

КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Аль-Шаер Мунир Фатхи
(Дания)

УДК 621.923:621.924

**КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ ПРИ АБРАЗИВНОМ ШЛИФОВАНИИ**

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1993

ТВ 28. 1991

Работа выполнена в Киевском политехническом институте.

Научный руководитель: доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники Украины, профессор Гвария А. І.

Научный консультант: доктор технических наук Лобинюк В. В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, академик АИИ Украины Карюк Г. Г.

кандидат технических наук, старший научный сотрудник Мушов Ю. А.

Ведущая организация: Киевское производственное объединение "Большевик".

Защита состоится 25 октября 1993 г. в 15 часов на заседании специализированного совета К 068.14.15 в Киевском политехническом институте по адресу: 252056, г. Киев, - проспект Победы, 37, учебный корпус 19, аудитория 341.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан 5 октября 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Романенко В. В.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00802680 (0)

Целью диссертационной работы является повышение эффективности управления выходными параметрами магнитных головок технологическими средствами, и разработка промышленных методов шлифования блоков головок в целом.

В работе решены следующие задачи:

1. Изучены существующие способы и методы изготовления магнитных головок, разработаны и обоснованы требования к современным технологическим процессам.
2. Экспериментально исследованы процессы шлифования плоскостей разъемов и рабочих поверхностей магнитных головок из новых материалов, используемых в Дании.
3. Определены основные технологические факторы, влияющие на качество поверхностей магнитных головок при обработке, разработаны аналитические соотношения, связывающие их, и проанализирован технологический процесс с точки зрения оптимальности его построения.
4. Разработаны практические рекомендации по выбору режимов обработки и инструментов для тонкого абразивного шлифования плоскостей разъемов и рабочих поверхностей магнитных головок.

Автор защищает технологические основы управления выходными параметрами магнитных головок и шероховатостью поверхности в системе шлифования, включающими:

1. Концепцию формирования шероховатости поверхности при абразивной обработке, позволяющую описать механизм образования высоты микронеровностей и идентифицировать причины образования микронеровностей на рабочей поверхности магнитной головки.
2. Результаты экспериментальных исследований процессов шлифования плоскостей разъемов и рабочих поверхностей магнитных головок из магнитомягких материалов.
3. Результаты исследования закономерностей образования наклепа при шлифовании.
4. Показатели σ , τ , для сравнительного анализа микронеровностей обработанных поверхностей.
5. Теоретическую и экспериментальную методики сравнительного анализа микронеровностей обработанных поверхностей.

6. Математическую модель, связывающую потери сигнала головки и величины перекоса линии рабочих зазоров с образующей рабочей поверхности.

7. Методику экспериментального определения усилий резания, температур шлифования и измерения остаточных напряжений в поверхностных слоях магнитных головок.

8. Экспериментальную методику визуального исследования и идентификации процессов абразивного шлифования згнитомягких сплавов.

9. Теоретическую и экспериментальную методики исследования влияния входных параметров системы шлифования на шероховатость обработанной поверхности.

10. Результаты теоретических и экспериментальных исследований закономерностей формирования шероховатости поверхности при абразивной обработке.

11. Практические способы управления системой шлифования по параметру шероховатости обработанной поверхности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Бурные темпы развития научно-технического прогресса выдвигают перед работниками науки и промышленности задачи по дальнейшему совершенствованию и интенсификации производства, изменению в его организации и технологии, выявлению новых путей и возможностей научно-технического прогресса, ускорению роста производства.

Решение поставленных задач возможно только на базе механизации и автоматизации производственных процессов, внедрения в промышленность новых технологических процессов и применения электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Дальнейшее повышение производительности ЭВМ и расширение круга задач, решаемых на них, использование в машиностроении развитых систем числового программно-о управления (ЧПУ), а также на их основе управление глубокими производственными системами (ГИС), связано с существенным развитием работ по усовершенствованию аппаратуры магнитной записи (МЗ) внешних запоминающих устройств, повышению надежности их работы и увеличению плотности записи информации.

Рабочие и эксплуатационные параметры МЗ в значительной

степени определяется соответствующими параметрами системы "го- ловка-носитель-головка". Поэтому исследование, разработка и ос- воение промышленной технологи производства современных высоко- качественных магнитных головок является одним из основных ключе- вых вопросов в деле создания аппаратуры, обеспечивающей развитие широкого класса указанных систем.

На основании литературных данных можно судить о том, что в последние годы за рубежом достигнут определенный прогресс в раз- работке специализированных технологических процессов, предназна- ченных для мелкосерийного и серийного производства с механизаци- ей наиболее трудоемких процессов.

Разработкой магнитных головок и технологии их изготовления в Дании занимаются несколько различных организаций. Технологи- ческие процессы ориентированы на индивидуальное и мелкосерийное производство с широким использованием ручного труда рабочих выс- шей квалификации, и поэтому малоприспособны для запуска в массовое производство. Большинству технологических процессов присущи все основные недостатки, типичные для индивидуального и мелкосерий- ного производства прецизионных приборов: низкая производи- тельность труда, значительные затраты ручного труда, высокая стои- мость, значительный разброс параметров, большой процент брака (в отдельных случаях до 90 %), необходимость использования остроде- фицитных импортных абразивных инструментов и т. п.

Поэтому, создание научно обоснованной технологии шлифования рабочей поверхности магнитных головок и внедрение современных технологических процессов в производство является серьезной на- учной проблемой, положительное решение которой имеет народнохо- зяйственное значение.

Общая методика исследований. Теоретические и эксперимен- тальные исследования и разработка практических рекомендаций проводились на основе использования современных достижений теори шлифования и абразивной обработки, резания материалов, теори вероятности и математической статистики, теории математичес- кого планирования экспериментов, численных методов анализа с применением ЭВМ. Экспериментальные исследования проводились с использованием современной контрольно-измерительной и регистри- рующей аппаратуры.

Научная новизна. Впервые проведено экспериментальное изучение обработки шлифованием магнитомягких сплавов 81НМ (Россия), "Mi-metal" (ФРГ), "Recovak" (ФРГ), "Alfo" (Япония).

Изучены особенности тонкого плоского и наружного круглого шлифования.

Выявлены закономерности влияния основных технологических факторов на выходные параметры магнитных головок из сплавов "Recovak" и "Mi-metal", на основе чего созданы рациональные технологические процессы тонкого абразивного шлифования плоскостей разъемов и рабочих поверхностей магнитных головок с обеспечением параметров качества.

Впервые экспериментально исследованы параметры наклепа магнитомягких сплавов при различных способах абразивной обработки по разработанной методике с использованием различных технологических способов исследования.

Практическая ценность. Разработана концепция формирования шероховатости обработанной поверхности магнитомягких сплавов; при этом установлено, что шлифование магнитных головок возможно. Экспериментально установлено, что требуемые рабочие параметры магнитных головок возможно обеспечить при:

- а) тонком шлифовании плоскостей разъемов поддублоков;
- б) тонком шлифовании рабочих поверхностей магнитных головок.

Разработан научно обоснованный способ управления обработкой поверхностей за счет применения специальной технологической оснастки, приемов и методов обработки. Он позволяет улучшить повторяемость рабочих параметров в партии головок и уменьшить разброс параметров в пределах одной многодорожечной головки.

Предложенный в работе способ измерения составляющих усилия резания P_z и P_y , и контактных температур при плоском и круглом шлифовании, позволяющий определить значения P_z и P_y в процессе плоского и круглого шлифования с использованием тензометрических, индуктивных и других типов датчиков, с целью управления качеством поверхности по параметру шероховатости поверхности и обрабатываемого материала.

Вероятностный критерий сравнительной оценки шероховатости поверхности используется при разработке схем управления технологическим процессом с целью получения заданных параметров шероховатости обработанной поверхности.

Установлена возможность управления качеством поверхностного слоя путем регулирования процессов упрочнения и отжига.

