

656.2

НБ4



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

М.ТЫНЫШПАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ ИМ.М. ТЫНЫШПАЕВА»

МАТЕРИАЛЫ

международной научно-практической
конференции

«НАУКА И ИННОВАЦИИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ»

ТОМ 6



АЛМАТЫ
2007



«ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ» ҰЛТТЫҚ КОМПАНИЯСЫ
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚР ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫ АССОЦИАЦИЯСЫ

«М. ТЫНЫШПАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫ» АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

«ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ИННОВАЦИЯЛАР»

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ

МАТЕРИАЛДАРЫ

ТОМ 6

АЛМАТЫ
2007

ББК 39.20-06

НЗ4

Редакция алқасы:

С.А. Алпысбаев - бас редактор, Р.Қ. Сатова - бас редактордың орынбасары, редколлегияның мүшелері: В.З. Васильев, Н.К. Исингарин, Э.П. Исаенко, С.М. Біттібаев, Е.А. Исаханов, М.А. Кобдиқов, С.Е. Бекжанова, Е.Е. Қарсыбаев, В.Г. Солоненко, М.С. Кульгельдинов, Б.А. Белгібаев, Е.Т. Әуесбаев, М.Д. Залыцман, Н.М. Махметова, С.Х. Достанова, Т.Д. Абаканов, М.Б. Имандосова, Т.К. Қойшиев, Ш.Б. Биттеев, И.Т. Өтепбергенов, Н.Т. Смағұлова, Т.Б. Баяхметов, Н.Н. Ыбрышев, А.А. Истаева, С.К. Мырзалы, А.Д. Мұстапаева

Н 34 «Темір жол көлігіндегі ғылым және инновациялар»: Халықаралық ғылыми-практ. конф. 6-7 желтоқсан 2007 ж. Алматы: ҚазККА баспасы, 2007. Т. 6.-224б.: ил. 60.

ISBN 978-601-207-032-3

Мақалаларда көліктің, көлік инфрақұрылымының даму, көлік дәліздерінің қалыптасу, көлік-коммуникациялық кешені үшін мамандар дайындау мәселелері, сонымен қатар мемлекет ішінде және мемлекеттер арасында үйлесімді және ұтымды көлік байланыстарының даму перспективалары, көліктік жүйенің интеграциясы және техникалық дамыту қарастырылған.

Ғылыми және инженер - техникалық қызметкерлер, көлік және техникалық жоғары оқу орындарының студенттері мен оқытушыларына, аспиранттарына, көлік саласындағы кәсіпорындар мен ұйымдардың жетекшілері мен мамандарына арналған.

ББК 39.20-06

«М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы» АҚ, 2007

ISBN 978-601-207-032-3 - Т.6

978-601-207-028-6

656.2
H34



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАЦИОНАЛЬНАЯ КОМПАНИЯ «ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ»

АССОЦИАЦИЯ ВУЗОВ РК
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
КАЗАХСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
ИМ. М. ТЫНЫШПАЕВА

МАТЕРИАЛЫ
Международной научно-практической
конференции

«НАУКА И ИННОВАЦИИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»

Том 6

Алматы
2007

ББК 39.20-06
Н 34

Редакционная коллегия:

С.А.Алпысбаев – главный редактор, Р.К.Сатова - заместитель главного редактора, члены редколлегии: В.З.Васильев, Н.К.Исингарин, Э.П.Исаенко, С.М.Биттибаев, Е.А.Исаханов, М.А.Кобдиков, С.Е.Бекжанова, Е.Е.Карсыбаев, В.Г.Солоненко, М.С.Кульгельдинов, Б.А.Бельгибаев, Е.Т.Ауесбаев, М.Д.Зальцман, Н.М.Махметова, С.Х.Достанова, Т.Д.Абаканов, М.Б.Имандосова, Т.К.Койшиев, Ш.Б.Биттеев, И.Т.Утепбергенов, Н.Т.Смагулова, Т.Б.Баяхметов, Н.Н.Ибришев, А.А.Истаева, С.К.Мырзалы, А.Д.Мустапаева

**Н 34 «Наука и инновации на железнодорожном транспорте»: Междунар. науч.-практ. конф. 6-7 декабря 2007 г. г. Алматы: Изд-во КазАТК, 2007.
Т. 6, - 224 с.: ил. 60.**

ISBN 978-601-207-032-3

В статьях рассмотрены проблемы развития транспорта, транспортной инфраструктуры, формирования транспортных коридоров, подготовки кадров для транспортно-коммуникационного комплекса, а также перспективы развития гармоничных и благоприятных внутригосударственных и межгосударственных транспортных связей, вопросы технического развития и интеграции транспортных систем.

Предназначен для широкого круга научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов транспортных и технических ВУЗов, руководителей и специалистов транспортных предприятий и организаций.

ББК 39.20-06

**АО «Казахская академия транспорта
и коммуникаций им.М.Тынышпаева, 2007**

ISBN 978-601-207-032-3 - Т.6
978-601-207-028-6

БИБЛИОТЕКА

Кулманова Н.К. - д.т.н., профессор КазАТК (Казахстан, Алматы)

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ХРОМИТОВЫХ РУД В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Большее скопление отходов по количеству превышающее 4 млн. тонн представляют шламовые хвосты обогащения хромитовых руд с высоким содержанием оксида хрома – 64% и размером частиц 0,2–0,071 мм. Они являются наиболее опасными с экологической точки зрения, вследствие наличия пылевидных фракций, разносимых ветром и наносящих громадный урон почвам, оказывающее антропогенное воздействие на окружающую среду. Переработка шламовых отходов такого типа в изделия позволит значительно улучшить экологический уровень региона добычи и залежей хромитовых руд. Вместе с тем такие шламовые хвосты представляют собой высокосортные тонкомолотые хромитовые руды. В связи со снижением запасов богатых хромитовых руд /1-3/, проблема переработки шламовых хвостов обогащения с высоким содержанием оксида хрома является актуальной.

Для рационального использования переработанных отходов необходимо решить вопросы получения плотных концентратов для использования в различных областях техники, в том числе и плазмохимии. Это возможно при решении теоретических вопросов, т.е. исследования кинетики минералообразования в системах из составляющих компонентов шламовых хвостов обогащения хромитовых руд, а также при взаимодействии их с другими тугоплавкими оксидами. Это позволит определить возможности режимов эксплуатации изделий из шламовых отходов, планирование их свойств и количество добавок, необходимых для достижения высоких показателей по огнеупорности, химической и шлаковой устойчивости. Подробное исследование кинетики минералообразования в многокомпонентных системах на основе шламовых хвостов обогащения хромитовых руд выявило наиболее устойчивые соединения (3), которые были проверены на химическую стойкость по отношению к агрессивным агентам. Проверялся основной компонент шламовых хвостов обогащения – хромшпинелид совместно с добавками оксидов лантана и иттрия. Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2. Химическая стойкость изделий определялась по стандартным методикам /4/.

Огнеупоры хромитового состава обладают повышенной стойкостью к воздействию химических реагентов /3/. Взаимодействие оксидов РЗЭ с оксидами хрома, железа и алюминия также приводит к образованию продуктов, обладающих высокой химической стойкостью (таб. 1, 2).

Таблица 1. Химическая стойкость хромшпинелидных огнеупоров, содержащих оксиды РЗЭ

Состав огнеупора		Плотн, %	Стойкость против воздействия, %		
Хромшпинелид	Добавки, %		H ₂ SO ₄	HF	NaOH
100	нет	25,5	98,9	98,4	99,2
70	La ₂ O ₃ 30	20,4	99,2	99,0	99,4
50	La ₂ O ₃ 50	8,0	99,6	99,6	99,7
70	Y ₂ O ₃ 30	11,3	99,1	98,7	99,3
50	Y ₂ O ₃ 50	6,0	99,2	98,9	99,3

Результаты испытаний показывают, что хромшпинелид с небольшими примесями оксидов кальция и кремния (0,2–0,8%) обладают высокой химической стойкостью. Установлено также, что оксиды лантана и иттрия проявляют низкую стойкость к действию кислот и щелочей, однако их соединения с оксидами хрома, алюминия и

железа дают высокие показатели стойкости. Высокая химическая стойкость подтверждается и на соединениях хромшпинелида с указанными оксидами, что показывает на высокую химическую стойкость новообразований типа LnRO_3 (рис. 1, 2).

