

УДК 622.232.8

Л.И. Кантович, И.Л. Пастоев

**ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ
УНИВЕРСАЛЬНОЙ БАЗЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ОЧИСТНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Семинар № 16

На сегодняшний день основным средством механизации в очистном забое являются узкозахватные механизированные комплексы. Они прошли большой путь эволюции. Создано значительное количество типов комплексов для различных горно-геологических условий угольных пластов. Они способны обеспечить значительную нагрузку на забой и продолжают совершенствоваться.

Это совершенствование осуществляется по двум направлениям: повышение надежности их работы и автоматизация процессов управления машинами. В первом направлении достигнуты значительные результаты. Многие комплексы отрабатывают по несколько выемочных столбов без выдачи металлоконструкций на поверхность. В эксплуатацию внедрены крепи четвертого поколения, в которых в большей степени решены вопросы взаимодействия с кровлей, значительно увеличена сопротивляемость секций и срок службы гидрооборудования. Коэффициент машинного времени у комплексов нового поколения достигает величины 0,5 [1].

Автоматизация же комплексов встретила на своем пути значительные трудности. Вместе с тем специалисты отмечают [2], что автоматизация и, в частности, дистанционное управление машинами комплекса позволяет повысить показатели работы комплекса в 1,3 – 1,5 раза, сократить объем тяжелого физического труда, повысить надежность работы оборудования и его ресурс. В настоящее время успешно

применяется дистанционное управление передвижением секций крепи с пульта, расположенного на соседней секции. Причем все операции по передвижению секций могут осуществляться в автоматическом режиме, что повышает скорость крепления забоя. Разработаны средства управления очистным комбайном на расстоянии. Однако применяемые средства проблему автоматизации комплексов решают частично, поскольку они обуславливают обязательное присутствие оператора в забое.

Вместе с тем конечной целью автоматизации очистных комплексов является автоматизация всех технологических процессов в забое, в том числе и процесса передвижения комплекса по угольному пласту, что позволило бы осуществлять выемку угля без присутствия людей в забое.

Широкому применению средств автоматизации в комплексах препятствует ряд серьезных недостатков, заложенных в их структуре. Дело в том, что очистные комплексы исторически создавались под ручное управление, под обязательное присутствие оператора в забое. Традиционно сложившаяся структура комплекса, схема работы значительно усложняют автоматизацию процесса его передвижения. Последовательная передвижка секций крепи вслед за комбайном приводит к сосредоточению в одной зоне процессов выемки угля и крепления забоя, что ухудшает условия работы крепи, а скорость крепления забоя ограничивает скорость подачи

комбайна. Наличие концевых операций на флангах забоя значительно усложняет процесс передвижения комплекса и снижает его производительность. Волновая передвижка конвейера затрудняет подачу комбайна и усложняет систему автоматизации.

Структура очистного комплекса определяет взаимодействие функциональных машин и способ его вождения в плоскости пласта. Ведущим звеном в комплексе является механизированная крепь, а остальные машины являются ведомыми звеньями [3]. Эта особенность современных очистных комплексов обуславливает способ их вождения по угольному пласту. Чтобы забросить фланг комплекса относительно одного из штреков, вручную выставляются в заданном порядке секции крепи, а затем выталкивается забойный конвейер на полный рабочий ход гидроцилиндров, при этом конвейер занимает положение, которое определила ему механизированная крепь. Для обеспечения направленного передвижения комплекса, необходимо управлять движением его задающего звена, т.е. механизированной крепи. В связи с тем, что крепь в своем составе имеет десятки и сотни секций, которые имеют свой привод передвижения, задача автоматизации направленного движения комплекса является технически весьма сложной. В этом направлении разрабатывались различные проекты, совершенствованию и применению комплексов в конечном итоге нацелено на повышение технической производительности и приближение ее к теоретической. Схема работы комплекса предусматривает непроизводительные затраты времени, в частности на концевые операции. Их средствами автоматизации и повышением надежности оборудования исключить невозможно. Для этого необ-

ходимо менять структуру комплекса и схему его работы.

Наиболее наглядным примером этому являются очистные агрегаты, в схеме работы которых отсутствуют концевые операции, а техническая производительность близка к теоретической.

При дальнейшем развитии очистных комплексов предполагается [1] перейти к фронтальной схеме передвижения забойного конвейера, применению двух очистных комбайнов с односторонним расположением рабочего органа и выводом его на штрек при зарубке на новую дорожку. Предполагается также применять механизированную крепь, состоящую из линейных секций, подтянутых в исходном положении к забойному конвейеру и передвигаемых групповым способом. По сути, такой комплекс приобретает структуру очистного агрегата со всеми вытекающими возможностями.

Автоматизация процесса передвижения комплекса по пласту полезного ископаемого возможна при условии его достаточной управляемости. Механизированные комплексы при ручном управлении операторами, находящимися в забое, достаточно управляемы. Вместе с тем, как показывает опыт создания автоматизированных агрегатов, при выводе оператора из забоя, управляемость комплекса становится весьма острой проблемой. Исследованиями установлено [4], что для управляемого передвижения комплекса или агрегата по угольному пласту в их структуре необходимо иметь функциональный элемент, обеспечивающий направленность движения комплекса, как в плоскости пласта, так и по его гипсометрии. Таким структурным элементом является база, под которой следует понимать совокупность конструктивно увязанных и одновременно передвигаемых на забой элементов, обеспечивающих направленность передвижения комплекса по пласту.