Доказано, что процессы абразивной обработки магнитомягких сплавов сопровождаются упрочнением от сил резания, и одновременным разупрочнением от температур в зоне шлифования и доводки. Наклеп магнитомягких сплавов является результатом взаимодействия процессов упрочнения и разупрочнения. Показано, что параметрами наклепа можно управлять назначением оптимальных режимов шлифования. Производя абразивное шлифование с тонкими доводочными режимами резания (минимальные — скорость изделия, продольная и поперечная подачи, глубина шлифования), обуславливаемыми возникновением небольших сил, возможно получение поверхностного слоя с минимальным упрочнением, с минимальной глубиной залегания и минимальными величинами остаточных напряжений. Эти же режимы шлифования способуют получению минимальной шероховатости обработанной поверхности.

Установлена возможность управления качеством поверхностного слоя путем назначения для обработки типа абразивного инструмента. Полученные экспериментальные данные по температурам, удельным силам, а также приведенным силам на одно зерно свидетельствуют о преимуществах обработки мелкозернистыми абразивными инструментами. Стабилизация параметров наклепа способствует получению высокого уровня выходных параметров магнитных головок, а ужесточение режимов шлифования значительно повышает производительность труда.

Показано, что повышение температур в зоне обработки с целью повышения качества поверхностного слоя ограничено тепловыми характеристиками магнитомягких сплавов.

На основе результатов работ по исследованию процессов шлифования магнитомягких сплавов удается определить рациональные области применения абразивных инструментов для обработки различных классов магнитных головок.

Реализация результатов. Результаты работы используются датской компанией "Биокорд" в производстве магнитных головок к высококлассным студийным аппаратам звукозаписи "Биокорд-001", что позволило заменить их ручную доводку абразивным шлифованием.

Апробация результатов. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях по новым достижениям и перспективам развития в области отделочной обработки деталей машин:

- 1) Создание интегрированных гибких производств в области механической обработки и опыт их эффективной эксплуатации в промышленности (24-26 апреля 1990 г., г. Киев);
- 2) Комплексная технологическая подготовка производств средствами САПР (2-3 сентября 1989 г., г. Одесса);
- 3) Совершенствование систем магнитной записи (2-4 октября 1990 г., г. Киев);
- 4) Прогрессивные процессы механической обработки неметаллических материалов (10-12 октября 1990 г., г. Алушта);
- 5) Ресурсо-сберегающая технология механо-сборочного производства (22-23 мая 1990 г., г. Днепропетровск);
- 6) Опыт применения отделочно-упрочняющей и финишной обработки деталей машин, механизмов и приборов (23-25 мая 1989 г., г. Днепропетровск);
- 7) Проблемы автоматизации технологических процессов в машиностроении (19-20 октября 1989 г., г. Волгоград);
- 8) Достижения и пути развития технологии машиностроения (6-8 июня 1990 г., г. Ленинград).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 234 наименований. Работа содержит 195 страниц, в том числе 108 страниц текста, 31 рисунок и 34 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Качественные показатели аппаратов магнитной записи, независимо от назначения и области применения, определяются выходными параметрами магнитных головок.

Несмотря на многообразие конструкций, магнитные головки удается классифицировать по конструктивным признакам, например, по назначению, по виду используемого носителя, по числу дорожек в блоке головок и др. Вместе с тем, каждой группе магнитных головок присущи специфические технологические признаки, позволяющие упростить технологическую подготовку производства. В результате анализа большого числа магнитных головок можно выделить четыре основных технологических процесса их изготовления:

1. Технологический процесс изготовления рамочных магнитных головок.
2. Технологический процесс изготовления полублочных магнитных головок.
3. Технологический процесс изготовления набортных магнитных головок.
4. Технологический процесс изготовления магнитных головок с пластмассовым наполнителем.

В результате теоретических исследований выявлены следующие факторы, влияющие на рабочие параметры системы "головка-носитель-головка":

1. Крутизна спада напряженности магнитного поля рассеивания

и эффективная ширина рабочего зазора сильно зависят от величины отношения магнитной проницаемости сердечника головки $\mu_{20Л}$ и носителя записи $\mu_{нос}$. Идеальный тот случай, когда $\mu_{20Л}/\mu_{нос} \rightarrow \infty$, т.е. магнитные силовые линии выходят из сердечника головки строго перпендикулярно к ее поверхности.

2. При возрастании индукции величина статической магнитной проницаемости легированных пермаллоев изменяется от $\mu_{нач}$ равной $4\pi \cdot 10^{-3}$ Гн/м, до μ_{max} равной $4\pi \cdot 10^{-2}$ Гн/м при индукции в 0,1-0,2 Тл, а затем падает до величины порядка $4\pi \cdot 10^{-5}$ Гн/м в области насыщения.

3. Вихревые токи, возникающие в материалах прокладки рабочего зазора, сердечника и корпуса записывающей головки (конструктивный короткозамкнутый виток), приводят не только к бесполезным потерям энергии записывающего сигнала, но и ухудшают разрешающую способность записывающей головки.

4. Плоскостность поверхностей разъемов полублоков оказывает влияние на разрешающую способность магнитных головок через качество рабочего зазора магнитной головки.

5. Необходимым и достаточным условием высокой точности обработки плоскостей разъемов полублоков считается обеспечение высокой плоскостности в сочетании с минимальной высотой микронеровностей.

6. Точность изготовления формы рабочей поверхности может быть охарактеризована следующими геометрическими параметрами: ступенькой в области зазора, степенью бочкообразности или седловидности, величиной перекоса линии рабочих зазоров относительно образующей цилиндра.

7. Высота микронеровности рабочей поверхности магнитной головки эквивалентна некоторому расстоянию s_1 , на которое носитель ушел от головки.

8. Сочетание обработки плоскостей разъемов полублоков и рабочей поверхности магнитной головки определяет радиус закругления ребер сердечников рабочего зазора магнитной головки.

9. Обработка рабочей поверхности магнитных головок должна производиться таким образом, чтобы обеспечить качественное

вскрытие рабочего зазора.

10. Наклеп магнитомягких сплавов при обработке и сборке сердечников магнитных головок представляет собой изменение структуры материала, резко сказывающиеся на его магнитных свойствах.

11. Большое значение имеет точность склейки сердечников по толщине пакета, точность совпадения пластин пакета по контуру, а также точность полублоков и головки в целом.

Необходимо обратить внимание на технические требования, предъявляемые к магнитным головкам. Анализ литературных данных и передового опыта заводов показывает, что в качестве основных можно выбрать следующие:

1. Максимальная продольная плотность записи. В зависимости от качества изготовления магнитной головки, при заданной скорости передвижения магнитного носителя в продольном направлении записывается определенное количество сигналов или импульсов.

2. Максимальная поперечная плотность записи. Она зависит от количества дорожек магнитной головки на дюйм ширины ленты.

3. Максимальная износостойкость магнитных головок — это один из важнейших технических факторов, определяющий ее долговечность, т. е. срок службы.

4. Взаимозаменяемость многодорожечных магнитных головок определяет необходимость выполнения требований повышения идентичности выходных параметров между многодорожечными блоками при их быстрой замене в аппаратуре.

5. Максимальная отдача магнитной головки — это напряжение, развиваемое ею в режиме холостого хода при воспроизведении записи максимального уровня (т. е. записи, сделанной с максимальным током записи).

6. Оптимальная частотная характеристика. Частотная характеристика воспроизводящей магнитной головки представляет собой зависимость выходного сигнала ($U_{\text{вых}}$ в дБ) от частоты (f в Гц).

В обеспечении специфических требований, предъявляемых к магнитным головкам, определяющая роль принадлежит отделочной обработке. От способа и режима обработки, характеристики абразивного инструмента зависят точность, высота микронеровностей и физические свойства поверхностного слоя, подвергнутого обработке.

Для разработки научно-обоснованной технологии отделочной обработки магнитных головок, проанализирован имеющийся опыт по изготовлению головок, а также возможности наиболее прогрессивных способов обработки с использованием современных абразивных и алмазных инструментов.

Проведена классификация процессов изготовления магнитных головок по конструктивно-технологическим и техническим признакам, согласно которым все головки могут быть разделены на рамочные, полублочные, наборные и головки с пластмассовым наполнителем. Наибольшее распространение получили головки полублочного вида. К ним относятся магнитные головки для панорамного кино, многодорожные головки фирм "Date Recording Instrument" (США), "General Instrument Corporation" (США), "Honeywell" (США) и др. Схема технологического процесса их изготовления следующая: штамповка и отжиг пластин сердечников, склейка пакетов и намотка на них катушек, изготовление корпусов (обойм), сборка полублоков, обработка плоскостей разъемов, сборка головок в моноблок, окончательная обработка рабочей поверхности. На базе выполненной классификации показана возможность проведения специфических технологических исследований, а также необходимость теоретико-экспериментальных исследований важнейших операций — шлифования рабочих поверхностей блоков магнитных головок.