Таблица 2. Химическая стойкость продуктов взаимодействия оксидов РЗЭ и R_2O_3

Материал	Потери массы, %					
	5%-й HCl		Вторичная обработка при 20°C	10%-й CH_3COOH 20°C	5%-й NaOH	
	20°C	50°C			20°C	50°C
Y_2O_3	35,3	-	-	6	3,4	-
$\text{La}(\text{OH})_3$	97,0	-	-	92,6	+4,7	-
Cr_2O_3	0,3	-	-	0,3	0,3	-
Fe_2O_3	1,1	-	-	1,4	1,0	-
Al_2O_3	0,8	-	-	2,5	1,7	-
YCrO_3	0,8	-	0,2	1,0	0,2	2,5
YFe_2O_3	1,6	2,5	0,3	0,6	1,6	2,3
$69\text{Fe}_2\text{O}_3 + 31\text{Al}_2\text{O}_3$	6,2	13,1	0,0	24	+1,4	2,0
LaCrO_3	1,4	-	0,4	1,0	1,7	-
LaFeO_3	4,6	-	0,3	0,6	+1,2	-
$75\text{La}_2\text{O}_3 + 25\text{Al}_2\text{O}_3$	3,4	-	0,7	7,6	7,7	-

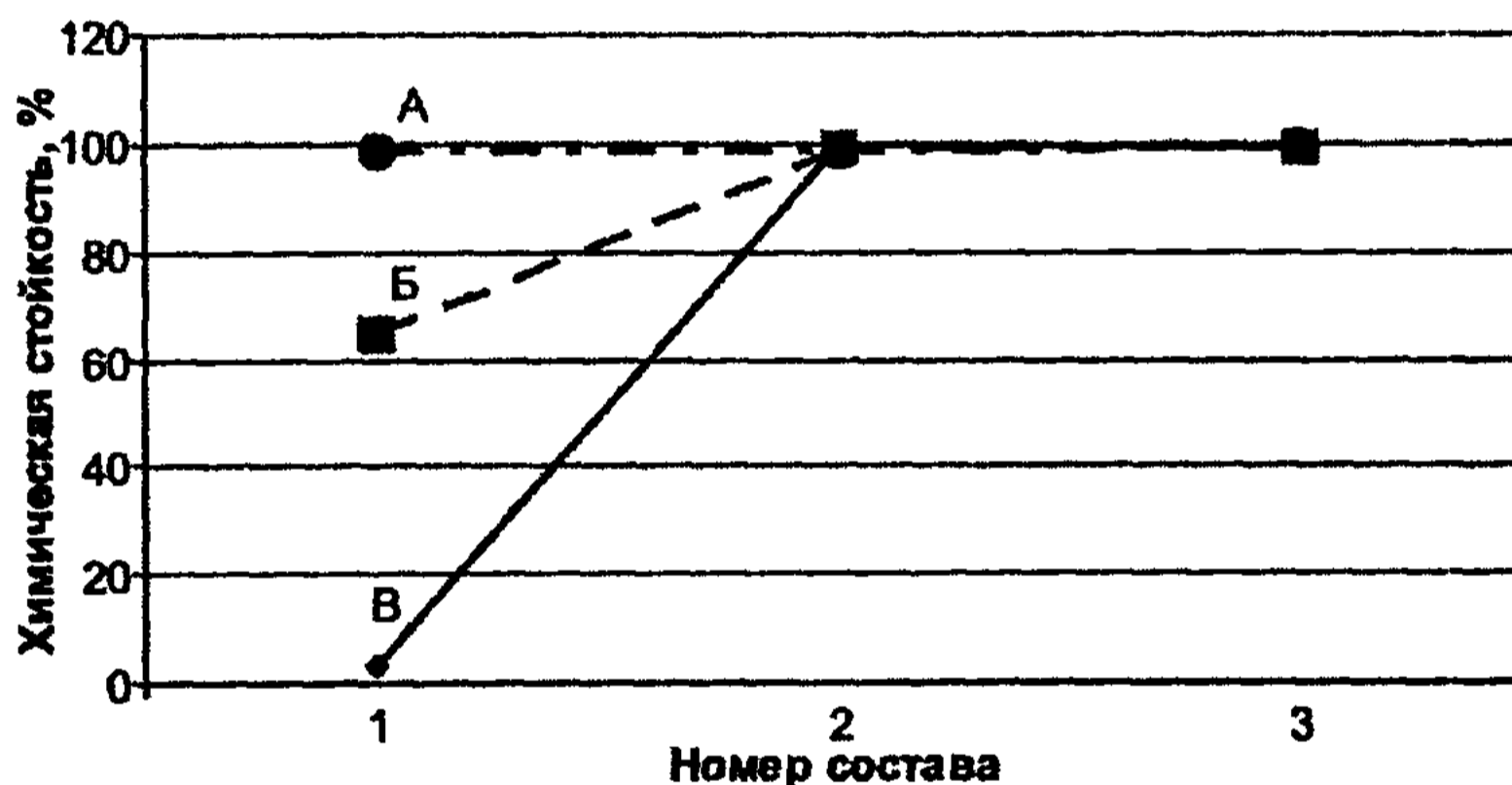


Рисунок 1. Химическая стойкость хромшпинелида с оксидами лантана и иттрия
Количество добавки в составе №: 1- 0%, 2 – 30%, 3 – 50%
А- хромшпинелид, Б – хромшпинелид с добавкой Y_2O_3 ,
В - хромшпинелид с добавкой La_2O_3 .

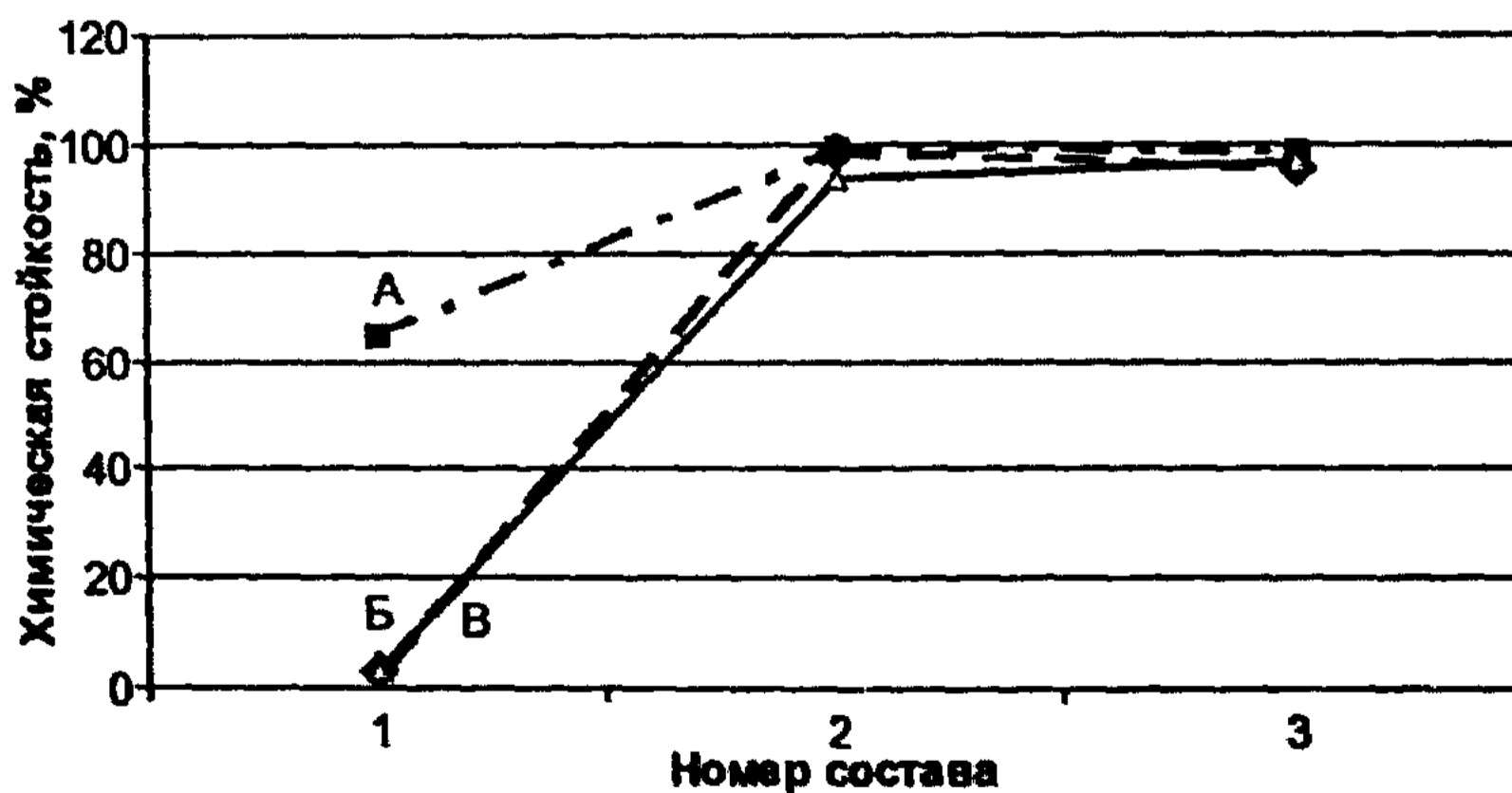


Рисунок 2. Химическая стойкость продуктов взаимодействия оксидов РЗЭ и R_2O_3
Соединения полупроцентных оксидов с: А- с La_2O_3 , Б – с Y_2O_3 , В - составы La_2O_3 с Al_2O_3
Номера составов соответствуют №1- La_2O_3 (Y_2O_3); 2 – LaCrO_3 , (YCrO_3),
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{La}_2\text{O}_3$, 3 - LaFeO_3 (YFeO_3), $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Выводы.