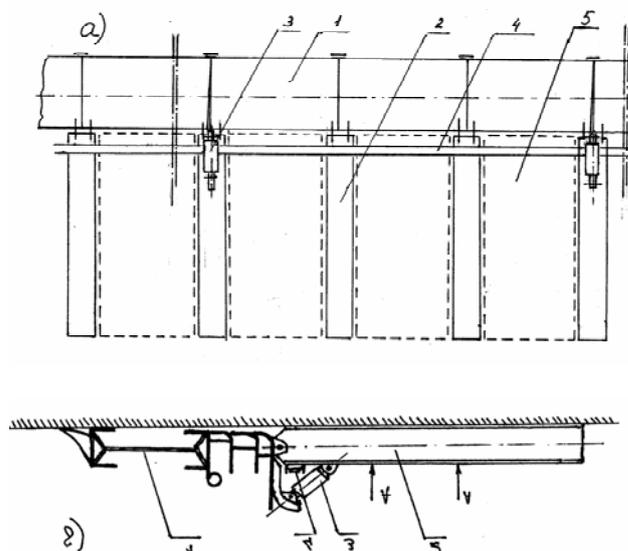
Состав базы для автоматизированного комплекса: 1 – балка; 2 – опорный элемент; 3 – гидроцилиндр механизма управления по гипсометрии пласта; 4 – управляющая линейка системы поддержания прямолинейности; 5 – линейная секция крепи

В современных механизированных комплексах такой структурный элемент отсутствует, и нет сборочной единицы, к которой бы можно было предъявить требования по обеспечению управляемости последних.

Предлагается в автоматизированных комплексах применять базу как самостоятельную сборочную единицу с характеристиками, обеспечивающими их управляемость при работе без присутствия людей в забое. База имеет сложный состав. Обязательными элементами ее являются проложенная по лаве балка и конструктивно связанные с ней опорные элементы. В качестве балки целесообразно использовать став забойного конвейера. Балка базы обеспечивает направленность движения комплекса в плоскости пласта, задает необходимую линию забоя и положение комплекса относительно штреков. Опорные элементы необходимы для обеспечения статической устойчивости базы и выемочной машины при управлении комплексом по гипсометрии пласта. В качестве опорных элементов можно использовать узкие (шириной ≈ 250 мм) основания крепи, шарнирно связанные со ставом конвейера.

Примерный состав базы для автоматизированного комплекса показан на рисунке.

На рис. а показана схема базы в плоскости пласта, а на рис. б схема базы



в профиле пласта. Номера позиций на обеих схемах совпадают.

База здесь выступает как самостоятельная сборочная единица, к которой можно предъявить требования по обеспечению управляемости комплекса, как в плоскости пласта, так и по его гипсометрии. Забойный конвейер для комплекса, конечно, выбирается, прежде всего, как транспортное средство по забою, но к нему предъявляются дополнительные требования как к балке базы. Опорные элементы рассредоточены по всей лаве, расставлены с шагом, равным длине секции конвейера, и шарнирно соединены с последним. Такая структура базы обладает свойством универсальности. На ее основе можно комплектовать комплексы, предназначенные для различных горно-геологических условий. Механизированная крепь выбирается, исходя из горно-геологических условий: мощности пласта, характеристик боковых пород и т.д. Линейные секции крепи 5 расставляются между опорными элементами и соединяются с ними через гидроцилиндры передвижения. К этим секциям предъявляются дополнительные

требования: их основания должны быть уже на ширину опорных элементов и иметь гидропатроны для прижатия последних к почве в процессе передвижения базы. С помощью этих же гидропатронов секции крепи приподнимаются над почвой в процессе подтягивания к конвейеру, что значительно уменьшает нагрузку на гидроцилиндры передвижения и облегчает задачу групповой передвижки крепи при дистанционном управлении со штрека. Уменьшение ширины оснований линейных секций не изменит величину давления секции на почву, поскольку в передаче давления на почву будет участвовать и площадь опорных элементов.

Выемочная машина выбирается из условий расчетной производительности, свойств и параметров забоя и схемы работы. Параметр выемочной машины по производительности должен быть согласован с производительностью забойного конвейера.

Из представленной структуры комплекса видно, что база в нем является структурообразующим звеном, а функциональные машины навесным оборудованием

Поскольку база комплекса в процессе его передвижения по пласту является задающим звеном, то для управления комплексом достаточно будет управлять движением базы. Для этого база оснащается соответствующими системами управления. Для управления в плоскости пласта целесообразно применять проверенную в шахтных условиях гидравлическую следящую систему поддержания прямолинейности с управляющей линейкой (рис., позиция 4). Эта система [5] в автоматическом режиме поддерживает заданную прямолинейность забойного конвейера при фронтальной его передвижке. Она также позволяет дистанционно со штрека управлять положением

комплекса в плоскости пласта, компенсировать его сползание на наклонном пласте за счет автоматического забрасывания сползающего фланга и разворачивать комплекс при переводе его в другой забой.

Система предполагает модульное построение базы. В каждый модуль входит три секции става конвейера и три секции крепи. Модули базы относительно друг друга могут изгибаться на определенный угол. За счет изменения этих углов осуществляется управление положением комплекса в плоскости пласта.

Каждый модуль базы оборудован механизмом управления комплексом по гипсометрии пласта. Этот механизм представляет собой шаговый гидропривод, исполнительный гидроцилиндр которого, показан на схеме (рис. позиция 3). Шаговый гидропривод позволяет дистанционно с пульта, расположенного на штреке, дискретно с определенным шагом (например, 50 мм) перемещать носок конвейера в вертикальной плоскости вместе с выемочной машиной относительно границы порода-уголь и тем самым осуществлять движение комплекса по пласту с минимальными потерями угля и присечками почвы. При наличии работоспособных датчиков границы «порода-уголь» шаговые гидроприводы могут служить исполнительными механизмами в автоматической системе вождения комплекса по гипсометрии пласта.