Показано, что среди большого числа факторов, определяющих рабочие параметры многодорожных магнитных головок, большое влияние на качественные показатели магнитных головок и аппаратуры магнитной записи оказывают технологические факторы:

1. Плоскостность поверхностей разъемов полублоков оказывает влияние на разрешающую способность магнитных головок через качество рабочего зазора. Расчеты по формулам О. Шмидбауэра (при трапецидальной и параболической форме искривления) показывают, что отклонение от неплоскостности поверхностей разъема должно быть в пределах 1,0-1,5 мкм.

2. Шероховатость поверхностей плоскостей полублоков оказывает непосредственное влияние на внутренний магнитный поток головки, будучи связанной при этом с шириной рабочего зазора. Максимальные значения шероховатостей для головок с ферритовыми сердечниками приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

№№ п/п	Ширина рабочего зазора S , мм	Параметр шероховатости Ra , мкм
1	10 - 15	0,32 - 0,08
2	5 - 10	0,08 - 0,02
3	2 - 3	0,02 - 0,008

3. Точность обработки рабочей поверхности (ступенька в области зазора, бочкообразность или седловидность, перекося линии рабочих зазоров) влияют на потери через величину зазора d между головкой и носителем. Эти потери могут быть определены по формуле Уоллеса:

$$P = 55 \frac{d}{\lambda} \quad (1)$$

где λ — длина волны.

4. Шероховатость рабочей поверхности магнитной головки Ra связана с внутренним магнитным потоком ленты уравнением

$$\Phi = 4(\lambda \cdot n) \frac{\sin \frac{\pi \cdot f}{f_{01}}}{\frac{\pi \cdot f}{f_{01}}} e^{-\frac{2\pi \cdot f}{V} \epsilon} \frac{1 - e^{-\frac{2\pi \cdot f}{V} Ra}}{\frac{2\pi \cdot f}{V} Ra} \quad (2)$$

где f — частота сигнала;

f_{01} — частота первого минимума частотной характеристики.

ϵ — эквивалентный зазор, вызываемый шероховатостью.

5. Радиус скругления ребер сердечников ρ не должен превышать 0,05 ширины рабочего зазора S .

6. Качество вскрытия рабочего зазора определяется отсутствием затягивания и обеспечением одинакового размера по всей длине головки.

7. Наклеп и остаточные напряжения в поверхностном слое головок влияют на величину начальной магнитной проницаемости μ_0 и коэрцитивной силы H_C . Были получены аналитические уравнения, связывающие эти параметры с величиной остаточных напряжений σ_1 для наиболее распространенных магнитомягких материалов:

Сплав 81НМА (Россия)

$$\mu_0 = \frac{3700}{\sigma_1}$$

$$H_C = 0,04\sigma_1$$

Сплав "Mu-metal" (ФРГ)	$\mu_0 = \frac{3500}{\sigma_1}$
	$H_C = 0,04\sigma_1$
Сплав "Resovak" (ФРГ)	$\mu_0 = \frac{4000}{\sigma_1}$
	$H_C = 0,05\sigma_1$
Сплав "Alfo" (Шлония)	$\mu_0 = \frac{2300}{\sigma_1}$
	$H_C = 0,03\sigma_1$

Таким образом, режим абразивной обработки должен обеспечить образование минимальных внутренних напряжений σ_1 . По имеющимся экспериментальным данным наклеп, возникающий в процессе абразивной обработки плоскостей разъемов полублоков и рабочей поверхности магнитной головки, приводит к значительному увеличению эффективного рабочего зазора, вызывая ухудшение рабочих параметров магнитной головки.

Специфика технологических факторов выдвигает задачу исследования и разработки специальных технологических процессов обработки магнитных головок. При этом особое внимание должно быть уделено режимным факторам обработки, обуславливающим минимальную величину внутренних напряжений σ_1 .

Проведен анализ влияния угловых перекосов, возникающих из-за технологических неточностей, на рабочие параметры блоков магнитных головок. Аналитическое уравнение связей потерь от величины несовпадения линии рабочих зазоров с образующей рабочей поверхностью позволяет осуществлять управление процессами обработки головок с целью повышения идентичности выходных параметров между головками многодорожечных блоков.

Величина воздушного зазора Δ_n между рабочей поверхностью головки и носителем записи для любого канала многодорожечной магнитной головки:

$$\Delta_n = A h_n^2 - B - (C h_n - D) \operatorname{tg} \gamma \quad (3)$$

где $A = \frac{4x_1^2}{2R \cdot h^2}$, $B = 1 \cdot \sin \frac{1}{0,035R}$, $C = \frac{2x_1}{h}$, $D = 1 \cdot \cos \frac{1}{0,035R}$

Величины h , R и l для данной конструкции головки определяются чертежом и условиями установки головки на аппарате. Величина x_1 для исследуемой головки может быть измерена оптическими приборами.

Доказана необходимость оптимизации методов обработки головок, управления их качеством путем назначения рациональных режимов обработки и выбором состава алмазно-абразивного инструмента.

Анализ технических возможностей различных методов отделочной абразивной обработки показывает, что обеспечить требования, предъявляемые к магнитным головкам, может тонкое шлифование. Достижение требуемого качества поверхностного слоя магнитомягких материалов обеспечивается за счет применения режимов тонкого отделочного шлифования, уменьшения зернистости кругов и повышения эластичности их связок, замена ручной обработки механизированной и др. При шлифовании абразивными кругами 6ЗСМ14СМ2Гл могут быть получены наиболее высокие характеристики качества поверхностного слоя магнитомягких материалов в сравнении с другими абразивными инструментами. Как показал анализ данных экспериментов по абразивному шлифованию высокопластичных и магнитомягких материалов, степень и глубина наклепа поверхностного слоя материала зависит от режимов шлифования, при этом глубина наклепа достигает 100 мкм, а максимальные изменения структуры материала и изменения микротвердости наблюдаются в слоях около 10 мкм. В ряде опубликованных работ имеются ссылки на природу упрочнения магнитомягких материалов, но ни один из авторов не показал, как и в каких пределах усилия шлифования и температуры в зоне резания, возникающие при различных условиях шлифования, влияют на наклеп, остаточные напряжения и магнитные свойства в поверхностном слое магнитомягких материалов.

Для разработки промышленной технологии абразивной обработки с управлением признаками качества магнитных головок важное значение имеет исследование резания и контактных температур шлифования магнитомягких материалов, и влияния их величин на параметры наклепа, остаточные напряжения и уровень магнитных свойств поверхностных слоев этих материалов после обработки.

Применение новых магнитомягких материалов типа 81НМ, "Alfo", "Mu-metal", "Recovak" и отсутствие сведений по шлифовке

нию изделий из этих материалов обуславливает необходимость проведения исследования в этом направлении.

Для экспериментальных работ были выбраны образцы типа дисков диаметром 20 мм и толщиной 1 мм из сплавов "Mu-metal", 81НМЛ, "Alfo" и "Reso'ak". Отожженные образцы обрабатывались по различным технологическим вариантам. Принимая во внимание, что для магнитомягких сплавов контакты магнитной анизотропии постоянны в различных кристаллографических направлениях абразивной обработке подвергалась плоская поверхность исследуемых образцов. Отдельные эксперименты выполнены на 4- и 7-дорожечных магнитных головках, предназначенных для работы с ленточным носителем записи шириной соответственно 6,25 и 25,4 мм.

Для измерений шероховатости поверхности исследуемых образцов применялся профилограф блочного типа фирмы "Lait" (Швейцария). Измерения выполнялись при увеличении 100 000 раз, при этом в соответствии с паспортными характеристиками профилографа инструментальная ошибка находится в пределах 0,005-0,008 мкм.