1. Огнеупоры, полученные из смесей хромшпинелида с 30-50% оксидов PЗЭ, практически не взаимодействуют с серной и плавиковой кислотами и щелочью, потери массы после испытания их по стандартной методике не превышают 0,3-0,8%.

2. Полученные данные высокой химической стойкости огнеупоров позволяют рекомендовать их для использования в ряде химических установок, работающих в режиме температур до 1550°C.

3. Полученные результаты на основе отходов хромита позволяют формировать и предопределять структурообразование в изделиях на их основе, расширяют область применения изделий со структурами стабильного состава. Результаты исследования позволяют рекомендовать изделия с заданными свойствами для применения в плазмохимических установках и регулирования антропогенного воздействия компонентов хромита на окружающую среду.

Литература

1. Бабин П.Н. и др. Хромитовые руды из глубоких горизонтов Кемпирсайского массива – ценное огнеупорное сырье. Алматы, КИМС, №1, с 57, 1981 г.
2. Кулманова Н.К. Обеспечение экологической безопасности и рационального использования отходов хромитовых руд. Экология и промышленность РК. №2, Алматы, 2006, с. 46-48.
3. Кулманова Н.К., Бабин П.Н. – авторское свидетельство СССР № 618035 МКИ 35/20. С. 04 в. 1976 г. Шихта для получения огнеупоров.
4. Методики определения химической стойкости керамических материалов, ГОССТАНДАРТ, М., 1992, с. 47-49.
5. Кулманова Н.К. – авторское свидетельство РК № 1327, 10.06. 2006 г. Шихта для получения огнеупоров.

Кулманова Н.К. - д.т.н., профессор КазАТК (Казахстан, Алматы)

ВНЕДРЕНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ СВАРКЕ СТЫКОВ РЕЛЬСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Работа по внедрению новых технологий ремонта пути является одной из задач, требующих постоянного выполнения, оздоровления магистральной железнодорожной сети. При этом предусматривается использование путевой техники и комплексная механизация путевых работ с использованием современных материалов, том числе и отходов горно-металлургических комплексов /1, 2/.

Одним из распространенных видов ремонта пути является сварка стыков рельсов. Рельсы, сваренные алюмотермитным способом из новых и старогонних рельсов, термически не упроченных, мартеновского и бессмеровского производства, предназначаются для укладки на главных, станционных подъездных и прочих железнодорожных путях, в том числе стрелочных переводах.

Данные о размерах стыковых отверстий и их расположении в зависимости от типа рельсов приведены в: ГОСТ 16210-77, ГОСТ 8161-75, ГОСТ 7174-75, ГОСТ 7173-54, ТУ 14-2-118-74, ТУ 14-2-190-75, ТУ 14-2-297-78.

Для каждого типа рельсов изготавливается специальная огнеупорная форма; для расплава алюмотермической смеси требуются огнеупорные тигли.

Новые и старогонние рельсы длиной 25 метров, сваренные алюмотермитным способом, должны иметь не более четырех сварных стыков, рельсы длиной 12,5 метров

– не более двух. Длина отдельных кусков рельсов должна иметь не менее 3 метров.

Согласно технологии сварки, на месте сварки устанавливаются и закрепляются с помощью держателей две полуформы, при этом полуформа с удаленной стенкой устанавливается внутри колеи.



Рисунок 1. Выравнивание рабочей грани рельса по ГОСТ 427-75 и ТУ-2-034-225-87

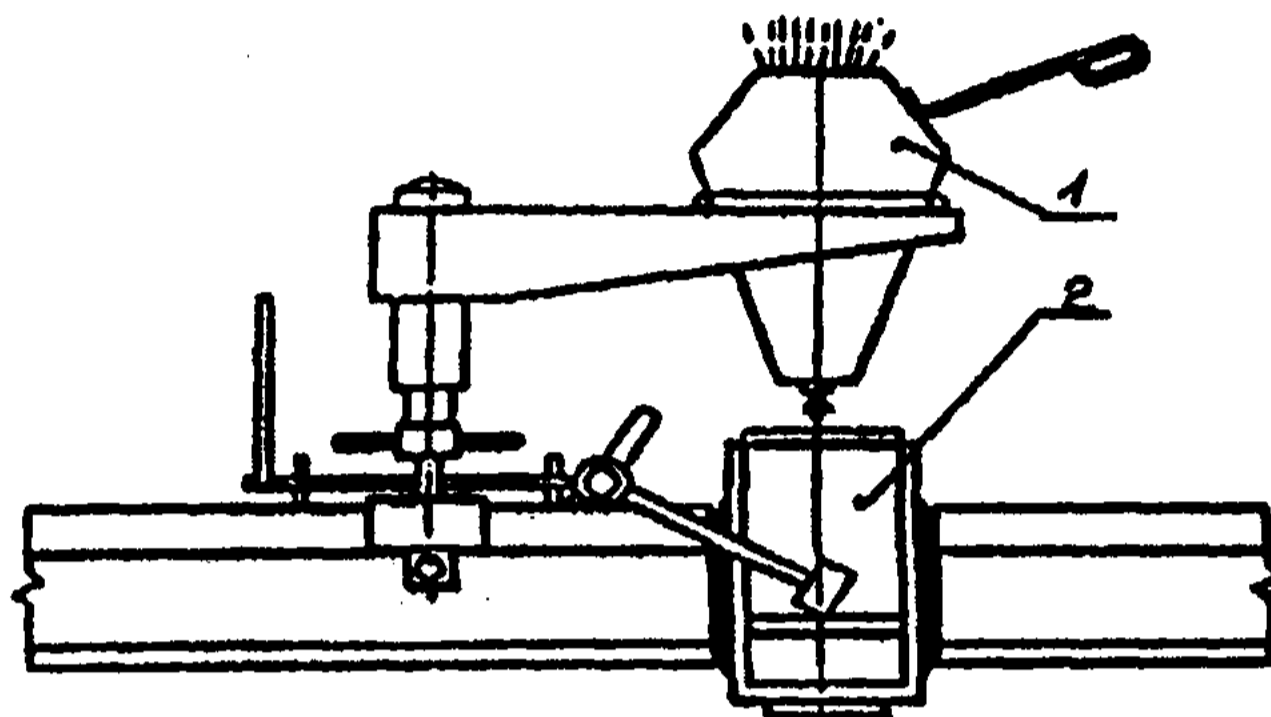


Рисунок 2. Схема установки формы и тигля в период кристаллизации металла сварного шва

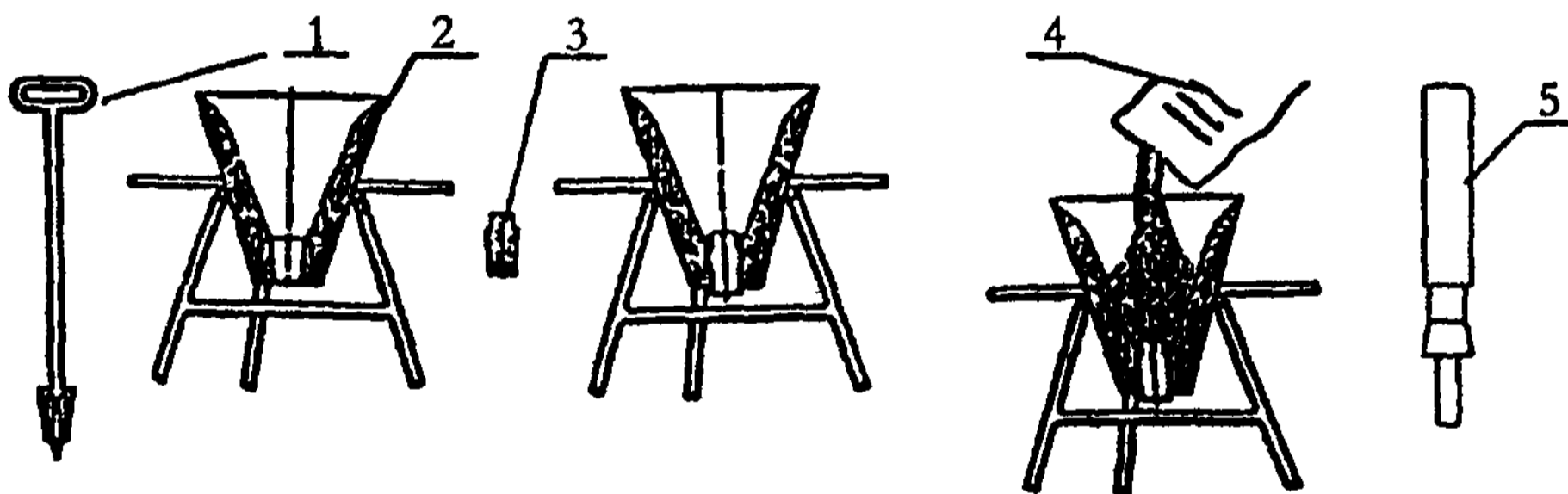


Рисунок 3. Схема подготовки тигля для алюмотермитной сварки
1 - фреза, 2 - тигель, 3 - литниковая пробка, 4 - алюминотермическая смесь, 5 - оправка

Место контакта формы с рельсом уплотняется специальной формовочной смесью. На форму с удаленной стенкой устанавливается ковш, который обмазывается формовочной смесью внутри (магнезитовая).

