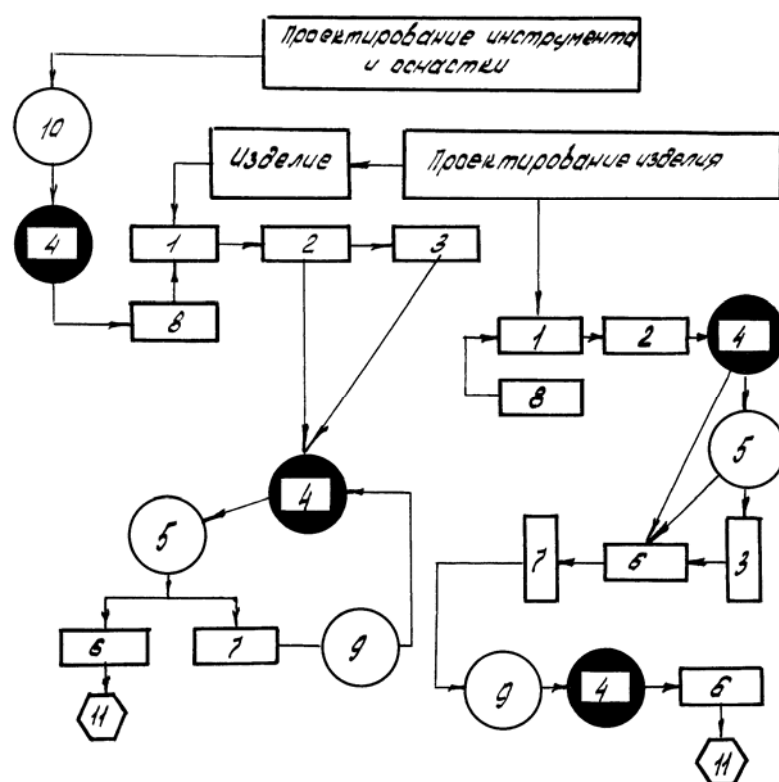


Рисунок 3. Месторасположение МИО при серийном выпуске деталей

- |                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1 – механическая обработка,        | 8 – упрочненный инструмент,     |
| 2 – термическая обработка,         | 9 – сборка,                     |
| 3 – финишная обработка и доводка,  | 10 – изготовление инструмента и |
| 4 – магнитно-импульсная обработка, | оснастки,                       |
| 5 – выдержка и контроль,           | 11 – складирование              |
| 6 – размагничивание,               |                                 |
| 7 – готовое изделие (деталь),      |                                 |

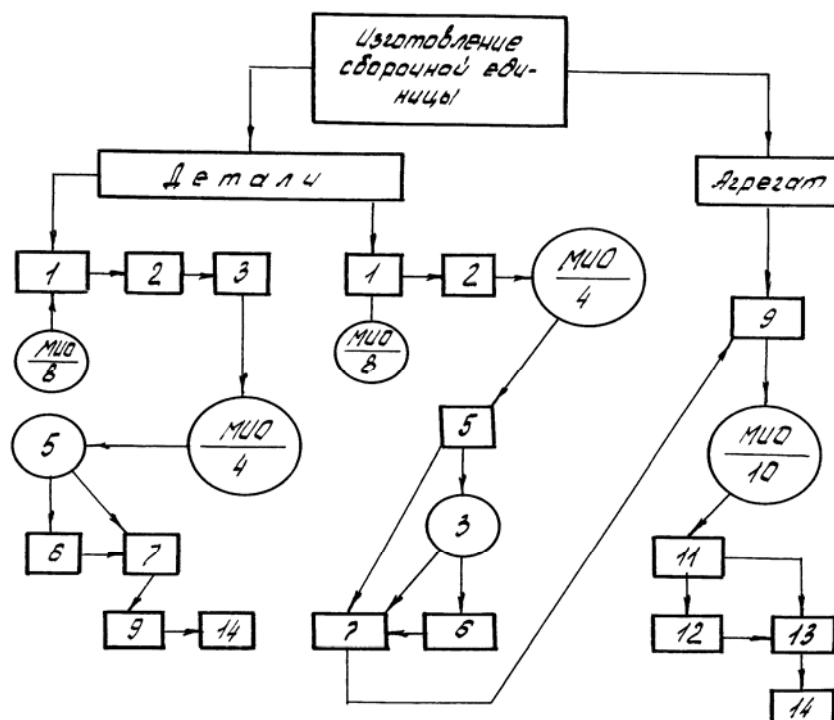


Рисунок 4. Месторасположение установок МИО при изготовлении механизмов в машино- и приборостроении