Неплоскостность обработанных образцов измерялась интерференционными стеклами. Точность измерения — одна интерференционная полоса, что соответствует погрешности порядка 0,3 мкм.

Измерение седлообразности и бочкообразности рабочей поверхности магнитной головки производилось одномонохромным, с шариковым наконечником, биениемером типа 2Б фирмы "Horst-Shpule" (Австрия).

Для исследования закономерностей образования наклепа применялись современные методы измерений — рентгеноструктурный анализ, металлографический анализ, высокочастотное зондирование.

Рентгеноструктурное исследование наклепа выполнено на ионизационной установке "Колеса" (Франция) в α -Fe-излучении. Величины наклепа оценивались по искажениям II рода $\frac{\Delta a}{a}$ и уширению интерференционной линии 311 — $B_{(311)}$ мм. Рентгеноструктурная съемка производилась при скорости вращения образца 0,5 град./мин и скорости перемещения диаграммной ленты 1 200 мм/ч. При выбранных условиях рентгеновской съемки и в соответствии с паспортными характеристиками установки инструментальная погрешность измерений составляет: по параметру $B_{(311)}$ — 0,000011 мм, по параметру

$$\frac{\Delta z}{a} = 0,00001.$$

Для определения глубины наклепанного слоя производилось послойное травление (электрополировка) образцов с шагом 4-5 мкм. Толщина снятого слоя измерялась на вертикальном оптиметре JET с ценой деления 1 мкм. На каждом из травленных уровней производился полный цикл рентгеноструктурных измерений. Травление продолжалось до достижения глубинных слоев с параметрами необработанного образца. Для электрополировки применялся следующий состав электролита: фосфорной кислоты — 85 %, хромового ангидрида — 15 %. Режим электрополировки: температура ванны — 80 °С, плотность тока — 1,7 А/см², расстояни. между катодом и образцом — 40 мм, расположение электродов — вертикальное, время травления — 15 с.

Метод рентгеноструктурного анализа в сочетании с послойной электрополировкой позволяет косвенно определить величину магнитных свойств верхнего слоя деформированной поверхности, глубину наклепа и в первом приближении — закон изменения магнитных свойств в наклепанной зоне.

Метод металлографического анализа получил широкое применение при научных исследованиях, аналогичных предпринятому нами. Сущность метода заключается в определении наклепа по измерению микротвердости слоев, залегающих на разной глубине от механически обработанной поверхности. Микротвердость слоев, различно удаленных от поверхности, определялась с помощью параллельных срезов.

Производилось измерение микротвердости отожженных необработанных образцов. Затем определялась микротвердость исследуемой поверхности. Стравливая послойно наклепанные слои с шагом 4-5 мкм, измеряли микротвердость на различных уровнях наклепанной зоны. Одновременно с измерением микротвердости определялась степень наклепа $K = \frac{H_d}{H_0}$, где H_0 — микротвердость отожженных необработанных образцов.

Высокочастотный электромагнитный метод основан на некоторых особенностях проникновения и распространения электромагнитного потока высокой частоты в различных материалах. Для исследований толщины наклепа, а также толщины любых покрытий на магнитной,

немагнитной и непроводящей основах разработан ряд приборов, принцип работы которых основан на том, что высокочастотный электромагнитный поток, излучаемый датчиком, индуцирует в поверхностном слое исследуемого объекта вихревые токи, являющиеся причиной возникновения противодействующего электромагнитного потока и ваттных потерь в поверхностном слое. Ослабленный электромагнитный поток возвращается в датчик. Всякое ослабление магнитного поля вызывает увеличение электрического потока в катушке датчика, возбуждающей магнитный поток. Этот электрический ток усиливается и измеряется. При исследовании закономерностей образования наклепа производились измерения величины наклепа по сравнению с параметрами необработанного отожженного образца ("эталопа").

Измерения винтообразности магнитных головок, т.е. перекоса линии рабочих зазоров относительно базирующей цилиндрической части рабочей поверхности, производились по идентичности электроакустических параметров. В выбранном режиме испытаний измеряли отдачу головок на фиксируемой частоте. При наличии винтообразности уровень отдачи изменяется от минимума на крайних до максимума у средних каналов головки. Если винтообразность отсутствует, отдача должна быть идентичной по всем каналам магнитной головки.

Для тонкого шлифования применены мелкозернистые абразивы на основе карбида кремния зеленого (63С) фирмы "Norton" (Англия) зернистостью 50, 28, 20, 14 и 7 мкм. Для сравнения отдельные образцы обработаны абразивными кругами на основе электрокорунда белого (23А) фирмы "Stoum" (США) зернистостью 50, 28, 7 мкм и монокорунда (М) Днепропетровского абразивного комбината (Украина) зернистостью 28 мкм. Большинство абразивных кругов изготовлено на глифталевой (Гл) связке. Круги имели твердость в пределах 337-400 кг/мм² (3 370-4 000 Н/мм²). Измерение твердости кругов произведено на приборе ТКН. Отдельные образцы обработаны абразивными кругами на керамической связке (К).

Для тонкого шлифования с отделочными режимами резания, был выбран прецизионный плоскошлифовальный станок FF-350 фирмы "Abawerk" (ФРГ). Для наружного круглого шлифования применялся прецизионный круглошлифовальный станок модели SU-125 (ФРГ). Точ-

ность и жесткость станков соответствует требованиям обеспечения высокой точности технологических факторов магнитных головок. Режимы шлифования изменялись в следующих пределах: тонкое плоское шлифование — скорость круга — 22 м/с; продольная подача (скорость изделия) — 2; 5; 10; 15 мм/мин; поперечная подача — 0,1; 0,2; 0,5; 0,7; 1,0 мм/дв. ход; глубина шлифования — 0,002; 0,01; 0,02; 0,05 мм; тонкое наружное шлифование — скорость круга — 20 м/с; продольная подача — 5; 15; 35; 70 мм/мин; скорость изделия — 30; 40; 60 мм/мин; глубина шлифования — 0,0025; 0,01 мм; выхаживание — 4-6 раз.

Для измерения составляющих усилий резания на плоскошлифовальном станке был применен специальный измерительный тензометрический стол. Нижняя плита стола крепилась неподвижно на столе станка. На верхней плите устанавливалось приспособление с испытываемыми образцами из магнитомягких материалов. Обе плиты стола были связаны друг с другом двумя специальными упругими элементами. На каждом из упругих элементов было наклеено по 16 тензодатчиков (база 20 мм, сопротивление 20 Ом), включенных по полумостовой схеме (по 16 датчиков в каждом полумосте) для измерения составляющих P_z и P_v . Для усиления сигналов датчиков применялся тензоусилитель ТА-5 с выходом на шлейфовый осциллограф Н102 (фирма "Бриэль и Кьэр", Дания). Перед началом экспериментов тензостол тарировался с помощью стандартных кругов для установления цены деления выходного сигнала шлейфового осциллографа в единицах нагрузки.

В данной работе для измерения контактной температуры при плоском и круглом шлифовании магнитомягких материалов были выбраны двухэлектродные термомпары, горячим спаем которых являлся шлифуемый образец. Метод двухэлектродной термомпары дает возможность получить сравнительно высокую ТЭДС, т.е. работать без усилителя, что уменьшает инерционность термомпары. В качестве материала термоэлектродов применялись хромель и алюминель диаметром 0,2 мм, которые в диапазоне исследуемых температур имеют линейную характеристику и способны выдерживать кратковременные нагревы без искажения показаний в пределах ± 250 °С.

Чтобы исключить ошибки от скачков при малых перемещениях шпиндельной головки станка, набор глубины производился по инди-

катору с ценой деления 0,001 мм при помощи автоматического прибора контроля режимов резания и с применением приспособления для измерения действительного съема металла после шлифования.

Расчет величины остаточных напряжений производился по методике, разработанной А. А. Маталиным и Е. Н. Некрасовым. Экспериментальное изучение остаточных напряжений производилось по методу Н. Н. Давиденкова.