После воспламенения алюмотермитной дозы протекают реагирующие, рафинирующие и раскислительные реакции, после чего через 15-20 секунд наступает автоматический выпуск расплавленного сварного металла в форму. Время кристаллизации металла сварного шва в зависимости от температуры воздуха длится 5-6 минут.

В настоящее время вспомогательные полуформы, прикрепляющиеся к рельсам специальными держателями, изготавливаются из кварцевого порошка, имеют низкую прочность, то есть сыпятся, имеют разовое применение, являются импортными, так как поставляются из Словении, часто в раскомплектованном виде.

Предлагается такие полуформы и тигель заменить отечественными, причем с использованием отходов хромитовых руд с огнеупорностью до 1700°C и многократным использованием за счет высокой термической стойкости.

Хромитовые руды разнообразные по химико-минералогическому составу и физическим свойствам и содержат значительное количество силикатов. В

Кемпирсайском массиве имеются крупные месторождения редко вкрапленных бедных и убогих хромитовых руд и отдельные месторождения магнезиально-силикатных пород.

Неоднородность состава Кемпирсайских хромитовых руд в основном обусловлена разнообразием вмещающих пород, поэтому для получения сырья высокого и постоянного качества руды необходимо обогащать ее с удалением нерудной части в хвосты.

При добыче и подготовке сырья образуется большое количество (сотни тысяч тонн) вскрышных пород и хвостов обогащения хромитовых руд серпентинитового состава.

В связи с этим использование хвостов обогащения хромитовых руд является одной из актуальных проблем. Бедные руды и отходы обогащения представлены в основном магнезиально-силикатными породами, содержащими хромит. Количество хрома в этих отходах в пересчете на Cr_2O_3 варьирует в пределах 8-13-30%. Бедные руды и хвосты обогащения имеют также существенное преимущество, так как они содержат включения природного хромшпинелида $(Fe_n, Mg_m)(Cr, Al)_2O_4$ с температурой плавления – 2100°C [3].

Для исследования возможности замены импортного оборудования для алюмотермитной сварки, была изготовлена опытная партия изделий на основе отходов хромита. Химический состав и свойства опытных изделий приведен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Химический состав хромита в опытных образцах

Шихта	Химический состав хромита, %							
	Cr_2O_3	MgO	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	ППШ
1	48	17,5	10,2	4,5	9,1	4,5	0,8	6,4
2	45	17,5	11,3	4,8	8,1	5,5	0,9	7,4
3	42	17,5	11,5	5,1	7,2	6,0	1,2	8,8
5	32	27,5	11,5	5,1	7,2	6,0	1,2	8,8

Для расплавления алюмотермитной смеси изготовлены тигли с верхним диаметром 5 см, нижним 3 см, высотой 10 см из хромита фракции 2-0,06-0 мм (шихта № 5). Прессование изделий производили на прессах марки «Laeis» 4КФ200 при давлении 100 Н/мм².

Таблица 2. Свойства опытных изделий из отходов хромита
Донского горно-обогатительного комбината

Свойства	Шихта						
	1	2	3	4*	5	6	7
Прочность Н/мм ²	80	90	100	10	100	100	100
Термическая стойкость (1300°C-вода)	6	5	4	1	1	6	7
Темп. начала деформации под нагрузкой, °C	1650	1650	1600	1600	1600	1600	1600
Открытая пористость, %	22	20	18	15	16	16	15
Линейная усадка, %	1,5	2,0	2,5	-	2,5	2,0	2,0

*4 – свойства изделий применяемых в настоящее время, изготовленных в Словении

Для сравнения свойств опытных изделий изготавливались изделия из шихты № 6, 7, содержащие дополнительно алюмомагнезиальную шпинель – в сочетании с высокотемпературными оксидами металлов. Опытные изделия в виде полуформ имели высокие показатели стойкости 4-6 теплосмен, прочности 80-100 Н/мм² и высокую температуру деформации под нагрузкой $T=1650^{\circ}C$. Изделия могут использоваться многократно. Опытные изделия в виде тиглей имели высокую прочность – 100 Н/мм², термостойкость – 4-6 теплосмен, температуру начала деформации под нагрузкой

1600°C. Эти свойства подтверждают возможность многоразового использования тиглей /4, 5/.

Испытание в промышленных условиях показало надежность и прочность сварного шва при алюмотермитной сварке, что подтверждается анализами с применением ультразвуковых приборов типа УДМ-5. При этом прочность сварного шва превышает прочность конструкционного материала.

Кроме того, применение огнеупорных форм из отходов хромита при алюмотермитной сварке обеспечивает экономический эффект за счет:

- замены импортного оборудования, применяемого в настоящее время;
- использования местного сырья, т.е. отходов хромитовых руд различного состава и хвостов обогащения;
- экологической очистки окружающей среды от отходов горно-промышленного производства.

Литература

1. Атамкулов Е.Д. Доля Казахстанских железных дорог в развитии государства – весомая... Алматы, Ваш транскурьер, №4, 2005 г.
2. Сатубалдина Ж.С. Инвестиционная привлекательность железной дороги в период реформирования. Алматы, Ваш транскурьер, №4, 2005 г.
3. Бабин П.Н. и др. Хромитовые руды из глубоких горизонтов Кемпирсайского массива – ценное огнеупорное сырье. Алматы, КИМС, №1, с 57, 1981 г.
4. Кулманова Н.К., Бабин П.Н. – авторское свидетельство СССР № 618035 МКИ 35/20. С.. 04в. 1976 г. Шихта для получения огнеупоров.
5. Кулманова Н.К. – авторское свидетельство РК № 1346 МКИ 35/21, 17.06. 2006 г. Шихта для получения огнеупоров.

Кулманова Н.К. - д.т.н., профессор КазАТК (Казахстан, Алматы)

Бегалиева Д.У. - к.х.н., профессор КазАТК (Казахстан, Алматы)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ: ОКСИДЫ МАГНИЯ- ХРОМА- АЛЮМИНИЯ- ИТТРИЯ (ЛАНТАНА)

Для выяснения сущности физико-химических процессов, которые происходят при взаимодействии хромшпинелида с оксидами лантана и иттрия изучены системы $MgO-Cr_2O_3-Y_2O_3$ и $MgO-Cr_2O_3-La_2O_3$ /1-2/.

При изготовлении образцов исходные материалы брались в стехиометрическом соотношении. Исследовался синтез хроммагнезиальной шпинели при участии оксидов лантана и иттрия. Для полноты исследования в некоторых случаях оксиды РЗЭ принимались в количествах, выходящих за пределы стехиометрии (таб. 1) Образцы обжигались при температурах 1400-1750°C.

Исследование твердофазового взаимодействия в смесях $MgO-Cr_2O_3-Y_2O_3$ показало, что при 1450-1650°C, образуются два двойных соединения – $MgCr_2O_4$ и $YCrO_3$ (рис. 1). Магнезиальная шпинель реагирует с Y_2O_3 с кристаллизацией $YCrO_3$ (рис. 1). При избытке MgO появляется твердый раствор шпинели в периклазе.

Учитывая это, установлено, что в системе $MgO-Cr_2O_3-Y_2O_3$ равновесные фазовые отношения определяются тремя треугольниками: $MgCr_2O_4 - YCrO_3 - Cr_2O_3$, $MgCr_2O_4 - YCrO_3 - MgO$ и $MgO - YCrO_3 - Y_2O_3$ (рис. 1, таб. 1) с одной эвтектической точкой в каждом. Следовательно, шпинель не устойчива и разлагается Y_2O_3 . Реакция идет интенсивно, но при 1650°C полностью еще не завершается. Такая же картина

наблюдается и в системе $MgO-Cr_2O_3-La_2O_3$ (рис. 1). В смеси $MgCr_2O_4$ с 20% La_2O_3 быстро образуется $LaCrO_3$ и при температурах обжига 1200-1600°C фазовый состав материалов уже не изменяется – они сложены кристаллами $MgCr_2O_4$, $LaCrO_3$ и MgO в примерно равном количестве. Последний практически не растворяется в соединениях $LnRO_3$ и отмечается при рентгенографическом анализе уже при содержании его в смесях в количестве 3-5%. Массы из смесей $MgO+Cr_2O_3$ или $MgO+Al_2O_3$ с оксидами РЗЭ при 1780°C не спекаются, пористость образцов составляет 36-46% /1/.