Таким образом, предлагаемая структура базы позволяет рассматривать ее как самостоятельную сборочную единицу, к которой можно предъявить технические требования по управляемости комплекса и которую можно оснастить всеми необходимыми средствами вождения последнего по угольному пласту. Применение такой базы позволит комплектовать автоматизированные комплексы для различных горно-геологических условий

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мышляев Б. К. О направлениях развития техники и технологии очистных работ на шахтах РФ. Уголь. № 4. 1999.

2. Виленкин Е. С. Система электрогидравлического управления для механизированных крепей. Уголь. № 10. 1999.

3. Фролов Б. А., Клишин В. И., Верин В. С. Методы повышения адаптации механизированных крепей. – Новосибирск: Наука. 1983.

4. Пастоев И. Л. Структура и функции системы передвижения очистного агрегата по пласту полезного ископаемого. Изв. Вузов. Горный журнал. № 11. 1985.

5. Пастоев И. Л. Научные положения создания системы управления комплексом или агрегатом в плоскости пласта и их практическое подтверждение. – Научн. тр. под ред. А. С. Бурчакова. – М.: МГИ, 1979. – С. 9-13.

Коротко об авторах

Кантович Л. И. – профессор, заведующий кафедрой,

Пастоев И. Л. – профессор,

кафедра «Горные машины и оборудование», Московский государственный горный университет.



© К. И. Шахова, О. Н. Шагарова,
2005

УДК 622.232:62

К. И. Шахова, О. Н. Шагарова

ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Семинар № 16

Вопрос выпуска качественных кварцевых песков в настоящее время является актуальной задачей. Чтобы решить эту задачу необходимо предложить технологии переработки основного полезного ископаемого и условия повышения долговечности оборудования, обеспечивающего переработку песка.

Основные проблемы, возникающие при производстве обогащенных кварцевых песков:

1. Необходимость обеспечения высокой (близкой к 100 %) степени извлечения вредных примесей

2. Высокая абразивность продукта, связанная с его большой твердостью, приводящая к ускоренному износу оборудо-

Таблица 1
Сроки межремонтных периодов оборудования в технологических схемах обогащения кварцевых песков

№	Наименование оборудования	Технологическая операция	Срок межремонтного периода, в месяцах
1	Барaban дезинтеграции	Дезинтеграция	12 ± 2
2	Гидроциклоны диаметром 1000 мм	Обесшламливание	$1 \pm 0,5$
3	Двухспиральный классификатор	классификация	14 ± 1
4	Флотомашина	Оттирка	8 ± 1
5	Гидроциклон диаметром 1000 мм	Обесшламливание	$1 \pm 0,5$
6	Односпиральный классификатор	Классификация	12 ± 1
7	Грохот	обезвоживание	8 ± 1

Таблица 2
Сроки межремонтных периодов в технологической линии получения кварца молотого

№	Наименование оборудования	Технологическая операция	Срок межремонтного периода, мес.
1	Ленточный конвейер	Транспортировка	12 ± 2
2	Сушильный барабан	Сушка	12 ± 2
3	Мельница «Леше»	Размол	$0,5 \pm 0,03$

Таблица 3
Межремонтный период различных элементов воздушоструйной мельницы

Наименование конструктивного элемента	Межремонтный период в месяцах
Размольный ролик	14 ± 1
Размольная чаша	13 ± 2
Плиты футеровки размольной чаши и роликов	$0,5 \pm 0,03$
Лопастной венец	14 ± 1
Подпорное кольцо	$12 \pm 0,5$
Редуктор привода	12 ± 2
Воздушный сепаратор	24 ± 3

вания и загрязнению продуктами износа готовой продукции.

3. Жесткие требования к экономике процесса обогащения, связанные с относительно низкими ценами на готовую продукцию.

Исходя из статистических исследований, наименьшим межремонтным периодом в схемах обогащения и дальнейшей переработки кварцевых песков в кварц молотый обладает воздушоструйная мельница, применяемая для измельчения пес-

ка. К минимальному межремонтному периоду мельницы приводит износ плит футеровки и мелющих роликов.

Нами была предложена идея и проведены необходимые исследования по применению метода магнитно-импульсной обработки (МИО) для снижения энергоемкости разрушения поступающих на размол обогащенных кварцевых песков.

Было предположено, что метод магнитно-импульсной обработки (МИО) позволит снизить сопротивляемость кварце-

Таблица 4

Изменение содержания фракций молотого песка, возникающего вследствие воздействия на испытуемые образцы МИО

Фракция	Не обработанный	5*10 ⁴			5*10 ⁵			5*10 ⁶		
		1 имп	2имп	3имп	1имп	2имп	3имп	1имп	2имп	3имп
+0,45	100	50	37,5	50	50	50	-	50	-	-
-0,45+0,2	100	87,7	85,1	80,8	82,5	81,8	79,9	81,8	70,2	80,5
-0,2+0,16	100	95,2	96,8	114,3	127,8	196,8	120,6	125,4	119,1	92,9
-0,16+0,1	100	106	103,8	98	98,5	110,6	98,5	91	103	107,6
-0,1+0,071	100	116,7	118,1	127,8	112,5	120,8	119,4	113,9	122,2	123,6
-0,071	100	120,8	122,9	120,8	122,2	127,8	118,1	120,1	140,7	130,6