Измерения рабочих параметров экспериментальных многодородных магнитных головок проводились на универсальном лентопротяжном механизме фирмы "Амрех" (США), обеспечивающем получение стандартного ряда скоростей в диапазоне 4,76-152,00 см/с. Для испытаний применялась лента типа PE-41 (фирма "Gevert", Бельгия). Отдельные опыты (для сравнения данных) выполнены с лентой "Амрех" (США). Режимы испытаний (ток записи, ток подмагничивания, частота подмагничивания) выбирались в каждом конкретном случае с учетом конструктивных особенностей головок и исходя из условий обеспечения наилучших рабочих параметров.

В ряде случаев производилось определение эффективной ширины рабочего зазора магнитных головок. По каждому из исследуемых технологических вариантов производилась обработка от 3-х до 7-ми образцов или магнитных головок. Из результатов измерений определялось среднее арифметическое значение наблюдаемой величины.

Сравнение и оценка средних, а также определение достоверности полученных результатов производились методами теории вероятности и математической статистики. Для оценки случайности или существенности расхождения средних арифметических значений, вычисленных по данным двух выборок, применялся метод t -распределения (Стьюдента).

В некоторых случаях для решения вопроса о том, что опытное распределение наблюдаемых величин приближенно нормально и, получения возможности оценки существенности различий между выборками по критерию Стьюдента применялся метод статистической группировки и отклонений от выборочных средних (x) внутри групп с объединением указанных отклонений по ряду групп, т. е. с приведением их к $x \sim 0$. Подсчитав выравнивающие частоты и произведя отклонения по вероятностной бумаге, утверждались в том, что гипотеза о нормальности распределения исследуемых величин не может быть отвергнута.

Для исследования статистической связи между величинами, определенными в результате эксперимента, применялся метод корреляционного анализа, как для случаев парной, так и для множественной корреляции.

В отдельных случаях для определения связи между исследуемыми величинами применялись расчеты по методу наименьших квадратов.

На основании математического анализа, выполненного в соответствии с изложенной методикой, формулировались заключения и общие выводы. Достоверность полученных таким образом результатов характеризуется уровнем вероятности 95 %.

В соответствии с разработанной методикой проведено изучение влияния технологических факторов тонкого шлифования поверхностей деталей из магнитомягких сплавов, используемых для изготовления многорезечных блоков магнитных головок.

Наиболее подробно произведено исследование влияния тонкого шлифования на высоту неровностей образцов из сплавов "Mu-metal", 81НМА, "Resovak" и "Algo" при использовании абразивных кругов карбида кремния зеленого зернистостью 14 мкм на глифталевой связке — БЗСМ14Гл (NORTON).

Сравнение шероховатостей поверхностей образцов, обработанных в идентичных условиях, приводит к выводу, что они несущественно отличаются друг от друга. Это позволяет сделать вывод, что при тонком шлифовании магнитомягких сплавов вид магнитомягкого сплава существенного влияния на высоту шероховатостей не оказывает.

Высота микронеровностей изменяется с изменением глубины шлифования t , поперечной подачи S_D , и скорости изделия V_H .

Сравнение средних по методу Стьюдента для случая зависимых переменных экспериментальных образцов, обработанных при фиксированных значениях двух варьируемых величин (например, V_H и t) и при переменной третьей (например, S_D) показывает, что исследуемые совокупности существенно различны.

Аналогичные результаты получены при сравнении любых выборок для подач 0,1-1,0 мм/дв.ход и скоростей 2-15 м/мин. Причем, с увеличением разницы между подачами сравниваемых выборок и разницы между скоростями, отличие между табличным и расчетным распре-

делением Стьюдента возрастает. Это позволяет сделать вывод, что существует связь между высотой неровностей R_a и глубиной резания t типа $R_a = f(t)$, где $S_{II} = const$, $V_H = const$.

Используя методы статистического анализа, нетрудно показать, что имеется связь между высотой неровностей R_a и поперечной подачей S_{II} типа $R_a = f(S_{II})$, где $V_H = const$, $t = const$. Аналогичная статистическая связь существует между высотой неровностей R_a и скоростью V_H , выражаемая зависимостью $R_a = f(V_H)$, где $t = const$, $S_{II} = const$.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что высота неровностей R_a закономерно связана с режимными факторами шлифования t , S_{II} и V_H .

Исследование фактической связи между высотой неровностей и режимными факторами шлифования методами корреляционного анализа позволило определить количественные соотношения между исследуемыми факторами.

Уравнение множественной корреляции для исследуемых факторов имеет вид:

$$\bar{R}_a = 0,2625S_{II} + 5,1t + 0,0056V_H - 0,0468 \quad (4)$$

Уравнение (4) при подстановке в него конкретных значений в отдельных случаях дает значительные различия по сравнению с высотой неровностей, полученной экспериментально.

Ручет высот неровностей для 80 конкретных экспериментальных режимов показал, что уменьшить наблюдаемую между расчетом и опытом разницу возможно в виде деления всего диапазона режимов на две группы:

1-я группа - изменение подачи $S_{II} = 0,1-0,2$ мм/дв. ход;

изменение глубины шлифования $t = 0,002-0,010$ мм;

изменение скорости изделия $V_H = 2-4$ м/мин;

2-я группа - изменение подачи $S_{II} = 0,5-1,0$ мм/дв. ход;

изменение глубины шлифования $t = 0,02-0,05$ мм;

изменение скорости изделия $V_H = 5-15$ м/мин.

С учетом принятой классификации и не меняя в корне уравнение (4), связь между исследуемыми факторами с высокой точностью

описывается уравнениями вида:

$$1\text{-я группа } Ra = 0,2625S_{II} + 5,1t + 0,0055V_{II} - 0,0038 \quad (5)$$

$$2\text{-я группа } Ra = 0,2625S_{II} + 5,1t + 0,0055V_{II} - 0,06 \quad (6)$$

Расчитанные по (5) и (6) значения Ra отличаются от экспериментальных на 12-16 %, что позволяет использовать полученные формулы в практических расчетах. Зная конкретные S_{II} , t и V_{II} для данного абразивного инструмента можно ориентировочно определить высоту неровностей Ra и оценить (с точки зрения требований, предъявляемых к магнитной головке) приемлемость выбранных режимов шлифования.

На рис. 1 показано графическое изображение корреляционной связи высоты неровностей Ra с режимными факторами шлифования.

Полученные выводы подтверждаются при тонком плоском шлифовании магнитомягких сплавов абразивами зернистостью M28, M14 и M7 марки NORTON 63CM14Гл, 63CM7Гл и STOUN 23AM28Гл, 23AM7Гл.

Обобщая все экспериментальные данные необходимо сделать следующий вывод: для обеспечения минимальной высоты неровностей Ra тонкое плоское шлифование магнитомягких сплавов необходимо производить со скоростью изделия $V_{II} = 2$ м/мин, глубиной шлифования $t = 0,002$ мм и поперечной подачей $S_{II} = 0,1-0,2$ мм/дв. ход.

При идентичных режимах шлифования и зернистости абразивных инструментов наиболее низкую шероховатость поверхностей обеспечивают абразивы на основе карбида кремния зеленого.

В результате вычислений получены следующие корреляционные уравнения связи:

а) для абразивов типа NORTON — $Ra = 0,006A - 0,0078$

б) для абразивов типа STOUN — $Ra = 0,0068A - 0,0225$

Увеличение шероховатости с ростом зернистости абразива может быть объяснено увеличением сечения среза a_z , что соответствует общим положениям теории шлифования. Полученные зависимости могут быть применены на практике. Зная требования к шероховатости поверхности головки, выбрав режимы резания, нетрудно определить зернистость шлифовального круга для обработки головок.