Исследованы также системы оксидов иттрия, лантана с оксидами алюминия и железа. В результате исследования установлено, что в смесях Al_2O_3 с небольшим содержанием $La(OH)_3$ образуется соединение типа $LaAlO_3$. На рентгенограммах это подтверждается линиями интенсивности ($d = 3,79; 2,68; 1,89$) (рис. 2). При 800°C свободного глинозема уже нет. В области низких температур появляется промежуточное соединение X_1 , диссоциация которого приводит к появлению La_2O_3 . В образцах с Fe_2O_3 образуется $LaFe_2O_3$, а при повышении содержания в них отмечаются и свободные оксиды железа.

Анализ образцов, содержащих различное количество Y_2O_3 , обожженных при температуре 1400-1700°C, показал следующее. Взаимодействие в смесях Y_2O_3 с полупрозрачными оксидами отмечается при $T=800°C$. Наиболее интенсивны такие реакции с Cr_2O_3 , которые завершаются при 1000°C. Реакции с Fe_2O_3 и особенно с Al_2O_3 протекают медленно (таб. 2).

В образцах из Al_2O_3 и Y_2O_3 одновременно образуются соединения с молекулярным соотношением 2:1 или 3:5 и 1:1, как это следует из диаграммы состояния соответствующей системы /2/.

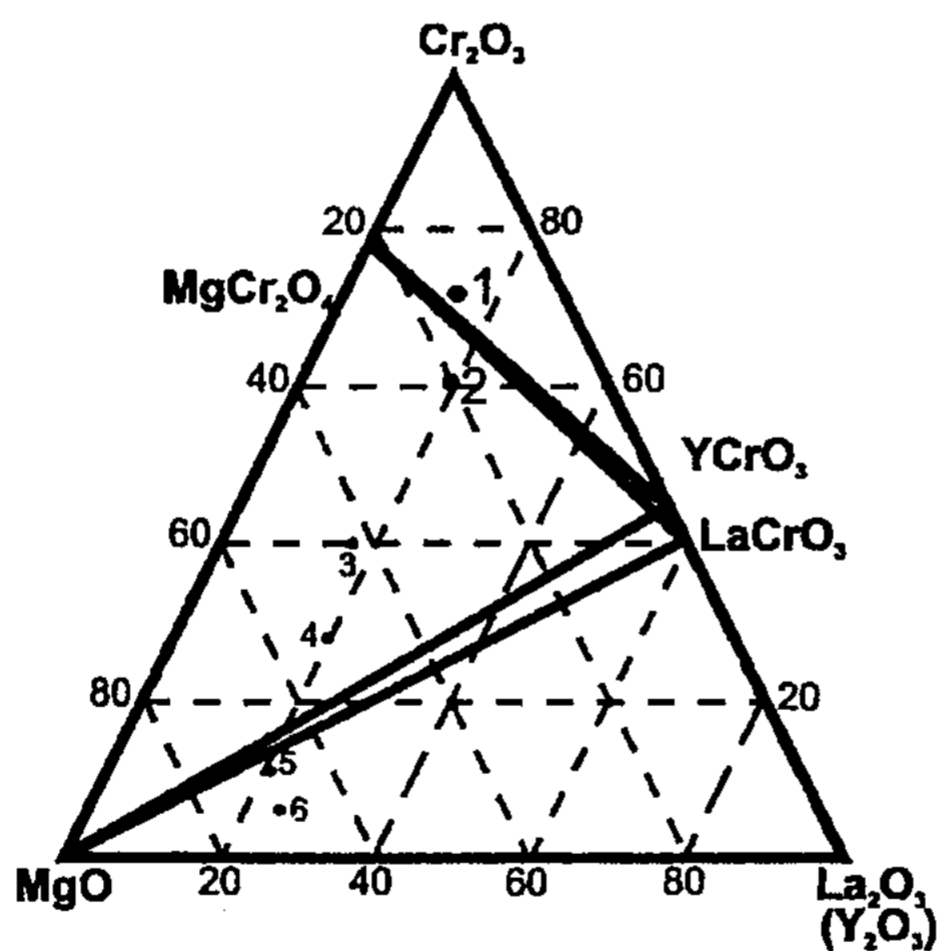


Рисунок 1. Равновесные фазы в системах $MgO-Cr_2O_3-La_2O_3(Y_2O_3)$ ($T - 1600-1700°C$; • - изученные составы)

Таблица 1. Результаты рентгеноструктурного анализа

Проба №	Содержание, %		Интенсивность линий на рентгенограммах					
	Y_2O_3	La_2O_3	MgO (2,10)	$MgCr_2O_4$ (2,50-2,51)	$YCrO_3$ (2,67)	Y_2O_3 (3,07)	$LaCrO_3$ (2,73-2,75)	$La(OH)_3$ (2,83)
1	16,7	-	-	100	50	-	-	-
2	20	-	10	100	90	-	-	-
4	16,7	-	100	30	100	-	-	-
6	22	-	100	-	60	55	-	-
1	-	16,7	-	100	-	-	90	-
2	-	20	10	80	-	-	100	-
4	-	16,7	80	30	-	-	100	-
6	-	25	100	-	-	-	90	10



Рисунок 2. Рентгенограммы спеков шпинельных соединений
 б – с $MgCr_2O_4$; 7 – $MgFe_2O_4$; 8 – хромшпинелид рудный.
 Обозначения (\downarrow) – $Y_3Al_2O_6$; (Δ) – $La(Al, Cr, Fe)O_3$; 30% Y_2O_3 ; б – La_2O_3 ($T=1650^\circ C$)
 1,5 – $MgAl_2O_4$; 2,6 – фаз: (+) – шпинели; (o) – Y_2O_3 ; (o) – $Y(Al, Cr, Fe)O_3$;

Таблица 2. Фазы, образующиеся в смесях $La(OH)_3-R_2O_3$ (1:1 мол)

Состав образца	Соединение	Характеристика линий	Интенсивность при температуре обжига, °C		
			600	800	1650*
$La_2O_3-Cr_2O_3$	Cr_2O_3	2,64	5	Нет	нет
	$LaCrO_3$	3,89	12	28	30
	«	2,75	30	100	100
	«	2,24	14	20	23
	Фаза X_1	2,94	20	нет	нет
	X_2	3,28	15	нет	Нет
$La_2O_3-Fe_2O_3$	Fe_2O_3	3,16	100	5	нет
	«	3,10	100	5	нет
	La_2O_3	2,69	36	30	нет
	La_2O_3	2,96	100	100	нет
	$La(OH)_3$	3,22	нет	4	нет
	$LaFeO_3$	3,91	10	12	30
$La_2O_3-Al_2O_3$	«	2,77	12	60	100
	Фаза X_1	2,94	100	6	нет
	Al_2O_3	2,54	15	нет	нет
	La_2O_3	2,96	нет	100	нет
	$La(OH)_3$	3,18	100	30	5
	$LaAlO_3$	3,78	8	8	40
«	«	2,68	8	8	100
	Фаза X_1	2,94	60	нет	Нет

*Стехиометрический состав

Независимо от мольного состава исходных смесей взаимодействие оксидов протекает в 3 стадии. На первой стадии образуется $Y_4 Al_2 O_9$.

В смеси состава $Y_2 O_3 : Al_2 O_3 = 3:5$ во время протекания реакции всегда остается несвязанный оксид алюминия. В смеси же состава 2:1 оксид алюминия быстро связывается с образованием алюминатов состава 2:1; 1:1; 3:5, которые начинают взаимодействовать между собой и с оксидом иттрия. Таким образом в сложном ряду превращений быстрее всего идет реакция синтеза граната, который реагирует с оксидом иттрия и $Y_4 Al_2 O_9$ вновь дает моноалюминат./2-5/

Данные рентгеноанализа свидетельствуют о близости структур $LaCrO_3$ и $LaFeO_3$, что обуславливает легкое взаимное замещение катионов Fe^{+3} и Cr^{+3} .

Исследование обжига образцов в высокотемпературном микроскопе позволило установить изменение объемов образцов в зависимости от температуры, а также от температуры плавления новообразований. Материалы, содержащие в своем составе оксиды иттрия, деформируются значительно меньше, чем такие же в сочетании с оксидом лантана /1/.

Огнеупоры хромитового состава обладают повышенной стойкостью к воздействию химических реагентов /1/, Взаимодействие оксидов РЗЭ с оксидами хрома, железа и алюминия также приводит к образованию продуктов, обладающих высокой химической стойкостью, что определяет их применение в химической промышленности.