Таблица 5

Фракция	Не обработанный	Влажность песка при обработке МИО в % по массе			
		сухой	10	20	40
+0,45	100	-	-	-	-
-0,45+0,2	100	70,2	68,3	67,5	63,2
-0,2+0,16	100	119,1	120,1	121,4	119
-0,16+0,1	100	103	104	105,1	99,6
-0,1+0,071	100	122,2	134,1	136,4	138,2
-0,071	100	140,7	152,2	158,3	164,2

Таблица 6

Рентгенографические характеристики проб кварцевого песка, подвергнутых влиянию МИО

Проба песка	d ₂₂₀	d ₃₁₂	d	G	V(A ³)
Исх.	1,2284	1,0816	4,9136	5,4054	113,021
10 ⁶ , 1 имп	1,2280	1,0812	4,9120	5,4034	112,905
10 ⁶ , 3 имп	1,2281	1,0819	4,9126	5,4044	112,954

вого песка измельчению, что привело бы к снижению:

- энергоемкости процесса измельчения кварцевого песка;
- износа футеровок, и как следствие, увеличению межремонтного периода технологической схемы переработки обогащенного кварцевого песка в молотый кварц;
- содержания вредных примесей в готовом продукте.

Для решения этой задачи необходимо было провести следующие исследования:

1. разработать оптимальные режимы МИО для обработки кварцевых песков с

определением напряженности магнитного поля, количества и длительности импульсов;

2. определить влияние влажности поступающих на размол кварцевых песков на эффективность использования МИО;

3. провести рентгеновские анализы, объясняющие влияние МИО на внутреннюю структуру кварцевых песков.

С целью выявления влияния МИО на физико-механические свойства кварцевых песков (размалываемость) была составлена серия экспериментов. Идея заключалась в том, чтобы сравнить выход тонкой фракции после дробления необработано-

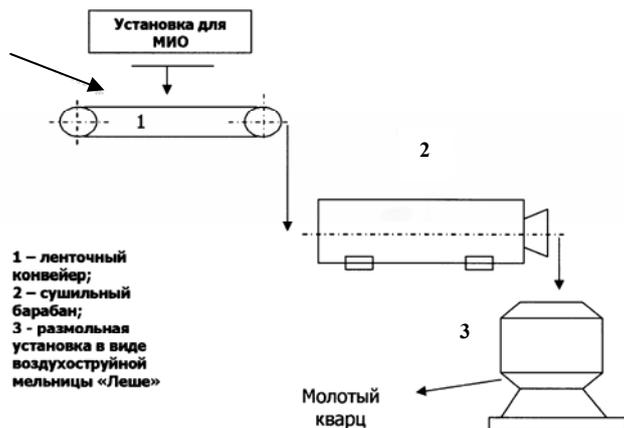


Схема цепи аппаратов для получения кварца молотого с применением МИО.

го МИО песка и песка, обработанного в разных режимах МИО, полученные результаты представлены в табл. 4.

Для того, чтобы выяснить влияние влажности обрабатываемого песка на выход готового продукта, перед обработкой МИО образцы песка увлажнялись. Они содержали 10, 20, 40 % воды соответственно по массе. Увлажненные образцы обрабатывались двумя импульсами напряженностью $5 \cdot 10^6$ А/м каждый. После этого каждый образец высушивался, дробился и просеивался. Результаты эксперимента приведены в табл. 5.

Влияние МИО на физико-механические свойства кварцевого песка подтверждается рентгенографическим анализом проб, обработанных и необработанных МИО.

В результате проведенных экспериментов можно утверждать:

- метод магнитно-импульсной обработки (МИО) материалов влияет на физико-механические свойства (размалываемость) кварцевого песка;

- с увеличением напряженности магнитного поля импульса, воздействующего на обрабатываемый кварцевый песок, увеличивается выход тонких фракций при помоле, за счет ослабления межкристаллических границ;

- влажность песка при обработке МИО существенно влияет на характеристики помола, увеличивающих выход мелких фракций;

- определенное влияние на характеристики помола оказывает количество импульсов при МИО.

Практическое применение полученных результатов возможно в схеме дальнейшей переработки кварцевых песков в молотый кварц, указанной на рисунке. На ленточном конвейере 1, подающем обогащенный кварцевый песок с промежуточного склада в сушильный барабан 2, устанавливается необходимое оборудование для магнитно-импульсной обработки. При этом соблюдаются все условия для применения данного метода.

В результате применения МИО:

1. повышается качество выпускаемых песков;
2. снижается энергоемкость процесса размола, снижается энергия воздействия на рабочие поверхности футеровок мельничных агрегатов, следовательно увеличивается межремонтный период размольной установки.

Коротко об авторах

Шахова К.И., Шагарова О.Н. – Московский государственный горный университет.

А.В. Берман, К.М. Первов, С.К. Коровин

**ДИАГНОСТИКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ИХ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА**

Семинар № 16

Комплексное взаимодействие сложнонапряжённого циклического воздействия в совокупности с коррозией, базирующейся на проникновении влаги в межзёрненные протоки приводит, в процессе эксплуатации металл деталей машин и механизмов, к деградации. Под деградацией в данном случае понимается развитие взаимной разориентации структурных форм фазовых составов металла. При этом запоминание - память о метастабильном и структурном состоянии материала обеспечивается совокупностью спектральных атомных магнитных моментов магнитно-силовых витков свободных вакансий, иначе спецификой конфигураций и плотностью торсионных полей охватывающих разориентированные дефектные структуры. Предлагаемый метод спектрального анализа принудительного акустического отклика памяти абсорбционно-эмиссионных структурных изменений – «МСАПОПАЭСИ», иначе метод анализа структурных изменений – «МАСИ», фактически обеспечивает запись текущих спектральных атомных магнитных моментов на момент открытия энергетических щелей на частоте определяемой шириной сверхпроводящей щели, когда в среднем число валентных электронов на атом составляет 4,7 или 6,4. [1].