- 1 – механическая обработка,
- 2 – термическая,
- 3 – отделочная работа,
- 4, 10 – МИО,
- 5, 11 – выдержка,
- 6, 12 – размагничивание,
- 7 – готовые детали, агрегаты,
- 8, 14 – упрочненный инструмент,
- 9 – сборка,
- 13 – стендовые испытания.

Из приведенных схем видно, что, установки МИО необходимо предусмотреть на следующих технологических операциях:

- 1) на участках термообработки деталей (например, для замены отжига, отпуска, нормализации и др.),
- 2) после финишной обработки изделий,
- 3) в конце сборочных линий,
- 4) на участках по изготовлению металлорежущего инструмента и штамповочной оснастки основных технологических цехов.

Кроме того, на рисунках 3, 4 показаны места возможного размещения размагничивающих устройств, необходимых для устранения остаточной

напряженности магнитного поля с предварительно упрочненных изделий (если она нежелательна при работе механизма). При таком расположении установок МИО можно не только упрочнить обрабатывающий инструмент и детали машин, но и повысить на 25...40 % надежность и ресурс работы механизма.

**Выводы.** Опыты и результаты проведенных работ подтверждают перспективы создания магнитной триботехнологии, принципы которой позволят при помощи электродинамики управлять работой любых узлов трения.

Предложенные укрупненные схемы технологий и устройств позволяют просто и удобно планировать объекты для магнитного упрочнения, а также рационально расположить установки на линиях поточного производства ведущих отраслей народного хозяйства.

Обобщая в дальнейшем результаты работ по МИО узлов трения, можно получить исходные данные для проектирования наиболее устойчивых с позиций триботехники и трибомеханики механизмов и сборочных единиц.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малыгин Б.В., Мендельсон С.А., Селезнева Е.В. Эффективность внедрения магнитной обработки инструмента и деталей машин // Технология и организация производства. – 1988. – № 1. – С. 7–9.
2. Малыгин Б.В. Магнитно-импульсное упрочнение инструмента и деталей машин. – М. : Машиностроение, 1989. – 120 с.
3. Малыгин Б.В. А.с. 735657, МКИ С 21Д-1/04. Установка для снижения расхода металлов защитных покрытий.
4. Малыгин Б.В. Опыт внедрения новых методов магнитного упрочнения // Механизация и автоматизация производства. – 1989. – № 10. – С. 23–25.
5. Малыгин Б.В., Семерникова И.А. Магнитно-импульсное упрочнение деталей машин и инструмента // Станки и инструменты. – 1989. – № 4. – С. 23–26.
6. Малыгин Б.В., Мендельсон С.А. Магнитное упрочнение измерительного инструмента и деталей оснастки // Станки и инструменты. – 1990. – № 1. – С. 38–42.
7. Малыгин Б.В., Долинский В.И. А.с. № 1693778. Способ изготовления машин и механизмов, 1991.
8. Малыгин Б.В., Бень А.П., Лемещенко Е.Б. Применение управляемого прикладного магнетизма. Теория. Технология. Практика: материалы I Міжнар. конференції [”Radio electronics, Informatics, Technology”], (Кишинів, 15-16 жовт. 2008 р.) / Академія Наук Молдови. – Кишинів : Техн. університет Молдови, 2008. – С. 281–284.
9. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочнение изделий. (теория и практика). – Херсон : Изд-во ХГМИ, 2009. – 352 с.