Литература

1. Бабин П.Н., Кулманова Н.К. Кирчанова Н.В. Минералообразование в периклазошпинельных содержащих оксиды лантана или иттрия. Комплексное использование минерального сырья. №7 АН СССР, АН КазССР, 1980, с. 55-57.
2. Соединения редкоземельных элементов. Системы с оксидами элементов 1-4 групп. Наука, с.98-109, М., 1983.
3. Лопато Л.М., Герасимюк Г.И., Шевченко А.В. Фазовые превращения в системах оксиды лантана-кальция.
4. Тресвятский С.Г. и др. Диаграммы состояния оксидов иттрия эрбия и иттербия с оксидом магния. Известия АН СССР. Неорганические материалы, 1971, т.7.с. 2020-2024.
5. Кулманова Н.К., Бабин П.Н. – авторское свидетельство СССР № 618035 МКИ 35/20. С. 04 в. 1976 г. Шихта для получения огнеупоров.
6. Кулманова Н.К. – авторское свидетельство РК № 2006 г. Шихта для получения огнеупоров.

Алдекеева Д.Т. - к.т.н. КазАТК (Казахстан, Алматы)

КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИНЫ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Первопричиной любого дефекта композиционного материала (к которым относятся и дорожные покрытия) является трещина. В статье речь будет идти не о механических повреждениях, которые носят случайный характер и определяются антропогенным фактором, а о трещинах, которые возникают вследствие климатических условий и повторяющихся механических нагрузок.

Эволюция трещины, как и всякий физический процесс, идет в направлении увеличения энтропии.

В обзорной работе /1/ рассмотрено распространение трещины под действием приложенного напряжения. Не менее интересным представляется вопрос об

образовании самой трещины.

Эмбрионом трещины может оказаться любая (даже микро) пора. Так как пора представляет собой капилляр и при наличии влаги; поэтому капилляру вода жидкой фазы будет подниматься вверх и частично заполнять пору. И если при этом внешние температурные условия будут способствовать фазовому переходу воды в твердую фазу (образование льда в капилляре), то при расширении льда на стенки поры будет действовать расклинивающая сила. Это приведет к увеличению геометрических размеров поры. Многократное повторение этого элементарного процесса в итоге приведет к разрыву адгезионных связей. А разрыв адгезионных связей означает акт рождения трещины.

В этом аспекте интересно получить выражение для определения сил сцепления (адгезии) в композиционных материалах.

Любую сплошную поверхность можно разбить на сумму поверхностей, представляющих собой сферы. Поэтому рассмотрим две поверхности δ_1 и δ_2 , минимальное расстояние между которыми определяется отрезком O_1O_2 (рис 1). Ясно, что отрезок $O_1O_2 = \ell_0$ будет нормален к обеим поверхностям δ_1 и δ_2 . Введем две прямоугольные системы координат (x_1, y_1, z_1) и (x_2, y_2, z_2) . Отнесем δ_1 к первой системе, ось $O_1 z_1$ нормальна к поверхности, а оси $O_1 x_1$ и $O_1 y_1$ лежат в плоскостях нормальных сечений, кривизны которых пусть будут ξ_1 и ξ_2' . Аналогично для второй поверхности δ_2 , $O_2 x_2, O_2 y_2$ и ξ_2 и ξ_2' .

Пренебрегая членами третьего порядка малости можно написать:

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{1}{2} \xi_1 x_1^2 + \frac{1}{2} \xi_1 y_1^2 \\ z_2 &= \frac{1}{2} \xi_2 x_2^2 + \frac{1}{2} \xi_2 y_2^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Очевидно, что

$$\ell = \ell_0 + z_1 + z_2 \quad (2)$$

Далее можно написать: $x_2 = x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta$, $y_2 = -x_1 \sin \theta + y_1 \cos \theta$, где θ - угол между осями $O_1 x_1$ и $O_2 x_2$.

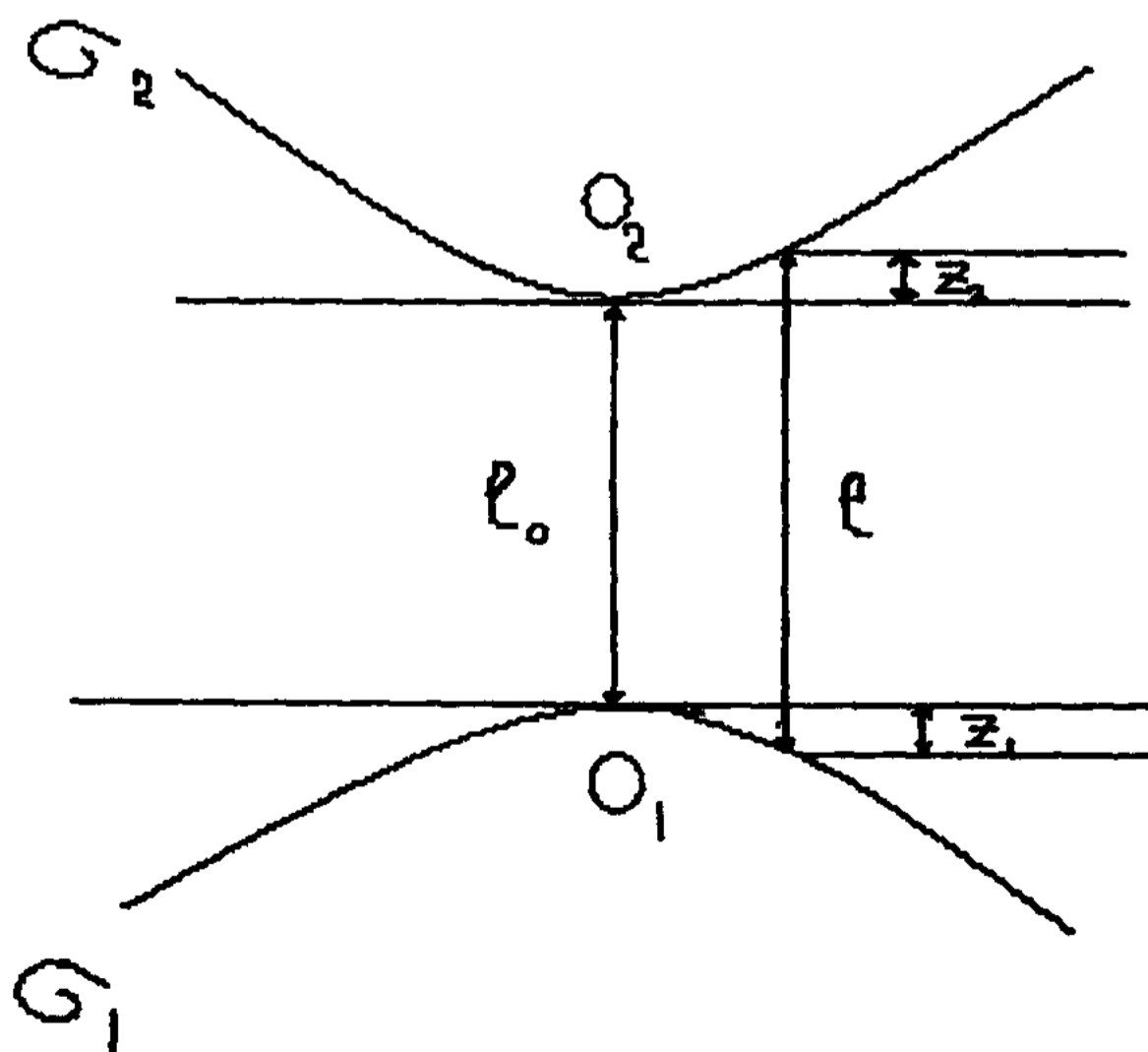


Рисунок 1. Схема адгезионного взаимодействия двух тел

Тогда учитывая (1) и (2) имеем:

$$\ell = \ell_0 + \frac{1}{2} [\xi_1 + \xi_2 \cos^2 \theta + \xi_2^1 \sin^2 \theta] x_1^2 + \frac{1}{2} [\xi_1^1 + \xi_2 \sin^2 \theta + \xi_2^1 \cos^2 \theta] y_1^2 + [\xi_2 - \xi_2^1] \cos \theta \sin \theta * x_1 y_1$$

Переходя к новым координатам $O_1 x$ и $O_1 y$ и подобрав угол, на который они повернуты относительно $O_1 x_1$ и $O_1 y_1$ можно избавиться от члена, содержащего $x_1 y_1$. Тогда:

$$\ell = \ell_0 + \frac{1}{2} \xi x^2 + \frac{1}{2} \xi^1 y^2$$

Определим свободную энергию взаимодействия U . Так как радиусы взаимодействия малы, то можно принять U как сумму свободных энергий dU противоположных участков $d\sigma_1$ и $d\sigma_2$ и, добавив к ней свободную энергию фазы, заключенной в цилиндре с основаниями $d\sigma_1$ и $d\sigma_2$.