Как известно, наиболее адекватной и полной информацией о величине зерна, состояния границ, тонкой внутризёрненной структуры, является информация снимае-

мая слуховым аппаратом человеческого уха, то есть методом свободных колебаний – «МСК» в момент возбуждения, например, металла железнодорожных букс молотком, [2]. «МСК» весьма чувствителен, но субъективен, поэтому аналоговый сигнал от вибрирующей диагностируемой поверхности в «МАСИ», приходящий на датчик ускорений со скоростью продольной звуковой волны преобразуется программным обеспечением «JRON-3» индикатора локальных спектров «ДИМ-2004».

За счёт модификации программного обеспечения по предложению Доцента МГГУ Бермана Д.В., относительно преобразования пакета информативного спектра аналогового сигнала отражающего резонансные синхронизированные колебания и спектральные атомные моменты вращения деформированных зёрненных кристаллических структур, удалось получить кроме информативных спектров трёх диапазонов текущих значений:

$f_{мс-1} = 17,82 \div 50,2$ Гц; характеризующего развитие винтовых дислокаций;

$f_{мр-1} = 81,67 \div 300$ Гц; характеризующего развитие краевых дислокаций

$f_{мс-1} = 1899,66 \div 2674,25$ Гц; характеризующего интенсивность и когерентность потоков свободных вакансий идущих на торможение винтовых и краевых дислокаций; ещё и диапазон эталонных значений:

$f_{мр-эт} = 300 \div 433,89$ Гц. Последнее, оказалось возможным за счёт быстрого преобразования Фурье аналогового сигнала со

взвешиванием оконной функцией Хемминга-Маллата по отдельным информативным частотам [3].

Вертикальная координата при анализе по «МАСИ» информирует о *плотности потока энергии волн* – «Вт/м²». Горизонтальная координата трёх диапазонов выдаваемых «ДИМ-2004» информирует о частотном параметре, величина которого для анализа по «МАСИ» переводится в углы разориентации кристаллических структур. Таким образом, смещение частотных резонансов к своим минимальным частотным значениям отражают изменения спектральных атомных магнитных моментов в упругих доменах.

Информативные амплитудно-частотные спектры на момент открытия энергетических щелей, характеризуют отклик совокупности дефектов разных габаритов о их плотности, развитии, причинах деградации, так как каждый локальный объём структурной жёсткости – упругий домен, по длине диагностируемой области, определяет собственную структурную форму фазовых составов металла на текущий момент.

Как известно, при ультразвуковой дефектоскопии – «УЗД» каждый дефект анализируется по наиболее *помехонезащищённому* параметру: *амплитуде* на фиксированной частоте: или 2,5 МГц, или 5,0 МГц.

Величина магнитной индукции – «Н/(А·м)», в *тесла*, используемая при диагностике по методу магнитной памяти – «ММП», также является *помехонезащищённой*, так как на отношение: максимального вращающего момента действующего на контур с током в однородном магнитном поле – «Н·м» к магнитному моменту этого контура – «А·м²» диагностируемой зоны металла, весьма сильно влияет магнитное поле Земли.

Нами предлагается фактически соединение «МСК», «УЗД» с «ММП», где оцениваются структурные формы фазовых составов металла по наиболее *помехоустойчивому* параметру: смещению ин-

формативных частотных резонансов – *плотности потока энергии волн* к своим минимальным частотным значениям, что отражает истинное состояние спектральных атомных магнитных моментов в упругих доменах при снятии экранирующего потенциала на момент открытия энергетических щелей, который обычно стабилизирует их структурную жёсткость.

В связи с указанным, при расчете физико-механических свойств металла диагностируемого объекта принимается во внимание, кроме угла трения структурных неоднородностей естественных шероховатостей без учёта адсорбции влаги в межзёренных протоках: ρ_o^* , эталонного угла разориентации зёренных кристаллических структур на момент изготовления изделия: $\rho_{эт}^*$ и, угла трения адсорбированной влаги в зависимости от химического состава материала адсорбента: ρ' , ещё и угол метастабильной фазы упругого скручивания межатомных и ковалентных связей в кристаллических плоскостях сцепления субзёрен при внешних циклических напряжениях кручения:

$$\rho_{ск}^* = \rho_o^* + \rho' - 2 \cdot \rho_{эт}^*$$

По А.Н. Соболевой и Г.Н. Соболевой, [4] на момент усталостного разрушения угол упругого скручивания межатомных и ковалентных связей в кристаллографических плоскостях сцепления субзёрен: $\rho_{ск-д}^*$, из-за внешнего воздействия циклических напряжений кручения, уменьшается, до нуля, так как повышенное количество зародышей субзёрен тормозит развитие субзёрен и приводит к полной хаотической ориентации маленьких кристаллических зёрен. Итак, карбидные структурные сетки, наблюдаемые под микроскопом в металле эксплуатирующихся деталей машин, образовавшиеся из ячеистых структурных сеток, приводят к изменению структуры и фазового состава, а тем самым, к изменению метастабильных параметров, как-то: временного предела прочности – $\sigma_{в-и}$, МПа; предела текучести – $\sigma_{т-и}$, МПа; относительного удлинения – $\delta_{уд-и}$, %; отно-