Независимо от вида материала зерна абразива, а также неза-

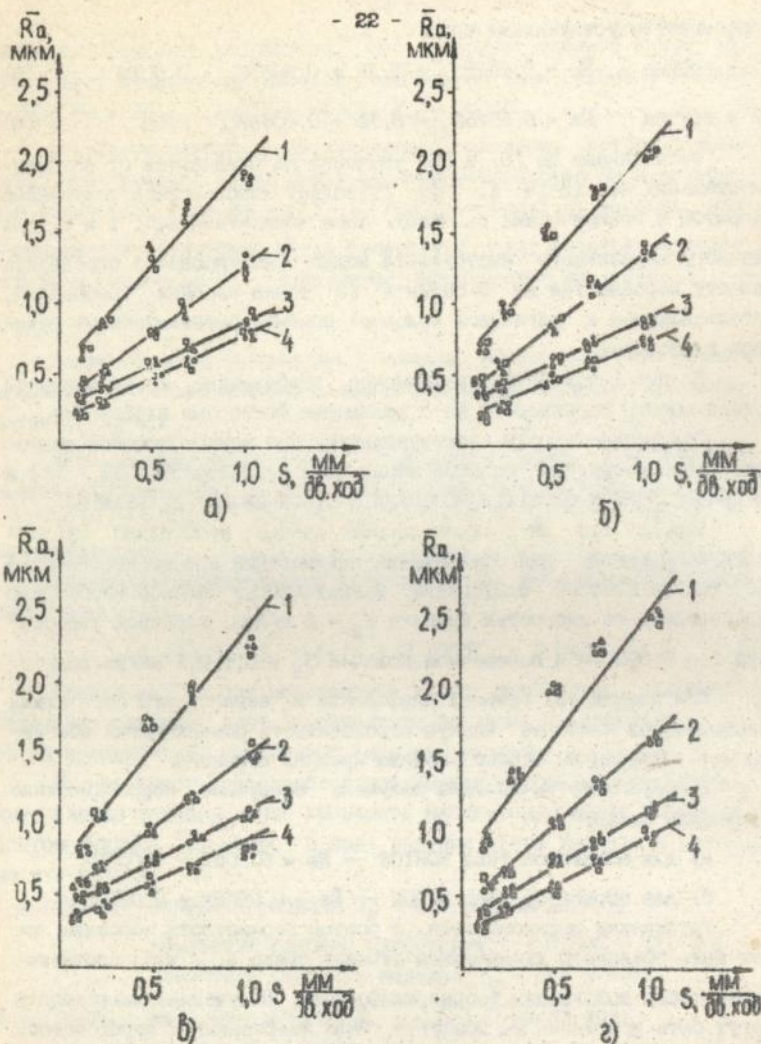


Рис. 1. Корреляционная связь между высотой неровностей \bar{R}_a и поперечной подачей S_{II} при тонком плоском шлифовании магнитомягких сплавов абразивом NORTON 63СМ14Гл:

а — $V_{II} = 2$ м/мин; б — $V_{II} = 5$ м/мин; в — $V_{II} = 10$ м/мин; г — $V_{II} = 15$ м/мин; 1 — $t = 0,05$ мм; 2 — $t = 0,02$ мм; 3 — $t = 0,01$ мм; 4 — $t = 0,002$ мм; \circ — "Ми-метал"; \circ — "Ресовак"; Δ — "Алго"; \square — 81НМА; \bar{R}_a — выборочная средняя опытных данных из $n = 5$

висимо от зернистости абразива, применение органических связок типа глифталевых способствует уменьшению шероховатости обработанной поверхности в среднем на один разряд.

Обобщая экспериментальные данные, необходимо сделать следующий вывод: для обеспечения минимальной высоты неровностей тонкое наружное круглое шлифование магнитомягких сплавов необходимо производить со скоростью изделия 30 м/мин, глубиной резания 0,0025 мм, продольной подачей 0,02 мм/об (5 мм/мин) при обильном охлаждении. При использовании абразивов NORTON 63СМ14Гл выполнение приведенных рекомендаций обеспечивает получение низкой шероховатости поверхности.

В процессе экспериментов установлено, что режим резания при тонком шлифовании существенного влияния на неплоскостность полудюбков не оказывает. Это объясняется небольшим влиянием усилия резания в режимах тонкого шлифования на рост напряжений, определяющих упругие деформации деталей после съема их со станка. Наиболее высокую точность возможно получить, применяя абразивы NORTON зернистости 7-14 мкм на глифталевой связке.

Показано, что точность обработки практически не зависит от материала зерна и вида связки абразивного инструмента.

Расслаивание сердечников при шлифовании плоскостей разъемов полудюбков зависит от режимных факторов обработки, а также от характеристики абразивного инструмента; независимо от зернистости абразивных инструментов расслаивание возрастает с ужесточением режимов обработки. Расслаивание практически отсутствует при шлифовании с глубиной резания 0,002 мм, поперечной подачей 0,1 мм/дв. ход и скоростью обрабатываемого изделия 2 м/мин.

Наибольшее влияние на точность рабочей поверхности магнитных головок при тонком шлифовании оказывает точность предварительной сборки магнитных головок. Для получения максимальной точности формы рабочей поверхности, сборка магнитных головок (вклейка сердечников в полудюбки, вклейка экранов и т. д.) должна выполняться с точностью 0,03-0,05 мм.

Для получения точности формы рабочей поверхности магнитных головок в пределах 0,5 мкм и менее, тонкое наружное круглое шлифование магнитных головок необходимо производить со следующими режимами шлифования: скорость круга — 35 м/с; продольная подача — 5-70 мм/мин; скорость изделия — 30-50 м/мин; глубина резания

— 0,0025-0,01 мм; шлифование с обильным охлаждением.

Силы резания при шлифовании металлов являются источником возникновения высоких температур в зоне резания и остаточных пластических деформаций в поверхностных слоях изделия. Силы резания при шлифовании зависят от прочностных характеристик обрабатываемого материала, характеристик шлифовального круга и режимов шлифования.

Анализ показывает, что с увеличением глубины шлифования нормальная и тангенциальная составляющие усилия резания закономерно возрастают. Это объясняется как ростом нагрузки, приходящейся на единичное режущее абразивное зерно, так и увеличением числа зерен в зоне контакта шлифовального круга с изделием. При абразивном шлифовании применение мелкозернистых кругов на глифталевой связке снижает величину тангенциальной и нормальной составляющих усилия резания. Это объясняется большей упругостью глифталевой связки по сравнению с керамической.

Из экспериментальных данных следует, что при абразивном шлифовании нагрузка, приходящаяся на одно абразивное зерно, растет весьма интенсивно до глубины приблизительно 0,012 мм. При дальнейшем увеличении глубины шлифования величина расчетной нагрузки изменяется незначительно, поэтому дальнейшее увеличение сил резания связано, в основном, только с увеличением числа "режущих" абразивных зерен в зоне контакта шлифовального круга с изделием.

При эластичных связках нагрузка на одно зерно в меньшей степени зависит от глубины резания.

При шлифовании мелкозернистыми кругами значения $P_{\Sigma}(z)$ и $P_{\Sigma}(z)$ примерно в 100 раз меньше, чем при шлифовании крупнозернистыми кругами. Таким значительным уменьшением нормальной составляющей усилия резания единичным зерном и объясняется, в основном, снижение степени упрочнения поверхностного слоя при использовании мелкозернистых кругов.

Для установления оптимального режима шлифования, обеспечивающего максимальное сохранение исходных магнитных свойств сплава, были проведены исследования величины мгновенной контактной температуры, усредненной по ширине круга, от режимов резания при плоском шлифовании.

Шлифование сплава "Alfo" мелкозернистыми абразивными кругами NORTON 63СМ14 при скорости вращения шлифовального круга 13 м/с и глубинах шлифования 0,003-0,005 мм обуславливает возникновение в зоне обработки контактных температур меньше предельно допустимых (200 °С). При обработке пермаллоевых сплавов типа "Recovak" шлифование мелкозернистыми абразивными кругами обуславливает возникновение минимальных температур.

По результатам исследования параметров наклепа можно сделать следующие выводы:

1. Обработка абразивами на глифталевой связке обеспечивает меньший наклеп, чем при обработке абразивами на керамической связке: ширина линии $V_{(311)}$, величина искажений II рода $\frac{\Delta a}{a}$ и микротвердость H_d больше при использовании керамической связки.

Уменьшение наклепа при шлифовании абразивами на глифталевой связке может быть объяснено меньшей жесткостью и большей эластичностью глифталевой связки, ослабляющих силовое воздействие зерен на обрабатываемый материал.

2. При шлифовании магнитомягких сплавов наклеп минимален при использовании абразивов на основе карбида кремния зеленого. Наиболее отчетливо этот вывод проявляется при шлифовании крупнозернистыми абразивами.