Допуская, что dU зависит только от расстояния ℓ , то для свободной энергии можно написать:

$$U = \iint \Phi(\ell_0 + \frac{1}{2} \xi x^2 + \frac{1}{2} \xi^1 y^2) dx dy \quad (3)$$

Функция $\Phi(\ell)$ представляет собой свободную энергию двух параллельных плоскостей, отнесенную к единице площади. Чтобы проинтегрировать выражение (3) удобнее перейти к полярным координатам:

$$x = \frac{R}{\sqrt{\xi}} \cos \alpha \quad y = \frac{R}{\sqrt{\xi^1}} \sin \alpha$$

Так как функция $\Phi(\ell)$ очевидно должна резко убывать с увеличением ℓ , то можно пределы интегрирования взять от нуля до бесконечности. Тогда выражение (3) примет вид:

$$U = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \Phi(\ell_0 + \frac{1}{2} R^2) \frac{R dR d\alpha}{\sqrt{\xi \xi^1}}$$

Заменив переменную $\ell = \ell_0 + \frac{R^2}{2}$ и проинтегрировав по углу α , получим:

$$U = \frac{2\pi}{\sqrt{\xi \xi^1}} \int_{\ell_0}^\infty \Phi(H) dH$$

Окончательно сила взаимодействия тел будет равна:

$$F_i = - \frac{\partial U}{\partial (-\ell_0)} = - \frac{2\pi}{\sqrt{\xi \xi^1}} \Phi(\ell_0)$$

Просуммировав по всем сферам, на которые мы первоначально делили нашу поверхность, получим:

$$F = \sum_{i=1}^N F_i = -2\pi \sum_{i=1}^N \frac{\Phi_i(\ell_0)}{\sqrt{\xi_i \xi_i^1}} \quad (4)$$

Необходимо отметить, что выражение (4) по существу получено из термодинамических соображений, поскольку не делалось никаких предположений о характере взаимодействия участков поверхностей.

Напишем необходимое условие возникновения трещины, учитывая, что $F_{рас}$ - расклинивающая сила:

$$F_{рас} \geq F = -2\pi \sum_{i=1}^N \frac{\Phi_i(\ell_0)}{\sqrt{\xi_i \xi_i^1}}$$

Вопрос о величине расклинивающей силы требует дополнительных исследований. Вероятно, значение расклинивающей силы будет зависеть от многих факторов – материалов, используемых при изготовлении композиционных изделий, гранулометрического состава и т.д. Немаловажную роль играет при этом также солевой состав влаги, который может меняться в широких пределах /2, 3/.

Вывод.

В работе рассмотрен процесс эволюции микропоры в композиционном материале до рождения трещины под воздействием температурного фактора.

Получено условие образования трещины.

Литература

1. Биттибаев С.М., Карасай С.Ш., Джолдасов Н.С. Усталостное разрушение многослойных композитных материалов // Вестник КазАТК, № 3 (22), 2003, с. 27-30.
2. Тельтаев Б.Б., Умарова Г.Б. Сезонное колебание водно-солевого режима грунта земляного полотна автомобильных дорог // Вестник КазАТК, № 3 (15), 2002, с. 62-67.
3. Тельтаев Б.Б., Муратбек А.Ж., Жайсанбаев А.С. Некоторые закономерности водно-солевого режима грунта земляного полотна автомобильных дорог №5 (42), 2006. с. 46- 53.

Алдекеева Д.Т. - к.т.н., и.о. доцента КазАТК (Казахстан, Алматы)

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Решение дифференциального уравнения температурного поля для неограниченной плоской стенки можно найти во многих работах, например в /1/. Интересно рассмотреть наиболее общий случай и описать температурное поле многослойной системы.

Задача: Задана n -слойная неограниченная система с известным начальным распределением температуры. На границах между слоями существует идеальный тепловой контакт. На внешних граничных слоях заданы граничные условия, которые аналитически можно записать так:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha(T_s - T_c)$$

где λ - коэффициент теплопроводности; α - коэффициент теплоотдачи; T_s - температура поверхности тела; T_c - температура окружающей среды.

Вначале мощностью объемных и поверхностных источников тепла пренебрегаем. Требуется найти распределение температуры по толщине многослойной системы в любой момент времени (рис. 1).

Введем следующие безразмерные переменные:

$$K_i = a_i / a; \quad h_i = \lambda_i / \lambda; \quad F_0 = at / \sigma^2 - \text{критерий Фурье};$$

$$B_{i1} = \alpha_0 \sigma / \lambda_i; \quad B_{in} = \alpha_{n+1} \sigma / \lambda_n - \text{числа Био, где } (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\xi_i = x_i / \sigma (i = 1, 2, \dots, n) - \text{безразмерная координата } i\text{-го слоя системы.}$$

$$\Delta_i = \sigma_i / \sigma (i = 1, 2, \dots, n) - \text{толщина } i\text{-го слоя системы.}$$

$$\theta_i(\xi_i, F_0) = (t_{c1} - t_i) / (t_{c1} - t_0), \quad (i = 1, 2, \dots, n) - \text{относительная избыточная температура } i\text{-го слоя.}$$

$$D = (t_{c1} - t_{c2}) / (t_{c1} - t_0) - \text{безразмерная температура.}$$

a - наименьший из коэффициентов теплопроводности a_i

λ - коэффициент теплопроводности слоя с коэффициентом теплопроводности a .

Тогда температурное поле в системе разнородных слоев будет описываться системой уравнений:

$$\frac{\partial \theta_i(\xi_i, F_0)}{\partial F_0} = k_i \frac{\partial^2 \theta_i(\xi_i, F_0)}{\partial \xi_i^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

при начальных условиях:

$$\theta_i(\xi_i, F_0) = f_i(\xi_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Граничные условия на внешних слоях системы:

$$\begin{cases} -\frac{\partial \theta_1(0, F_0)}{\partial \xi_1} + Bi_1 \theta_1(0, F_0) = 0 \\ \frac{\partial \theta_n(\Delta_n, F_0)}{\partial \xi_n} + Bi_n [-D + \theta_n(\Delta_n, F_0)] = 0 \end{cases} \quad (3)$$

и условия сопряжения на поверхностях контакта слоев:

$$\theta_{i-1}(\Delta_{i-1}, F_0) = \theta_i(0, F_0) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$h_{i-1} \frac{\partial \theta_{i-1}(\Delta_{i-1}, F_0)}{\partial \xi_{i-1}} = h_i \frac{\partial \theta_i(0, F_0)}{\partial \xi_i} \quad (5)$$

	$tc_1; \alpha_0; q_0$	
x_1	$\lambda_1; \alpha_1$	σ_1
	$\lambda_2; \alpha_2$	σ_2
x_2		
	$\alpha_k; \lambda_k$	σ_k
x_k		
x_n	$\alpha_n; \lambda_n$	σ_n
	$tc_2; \alpha_{n+1}; q_{n+1}$	

Рисунок 1. Схема процесса передачи

Общее решение задачи (1)-(5), удовлетворяющие неоднородным граничным условиям, представим в виде суммы [2]:

$$\theta_i(\xi_i, F_0) = R_i(\xi_i) + N_i(\xi_i, F_0), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

где $R_i(\xi_i)$ - решение краевой задачи стационарной теплопроводности при соответствующих неоднородных граничных условиях вида (3) и условий сопряжения вида (4) и (5).

$N_i(\xi_i, F_0)$ - решение нестационарной краевой задачи с однородными граничными условиями и неоднородными начальными условиями. Функцию $N_i(\xi_i, F_0)$ определим позже, используя метод разделения переменных.

Очевидно, функция $R_i(\xi_i)$ должна удовлетворять условию:

$$\frac{d^2 R_i(\xi_i)}{d\xi_i^2} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

С 2n граничными условиями:

$$\begin{aligned} -\frac{dR_i(0)}{d\xi} + Bi_1 R_i(0) = 0 & \quad ; \quad \frac{dR_n(\Delta_n)}{d\xi_n} + Bi_n [-D + R_n(\Delta_n)] = 0 \\ R_i(\Delta_{i-1}) = R_i(0) & \quad (i = 2, 3, \dots, n) \end{aligned}$$

$$h_{i-1} \frac{dR_{i-1}(\Delta_{i-1})}{d\xi_{n-1}} = h_i \frac{dR_i(0)}{d\xi_i} \quad (i = 2, 3, \dots, n)$$

Решение этой системы можно представить в виде:

$$R_i(\xi_i) = A_i \xi_i + B_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Для определения постоянных интегрирования A_i и B_i имеем следующие рекуррентные соотношения:

$$A_i = \frac{P}{h_i \chi}, \quad B_i = \frac{1}{B_{i-1}} \cdot A_i + \frac{D}{\chi} \left(\sum_{k=1}^i \frac{\Delta_k}{h_k} - \frac{\Delta_i}{h_i} \right),$$

где

$$\chi = \frac{1}{B_{i-1} h_i} + \frac{1}{B_{i-1} h_n} + \sum_{k=1}^n \frac{\Delta_k}{h_k}.$$

Рассмотрим функции $N_i(\xi_i, Fo)$, описывающие неустановившееся поле температур при однородных граничных условиях.