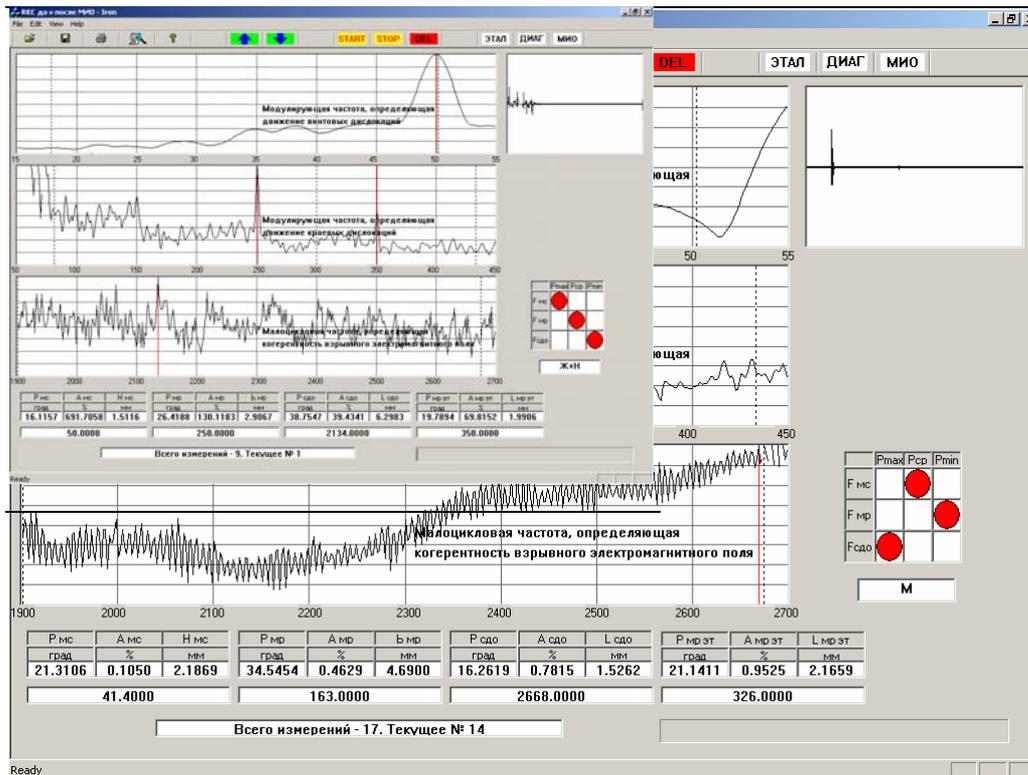


Рис. 1. Информативные спектры металла 1-ой продиагностированной зоны конусной секции у края горловины конвертера № 1, в 1200 мм от сварного шва с переходным кольцом сопрягаемым кольцевые секции

сительного сужения – Ψ_{cy-i} , %; модуля динамической упругости - $E_{д-i}^*$, ГПа; скорости продольной звуковой волны - C_{L-i}^* , м/с; динамической вязкости - μ_i , МПа·с; спектральной плотности энергии поглощения - ω_i , ГПа/с; циклической трещиностойкости - K_{Ic-f-i} , МПа·с^{1/2}; габаритов дефектов в трёх ортогональных направлениях и т.п.

Для примера, приводим фрагмент, рис. 1, результата диагностики зоны конусной секции изготовленной из листов толщиной 100 мм металла марки 09Г2С расположенной у края горловины конвертера. По изменению причин деградации и физико-механических параметров совокупных зон

кожуха конвертера, можно разработать, рекомендации по увеличению ресурса за счёт изменения конструктивной изгибной жёсткости на базе структурной циклической изгибной жёсткости рассчитанной по «МАСИ». На настоящий момент, структурная циклическая изгибная жёсткость металла горловины конвертера находящегося перпендикулярно оси поворота равна: $G_{ц.и.ж}^* = 106,807 \text{ кН/м}^2$.

Пояснения: Данные спектры в первую очередь говорят о том, что деградация металла происходит из-за жёсткого нагружения горловины – «Ж» при периодическом омолаживании металла естественным «Пинч эффектом», что характеризуется уменьшением одного из текущих углов разориентации $\rho_{сд-о.-i}^*$ до величины $16,26^\circ$ относительно эталонного угла $\rho_{мр-эт}^* = 21,14^\circ$.

Последнее вызвано периодическими сложными деформациями «литых вставок» - сварных швов, естественным образом демпфирующих и амортизирующих нагрузки в сложно-напряжённых зонах металла горловины конвертера на момент его поворота при разливке, поэтому процесс деградации металла сопровождается процессом омоложения за счёт «Пинч-эффекта». Таким образом, поддерживается запас усталостной прочности кожуха горловины конвертера, с одной стороны, за счёт нестационарной работы привода поворота при его пуске и останове, с другой стороны, за счёт наличия близкой к оптимальным габаритам анизотропной среды сварных швов.

Итак, в диагностированной зоне горловины имеются: незначительные расслоения; начальная стадия развития язв; структурные изменения по границам зёрен; не провары корней швов; повышенная по-

Рис. 2. Информативные спектры металла державки резца спектры металла державки резца РКС-1 до «МИО»

риность в зоне сварки; незначительные технологические деформации в виде изгибов; Дефекты представляют собой сплюснутые эллипсы, максимальный габарит которых равен 9,38 мм; Дефекты расположены внутри листов вдоль объекта.