Обобщая экспериментальные данные для крупнозернистых и мелкозернистых абразивных инструментов, необходимо сделать общий вывод об уменьшении наклепа при шлифовании кругами NORTON 3С. Уменьшение наклепа можно объяснить большей хрупкостью зерен карбида кремния, способных при шлифовании воспринимать и передавать деформируемым микрообъемам металла меньшие нагрузки, чем зерна электрокорунда белого и монокорунда.

3. Наклеп уменьшается с уменьшением зернистости абразивного инструмента.

Математическая обработка результатов экспериментов методами корреляционного анализа позволила определить связь между параметрами наклепа $V_{(311)}$, $\frac{\Delta a}{a}$, H_d , S_p и зернистостью абразивов A .

Минимальный наклеп обеспечивается при шлифовании кругами NORTON 63СМ14Гл-63СМ7Гл. Повышение степени наклепа с укрупнением зерна можно объяснить более мощным воздействием крупного зерна

на микрообъем металла, в связи с чем возрастает степень пластической деформации. Необходимо отметить, что полученные выводы о закономерностях образования наклепа подтверждаются различными физическими методами измерений. Это свидетельствует о наличии внутренней связи между различными параметрами наклепа и повышает достоверность результатов исследований. Изучение связи между некоторыми параметрами наклепа методами корреляционного анализа позволило получить связь между начальной магнитной проницаемостью μ_0 и параметрами наклепа H_d и C_p

$$\mu_0 = \frac{K}{0,9C_p - 38,3} \quad (7)$$

$$\mu_0 = \frac{K}{0,046H_d + 3,78} \quad (8)$$

где $K = \frac{35 \cdot 10^6}{E}$, E — модуль упругости.

Выражения (7) и (8) позволяют оценить уровень магнитных свойств наклепанного слоя без выполнения сложного комплекса специальных измерений (например, рентгеновских).

4. Глубина наклепанной зоны существенно зависит от размера зерна, уменьшаясь от 25 мкм при размере зерна 50-55 мкм до 5-10 мкм при размере зерна 7-14 мкм.

Изменение магнитных свойств в наклепанной зоне происходит по параболическому закону.

При шлифовании мелкозернистыми кругами наблюдается снижение температур до 100-200 °С и преобладающее значение имеет силовое воздействие шлифовального круга. В результате, в поверхностном слое металла должны формироваться остаточные напряжения сжатия. Проведенные исследования остаточных напряжений подтвердили вышеизложенное. Глубина залегания максимальных растягивающих напряжений (рис. 2) не превышает 5-8 мкм. Расчет остаточных напряжений в поверхностном слое технического железа при шлифовании кругом NORTON 63С25К5 ($\theta = 600$ °С), показал, что максимальная величина напряжений растяжения равна 25,3 кг/мм², т.е. порядок величин максимальных значений растягивающих напряжений, полученных экспериментально (10 кг/мм²) и по расчету (25 кг/мм²), соответ-

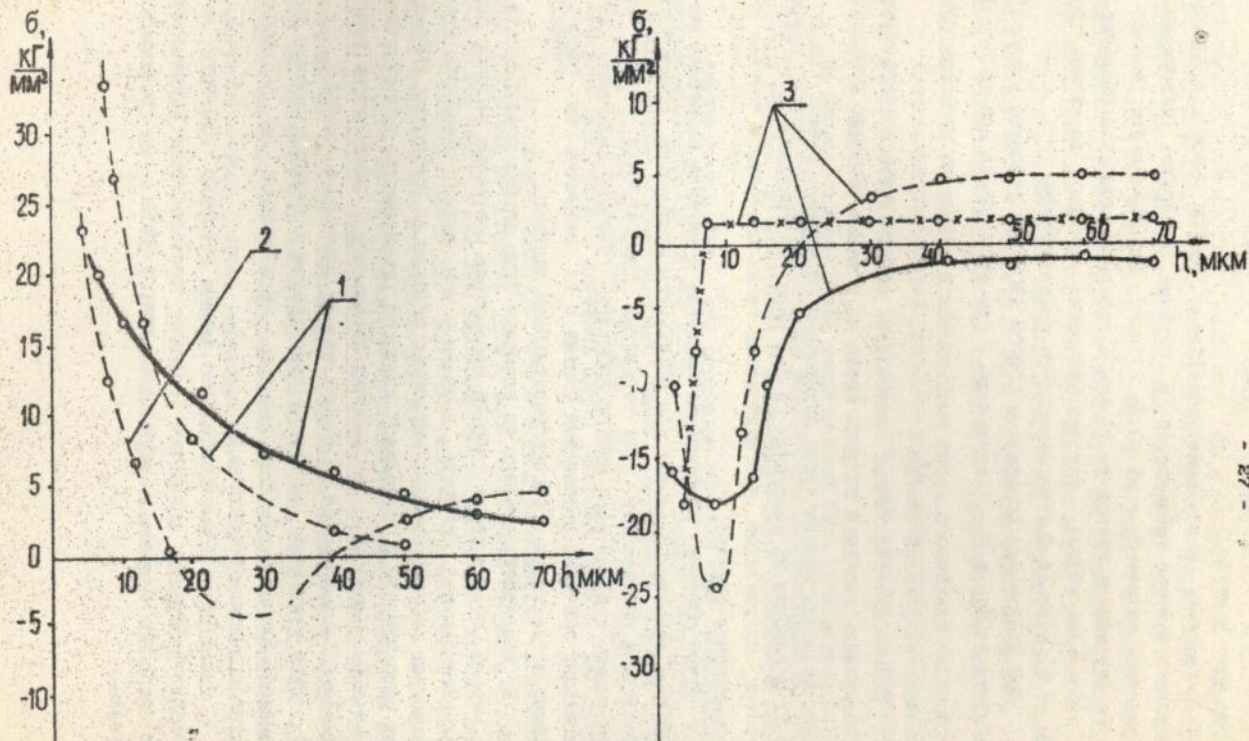


Рис. 2. Распределение остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя:
 1 — круг NORTON 63С25К5; 2 — круг NORTON 63С6Г; 3 — круг NORTON 63СМ14Г;
 - - - - - сплав 81НМА; ————— техническое железо; -x-x-x-x-x- расчетные

твуют друг другу.

В процессе шлифования абразивами NORTON 63С6Гл действие теплового фактора уменьшается, и глубина залегания напряжений растяжения снижается с 35-40 до 20 мкм. При уменьшении зернистости абразивных кругов до 14 мкм в поверхностном слое образуются напряжения сжатия, глубина залегания которых достигает 10 мкм, т.е. силовой фактор становится преобладающим.

При шлифовании абразивами NORTON 63СМ14Гл значение удельной нагрузки на вершину $P_{(a)}$ снижается, при этом работа пластической деформации единичного зерна уменьшается и снижается величина остаточных напряжений сжатия.

Применение эластичных глифталевых связок круга способствует выравниванию значений толщины среза a_z и также приводит к уменьшению величины максимальных остаточных напряжений сжатия (на 20-25 %) и глубины их залегания (в 2-4 раза) по сравнению с их значениями, полученными при шлифовании таких материалов кругами на керамических связках.

Таким образом, минимальная величина и глубина залегания остаточных напряжений сжатия при абразивном шлифовании может быть обеспечена применением мелкозернистых шлифовальных кругов на эластичных связках типа NORTON 63СМ14Гл. Глубина залегания максимальных значений напряжений сжатия и их величина по расчету хорошо согласуются с экспериментальными данными.

До последнего времени на практике было широко распространено мнение об ухудшении рабочих параметров магнитных головок при механизированной обработке, в связи с чем, ручная обработка прецизионных многородочных магнитных головок на импортных абразивах типа "Индий" и "Арканвас" является практически единственным средством обеспечения их рабочих параметров. Ошибочность таких суждений была доказана на первых этапах настоящей работы.

Ниже приведены выводы по результатам испытаний рабочих параметров блоков магнитных головок, обработанных по различным технологическим вариантам.

Анализируя экспериментальные данные нетрудно заметить, что рабочие параметры магнитных головок соответствуют техническим условиям при шлифовании абразивами NORTON 63СМ14 на глифталевой связке.

Сопоставляя параметры головок, обработанных абразивами с одинаковой зернистостью (например, 28 и 50 мкм) и с различным материалом зерна, можно прийти к выводу, что предпочтение необходимо отдать обработке абразивами типа NORTON 33С.