Для установления ресурса рассматриваемой зоны конусной секции горловины конвертера и физико-механические свойства на момент диагностики без учёта толщины листа металла и расположения дефектов приводим табл. 1.

С учётом оговорённого, остаточный ресурс выше в 46 раз.

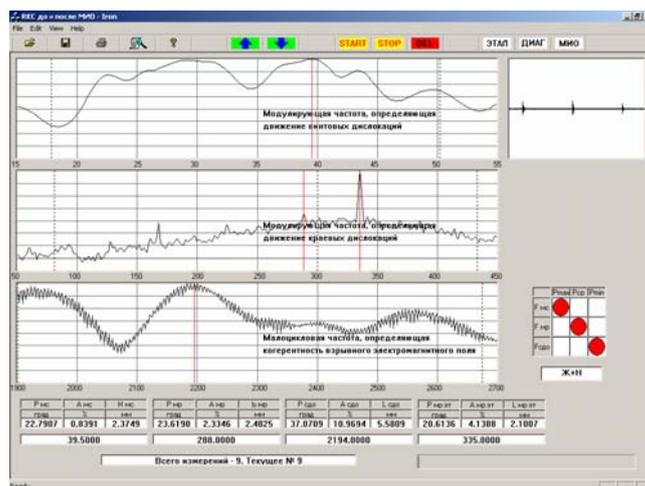


Рис. 3. Информативные спектры металла державки резца спектры металла державки резца РКС-1 после «МИО»

Таблица 2
 Анализ прочности металла в ХПБ и в ДУБ в безнапряженной секции
 РКБН в турах сферматформатестировсидеяров № 2 и № 3

Наименования показателей	Эталонные параметры металла	Параметры до МНО	Параметры после МНО
ρ^* мс, экв. Град.	20,6100	26,4100	23,6100
f_{co-o} - малоцикловая частота колебаний, Гц	2 559,3850	2 454,1847	2 507,7081
σ_v - временный предел прочности при растяжении, МПа	1 110,0000	764,48	1057,65
σ_t - предел текучести, МПа	1 000,0000	688,72	952,83
$\delta_{уд}$ - относительное удлинение, %	12,0000	11,5973	11,8371
$\Psi_{су}$ - относительное сужение, %	54,0000	48,5252	51,4535
$\sigma_{сж}$ - предел прочности при одноосном сжатии по Ал. Д. Берману, МПа	840,6306	578,96	800,98
C^*_L - продольная скорость звука, м/с.	6 646,4319	4 577,5055	6 332,9980
E^*_d - модуль динамической упругости (Справочник), ГПа	215,0000	173,6144	195,2001
$\rho_{оп}$ - объемная плотность, кг/м ³	7 850,0	7 850,0	7 850,0
μ - динамическая вязкость, МПа·с.	6,1662	4,2468	5,8754
$\tau_{сд_о}$ - тангенциальное напряжение сдвига-отрыва при одноосном сжатии по А. В. Берману, МПа	196,5165	107,9052	167,3657
ω - спектральная плотность энергии поглощения при малоциклоевой усталости по В. М. Берману, ГПа/с	502,9613	264,7973	419,6348
N_w -мв - энергоёмкость разрушения, МДж/м ³ .	14,4249	6,4772	12,6308
$K_{CU}^{40^\circ}$ - величина ударной вязкости, МДж/м ²	0,4223	0,2319	0,4076
$d^*_{a.z.}$ - диаметр текстуры покрытой зародышами субзерен по Д.В. Берману, мм	0,2743	0,2956	0,2847
$d^*_{с.з.}$ - диаметр субзерна иначе колоний перлита по Ан. Д. Берману, мм.	0,0130	0,0164	0,0145
K_{Ic-f} - Циклическая трещиностойкость, МПа·м ^{1/2}	95,2806	63,4495	89,1997
T_i - исходное, текущее, время и время полной деградации, в %	0,000	100,000	100,000
ΔT_p - остаточный ресурс, в %		280,392	713,000
T_i - исходное, текущее, время и время полной деградации, год	0,000	22,000	39,173
ΔT_p - остаточный ресурс, лет		17,173	

В связи с новыми возможностями индикатора «DIM-2004», был продиагностирован металл державок РКС-1 до «МИО», рис. 2 и, после «МИО», рис. 3.

Пояснение: В процессе прокатки прутка из которого изготовлена державка происходили сложные напряженные пластические деформации. Как видно, на момент пластических деформаций структура металла становилась анизотропной, то есть более подготовленной к стрессовым ситуациям, чем поликристаллическая структура, из-за низкой плотности атомов в плоскости скольжения анизотропной среды $[100]$, а именно 1-го атома, против 2 атомов в плоскости скольжения поликристаллической среды $[110]$, то есть проката, что в совокупности с повышенной температурой способствовало возникновению «Пинч-эффекта». Последнее характеризуется более низкой величиной угла $\rho^*_{\text{мс-и}} = 16,11^\circ$ по сравнению с $\rho^*_{\text{мр-эт}} = 19,78^\circ$.

Основные дефекты державки возникшие по причине: «М+N+Н» при изготовлении на заводе это: внутренние трещины характеризующиеся превышением текущей амплитуды $A_{\text{мр-и}}$ над эталонной амплитудой $A_{\text{мр-эт}}$ и «седлами» около $A_{\text{мр-и}}$ и $A_{\text{сд-о-и}}$; слабый пitting из-за внутренних дефектов, характеризуется «седлами» около $A_{\text{мс-и}}$, $A_{\text{мр-и}}$, $A_{\text{сд-о-и}}$ при наличии трещин; пористость, в том числе, некачественная сварка характеризуется резкими изменениями $A_{\text{мс-и}}$; структурные ликвации, возникающие в анизотропной структуре металла; деформация технологическая в виде сверлений, прорезей, изгибов, сколов, характеризуется дополнительными амплитудами близкими к $A_{\text{мр-эт}}$ в эталонной зоне.

Ресурс РКС-1 до производства «МИО», в процентном отношении равен 280 %

После производства «МИО», причина деградации структуры осталась прежней: «М+N+Н», однако текущее значение угла $\rho^*_{\text{мр-и}} = 26,41^\circ$ при $A_{\text{мр-и}} = 130,1\%$ уменьшилась до $\rho^*_{\text{мр-и}} = 23,61^\circ$ одновременно с уменьшением

$A_{\text{мр-и}}$ до 2,33 %. Это говорит о том, что «Пинч-эффект» в первую очередь снижает плотность потока энергии волн приводящих к деградации с одной стороны, а с другой, омоложение происходит только в одной плоскости скольжения. В данном случае внутренние трещины залечились и присутствуют только незначительные расслоения, которые характеризуются превышением эталонной амплитуды $A_{\text{мр-эт}}$ над текущей амплитудой $A_{\text{мр-и}}$ и «седлом» у $A_{\text{мр-и}}$; Пористость снизилась с $A_{\text{мс-и}} = 691,7\%$ до $A_{\text{мс-и}} = 0,839\%$; структурные изменения по границам зёрен, возникающие при развитии винтовых и краевых дислокаций и характеризующиеся амплитудами, в третьем диапазоне, снизились с $A_{\text{сд-о-и}} = 39,43\%$ до $A_{\text{сд-о-и}} = 10,96\%$;

Для установления ресурса державки до и после «МИО» и физико-механических свойств на момент диагностики проводим расчет по «МАСИ», результаты которых сведены в табл. 2.

Как видно, из сопоставления величин времени полной деградации T_d державки РКС-1 до «МИО» равно: $T_d = 380,39\%$; а после проведения «МИО», ресурс увеличился до $T_d - \text{мио} = 813,0\%$. Фактически, ресурс после магнитно импульсной обработки - «МИО» возрастает в 2 ÷ 3 раза.

Выводы

Анализ результатов естественного и искусственного «Пинч-эффектов» говорит о их адекватности с одной стороны, с другой, о том, что в основном изменения происходят по одной и, в первую очередь, по наиболее легко изменяющейся плоскости скольжения. Иначе, в первую очередь изменяется форма и фаза плоскости скольжения которые отражают диапазон развития винтовых дислокаций $f_{\text{мс-и}} = 17,82 \div 50,2$ Гц. Во вторую очередь, при изменении режима «МИО», изменяется форма и фаза плоскости скольжения отражающая диапазон развития краевых дислокаций $f_{\text{мр-и}} = 81,67 \div 300$ Гц;

Наиболее сложно, как видно, происходит омоложение формы и фазы плоскостей скольжения отражающих диапазон

развития когерентности электромагнитного поля $f_{mc-i} = 1899,66 \div 2674,25$ Гц. Последнюю плоскость скольжения можно отождествить с кристаллографической плоскостью |111| монокристалла в которой угол метастабильной фазы упругого скручивания межатомных и ковалентных связей $\rho_{ск}^*$ наиболее устойчив к изменениям.

Амплитуду напряжений вынужденных колебаний в узлах и металлоконструкциях горных машин в процессе их эксплуатации возможно снижать за счёт «литых вставок», как минимум на:

$$100\% - \{100\% \cdot E_{д-100}^* / E_{д-110}^*\} = 41,26\%$$

так как они обеспечивают существенное растяжение амплитуд во времени при переходе от поликристаллической амортизации к анизотропной амортизации.

А при невозможности установления «литых вставок» или иных решений по омоложению структуры металла, как-то специфической конфигурации применяемой для рабочей части породоразрушающего инструмента по патенту РФ № № 2127349 от 23.04.1997, следует периодически применять искусственную «МИО», продлевающую ресурс изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мневн М.Г. Сверхпроводники в современном мире. Кн. Для учащихся. - М. Просвещение, 1991. - 159 с.
2. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Глав. Ред. И.П. Голямина. - М.: Советская энциклопедия, 1979. - 400 с. (111 с.)
3. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет- преобразований. ВУС, 1999. - 240 с.
4. Отчёт ООО «ФИРМА «ГЕОТЕХПРОГРЕСС» по НИР № 41.003.1.1.29.12. Разработка инженерных методов оптимизации нагрузок экскавационной техники типа «ЭГ-М» и акустоэмиссионного экспресс-метода определения остаточного ресурса металлоконструкций горно-транспортных машин и механизмов. Отв. Исполнители: А.В. Берман и Д.В. Берман. М. 2002. № Гос. регистрации 01.20.03.02.630, Код ВНИИЦ: 16.4000.4890320 от 11.03.03.

Коротко об авторах

Берман А.В. – ЗАО «ПРОЧНОСТЬ»,
Первов К.М. - Московский государственный горный университет,
Коровин С.К. – ПГУПС.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ЛАРИОНОВ Михаил Викторович	Исследование и разработка способов повышения теплоты сгорания газа, получаемого при подземной газификации угля (на примере Шкотовского бурогоугольного ме-	25.00.22	к.т.н.

сторождения)		
--------------	--	--