Объяснение этому следует искать в меньшей наклепываемости пермаллоев и более низкой шероховатости при обработке абразивными инструментами на оснор карбида кремния зеленого.

Сравнивая рабочие параметры магнитных головок, обработанных абразивами зернистостью 50, 28 и 14 мкм, необходимо сделать вывод о закономерном улучшении параметров с уменьшением зернистости инструментов.

Шлифование плоскостей разъемов полублоков существенно улучшает параметры магнитных головок, что объясняется улучшением качества поверхности.

На заключительном этапе исследований была произведена механизированная обработка рабочей поверхности многородожечных магнитных головок в сочетании с механизированной обработкой плоскостей разъемов.

Анализ показывает, что параметры головок при комплексной механизированной обработке лучше, чем при ручной обработке. Механизированная обработка обеспечивает идентичность рабочих параметров в партии магнитных головок. Кроме того, улучшается идентичность параметров в пределах одной многородожечной магнитной головки.

Особо следует отметить, что комплекс выполненных исследований обеспечил возможность записи-воспроизведения сигналов с длиной волны менее 4 мсм при неравномерности частотной характеристики в пределах 10-12 дБ. При этих условиях реализована плотность записи более 210 импульсов/мм.

Комплексная механизированная обработка блоков магнитных головок для записи гармонических сигналов (в сочетании с рекогносцировками по сборке) позволила осуществить запись частоты 20 кГц при неравномерности частотной характеристики в пределах 6-7 дБ. Полученные рабочие параметры магнитных головок соответствуют уровню параметров головок передовых фирм.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведен анализ технологических факторов, определяющих рабочие параметры многорезцовых магнитных головок. Показано, что технологические факторы оказывают (при прочих равных условиях) значительное влияние на рабочие параметры мн. резцовых магнитных головок.

2. Сформулированы требования к технологическим процессам обработки головок и определены технологические возможности обеспечения высшего качества рабочих параметров магнитных головок. Обработка магнитных головок должна обеспечить получение шероховатости в пределах $Ra = 0,04-0,02$ мкм, неплоскостности поверхности разреза полублоков — $0,6-1,0$ мкм, отклонение профиля продольного сечения (блочкообразность, седлообразность) рабочей поверхности — менее $1,0$ мкм, глубины наклепа — $5-10$ мкм.

3. Отсутствие опубликованных данных обусловлено необходимостью проведения экспериментальных исследований процессов отделочной обработки новых магнитомягких сплавов. Впервые произведено экспериментальное изучение обработки шлифованием магнитомягких сплавов "Mu-metal", 81H-A, "Alfo", "Resovak". Изучены особенности тонкого плоского и наружного круглого шлифования. Установлено единство закономерностей при обработке различных магнитомягких сплавов.

Показано, что параметры точности обработки, наклепа и высоты неровностей при ручной доводке магнитомягких сплавов на отечественных и зарубежных абразивных инструментах примерно одинаковы. Так, например, ручная доводка на абразиве "Индий" приводит к шероховатости в пределах $Ra = 0,035-0,038$ мкм и глубине наклепа около 15 мкм. Такие же параметры обеспечивает ручная доводка на чугунных притирах, шарнированных микропорошками монокорунда зернистостью $1,0$ мкм ($Ra = 0,038-0,040$ мкм, наклеп около 15 мкм). Этим опровергнуто распространенное на практике мнение о возможности обеспечения рабочих параметров специальных магнитных головок только с помощью обработки абразивами типа "Индий" и "Арканзас". Доказано, что требуемые рабочие параметры магнитных головок могут быть обеспечены путем тонкого шлифования абразивными кругами типа NORTON и STON.

Обработка магнитомягких сплавов шлифованием обеспечивает

результаты не хуже, чем ручная доводка: параметры точности и шероховатости примерно одинаковы, в то время как наклеп при обработке шлифованием значительно меньше, чем при ручной доводке. Так, например, если при ручной доводке на абразиве "Индий" возникает наклеп глубиной до 16 мкм, то при шлифовании глубина наклепа не превышает 5-10 мкм.

4. Показано, что основные положения теории шлифования и абразивной обработки (влияние режимных факторов обработки, материала зерна и зернистости абразивных инструментов, связки абразивов, смазочно-охлаждающей жидкости и др. на шероховатость поверхности, параметры точности и наклепа) подтверждаются при тонком шлифовании магнитомягких сплавов.

5. Впервые экспериментально исследованы параметры наклепа магнитомягких сплавов при различных способах абразивной обработки по разработанной методике с использованием различных технологических способов исследования. Доказано, что результаты испытаний методом высокочастотного зондирования, рентгеноструктурным и металлографическими методами коррелированы, благодаря чему можно ограничиться контролем наклепа одним из трех способов.

6. Определены зависимости между шероховатостью поверхностей, параметрами наклепа и режимными факторами различных способов абразивной обработки магнитомягких сплавов. На основе анализа полученных зависимостей разработаны практические рекомендации для обработки магнитных головок (режимы обработки, инструменты).

На основе анализа результатов исследования процессов абразивной обработки магнитомягких сплавов показано, что шлифование магнитных головок возможно. Экспериментально установлено, что рабочие параметры многорезечных магнитных головок возможно обеспечить при:

- а) тонком шлифовании плоскостей разъемов полублоков;
- б) тонком шлифовании рабочей поверхности магнитных головок.

7. Установлено, что для обработки плоских поверхностей рекомендуются следующие режимы и инструменты:

скорость вращения, $V_H = 2-5$ м/мин;

глубина резания, $t = 0,002-0,005$ мм;

поперечная подача, $S_H = 0,1-0,2$ мм/дв. ход;

абразивный инструмент — круги NORTON 63СМ7Гл, 63СМ4Гл.

8. Показано, что круглое шлифование магнитных головок необходимо выполнять с учетом следующих рекомендаций: скорость изделия, V_H - 30-40 м/мин; глубина резания, t - 0,0025 мм; поперечная подача, S_{Π} - 5-10 мм/мин; абразив - NORTON 63СМ14Гл; обильное охлаждение; точность сборки - 0,03-0,05 мм.

9. Показано, что обработка многодорожечных магнитных головок шлифованием обеспечивает получение рабочих параметров (частотная характеристика и отдача), соответствующих требованиям технических условий.

10. Применение специальной технологической оснастки, приемов и методов обработки, позволяет улучшить повторяемость рабочих параметров в партии головок и уменьшить разброс параметров в пределах одной многодорожечной головки.

11. Показано, что наряду с повышением качества, обработка магнитных головок шлифованием позволяет резко уменьшить трудоемкость изготовления, повысить производительность труда на операциях абразивной обработки в 8-15 раз, снизить разрядность работ. Широкое внедрение шлифования магнитных головок на заводах фирмы "Blokord" (Дания) позволяет получить условно-годовую экономию в размере 50 000 DM.

Публикация результатов. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих статьях:

1. Гавриш А. П., Аль-Шер Мунир Factors controlling operating parameters of the system Magnetic Head-Recording Medium-Magnetic head / International Journal of Applied Magnetic in Materials, N 2, 1993.

2. Гавриш А. П., Аль-Шер Мунир Study of technical Factors effect upon Magnetic head parameters / International Journal of Applied Magnetic in Materials, N 2, 1993.

3. Гавриш А. П., Аль-Шер Мунир Main Requirements for magnetic heads / International Journal of Applied Magnetic in Materials, N 2, 1993.

4. Любимов В. Е., Аль-Шер Мунир Абразивное шлифование магнитных головок / Сб.: Современная технология упрочнения, восстановления и механической обработки деталей с покрытиями. Киев, УДЭНТЗ, 1993.

А. П. Гавриш

Подп. в печ. 29.09.93. Формат 60x84/16. Бумага тип. Фос. печать.
Усл. печ. л. 1,86. Усл. кр.-отт. 1,86. Уч.- изд. л. 1,6. Тираж
150 экз. Бесплатно. *зак 327*

Отпечатано в Институте математики АН Украины
252601 Киев 4, ИСП, ул. Терещенковская, 3

463470

AB 28.191

AB 28.191