Мы имеем

$$\frac{\partial N_i(\xi_i, Fo)}{\partial Fo} = k_i \frac{\partial^2 N_i(\xi_i, Fo)}{\partial \xi_i^2} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Начальные условия:

$$N_i(\xi_i, 0) = f_i(\xi_i) - R_i(\xi_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Граничные условия на внешних слоях:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial N_1(0, Fo)}{\partial \xi_1} + B_{i-1} N_1(0, Fo) &= 0 \\ \frac{\partial N_n(\Delta_n, Fo)}{\partial \xi_n} + B_n N_n(\Delta_n, Fo) &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Граничные условия сопряжения на внутренних слоях:

$$N_{i-1}(\Delta_{i-1}, Fo) = N_i(0, Fo) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$h_{i-1} \frac{\partial N_{i-1}(\Delta_{i-1}, Fo)}{\partial \xi_{n-1}} = h_i \frac{\partial N_i(0, Fo)}{\partial \xi_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Так как граничные условия однородны, частное решение каждого уравнения системы (7) можно определить как произведение двух функций: $x_i(\xi_i)$ - зависящей только от ξ_i и экспонента, зависящая от Fo .

$$N_i(\xi_i, Fo) = x_i(\xi_i) e^{-\mu^2 Fo} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Подставляя уравнение (12) в (7), получим частные решения:

$$N_i(\xi_i, Fo) = A_i e^{-\mu^2 Fo} \sin\left(\frac{\mu}{\sqrt{k_i}} \xi_i + \varphi_i\right) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Общее решение i -го уравнения системы (7) определяется в виде ряда [2]:

$$N_i(\xi_i, Fo) = \sum_{k=0}^{\infty} A_{ik} e^{-\mu_k^2 Fo} \sin\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_i}} \xi_i + \varphi_{ik}\right) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Используя граничные условия (10) и (11) и общее решение (13), получим:

$$A_{i-1} \sin\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_{i-1}}} \Delta_{i-1} + \varphi_{i-1,k}\right) = A_{ik} \sin \varphi_{ik} \quad i=2, \dots, n \quad (14)$$

$$\frac{A_{i-1}}{\sqrt{k_{i-1}}} h_{i-1} \cos\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_{i-1}}} \Delta_{i-1} + \varphi_{i-1,k}\right) = \frac{A_{ik}}{\sqrt{k_i}} h_i \sin \varphi_{ik} \quad (15)$$

Исключая из (13) и (14) A_{ik} , $i=2, \dots, n$, получим характеристическую систему в виде цепочного трансцендентного уравнения, которая определяет собственные числа μ_k задачи и постоянные $\varphi_{2k}, \dots, \varphi_{n-1,k}$:

$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{k_1}}{h_1} \operatorname{tg}\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_1}} \Delta_1 + \varphi_{1k}\right) &= \frac{\sqrt{k_2}}{h_2} \operatorname{tg} \varphi_{2k} \\ &\dots \\ \frac{\sqrt{k_{i-1}}}{h_{i-1}} \operatorname{tg}\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_{i-1}}} \Delta_{i-1} + \varphi_{i-1,k}\right) &= \frac{\sqrt{k_i}}{h_i} \operatorname{tg} \varphi_{ik} \\ &\dots \\ \frac{\sqrt{k_{n-1}}}{h_{n-1}} \operatorname{tg}\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_{n-1}}} \Delta_{n-1} + \varphi_{n-1,k}\right) &= \frac{\sqrt{k_n}}{h_n} \operatorname{tg} \varphi_{nk} \end{aligned}$$

$\varphi_{1k}, \varphi_{nk}$ можно найти, подставляя в (9) решение (13):

$$\varphi_{1k} = \operatorname{arctg}\left(\frac{\mu_k}{Bi_1 \sqrt{k_1}}\right), \quad \varphi_{nk} = -\operatorname{arctg}\left(\frac{\mu_k}{Bi_n \sqrt{k_n}}\right) - \frac{\mu_k}{\sqrt{k_n}} \Delta_n$$

Коэффициенты A определяются:

$$A_{i-1,k} = \mu_{i-1,k} \cdot A_{ik} \quad (i=3, 4, \dots, n),$$

где $\mu_{1k} = 1$;

$$\mu_{ik} = \frac{\prod_{r=1}^{i-1} \sin\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_r}} \Delta_r + \varphi_{rk}\right)}{\prod_{r=1}^i \sin \varphi_{rk}} \quad (i=2, \dots, n)$$

С учетом полученных соотношений общее решение (13) примет вид:

$$N_i(\xi_i, Fo) = \sum_{k=1}^{\infty} A_{1k} \mu_{ik} e^{-\mu_k Fo} \sin\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_i}} \xi_i + \varphi_{ik}\right) \quad (i=2, \dots, n) \quad (16)$$

Остается определить A_{1k} , который найдем из условия ортогональности собственных функций $x_{ik}(\xi_i)$ на отрезке $\sum_{i=1}^n \Delta_i$, т.к. собственные функции $x_{ik}(\xi_i)$ ортогональны, то

$$\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} \int_0^{\Delta_i} x_{ik}(\xi_i) x_{ip}(\xi_i) d\xi_i = \begin{cases} \text{const}; k = p \\ 0; k \neq p \end{cases} \quad (17)$$

Из начальных условий (8) с учетом (12) и (16) следует:

$$N_i(\xi_i, 0) = \sum_{k=1}^{\infty} x_{ik}(\xi_i) = \sum_{k=1}^{\infty} A_{1k} \mu_{ik} \sin\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_i}} \xi_i + \varphi_{ik}\right) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

Умножая (18) на $x_{ik}(\xi_i)$ ($i=1, 2, \dots, n$) и, используя (17), получим:

$$A_{ik} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} \mu_{ik} \int_0^{\Delta_i} N_i(\xi_i, 0) \sin\left(\frac{\mu_k}{k_i} \xi_i + \varphi_{ik}\right) d\xi_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{a_i} \mu_{ik}^2 \int_0^{\Delta_i} \sin^2\left(\frac{\mu_k}{\sqrt{k_i}} \xi_i + \varphi_{ik}\right) d\xi_i} \quad (19)$$

Таким образом, температурное поле в системе с n -слоями описывается суммой функций: $R_i(\xi_i)$ и $N_i(\xi_i, F_0)$, ($i=1, 2, \dots, n$).

Вывод.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке программы для описания температурного поля многослойного материала в любой момент времени.

Литература

1. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнения математической физики. М., Наука, 1964, 287 с.
2. Бицадзе А.В. Некоторые классы уравнений в частных производных. М., Наука, 1981, 448 с.

Кощанова Г.Р. – п.ф.к. ҚазККА АФ (Қазақстан, Ақтау)

МАТЕМАТИКА САБАҒЫНДА ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТӘРБИЕ БЕРУ

Бүгінгі таңда өндіріс саласын терең өзгеріске ұшыратып отырған ғылым мен техниканың даму қарқыны жеделдей түсуде. Интеллектуалдық еңбек үлесінің өсуі нәтижесінде өмірге енетін жеткіншектердің білім деңгейіне, әр адамның қабілеті мен шығармашылық әлеуетінің дамуына, оның кәсіптік икемділігіне қойылатын талаптар да күшейді.

Экономикалық ойлауды қалыптастыру философиялық, психологиялық және педагогикалық заңдылықтарға сәйкес олардың экономикалық түсінігін, экономикалық санасын, экономикалық сауатылығын, білімі мен біліктілігін қалыптастыру әрекеттерімен тікелей байланысты.

Экономикалық білім оқушыларды экономика саласы бойынша біліммен қаруландырады және білімді сенімге, мінез-құлық нормасына айналдыратын экономикалық тәрбиеге негіз болады, күнделікті өмірде оқушылардың білімін, сенімін іс жүзінде қолдана білуге жетелейді.

Педагогикалық процестегі экономикалық тәрбиенің орны, мақсаты, міндеті жөнінде бүгінгі күнге дейін ғалымдар ортақ пікірге келген жоқ. Ғалымдардың бір тобы (И.Б. Иткин, Б.Т. Лихачев) оны жеке бағытқа жатқызады, ал келесі бір тобы оны еңбек және политехникалық білімнің құрамдас бөлігі деп есептейді (В.И. Попов, Ю.К. Васильев).

Экономикалық тәрбие мен білім беру мәселесін арнайы зерттеулерде жеке бағыт ретінде бөліп қарастыруға болады, өйткені оның толық айқындалған өзіндік мақсаты мен өзіне тән міндеттері бар.

Экономикалық тәрбие – адамгершілік тәрбиесінің құрамдас бөлігі. «Экономикалық тәрбие қоғам мүшелерінің білімін, қабілетін және дағдысын, қажеттілігі мен мүддесін, ойлау стилін қалыптастыру мақсатында жүйелі, мақсатты бағытта ықпал ету» – деп түсініледі

Сонымен қатар, экономикалық тәрбие «қоғамның адамға оның ойлау жүйесін және әрекетін қалыптастыру үшін жүйелі, мақсатты бағытта ықпал етуі»,

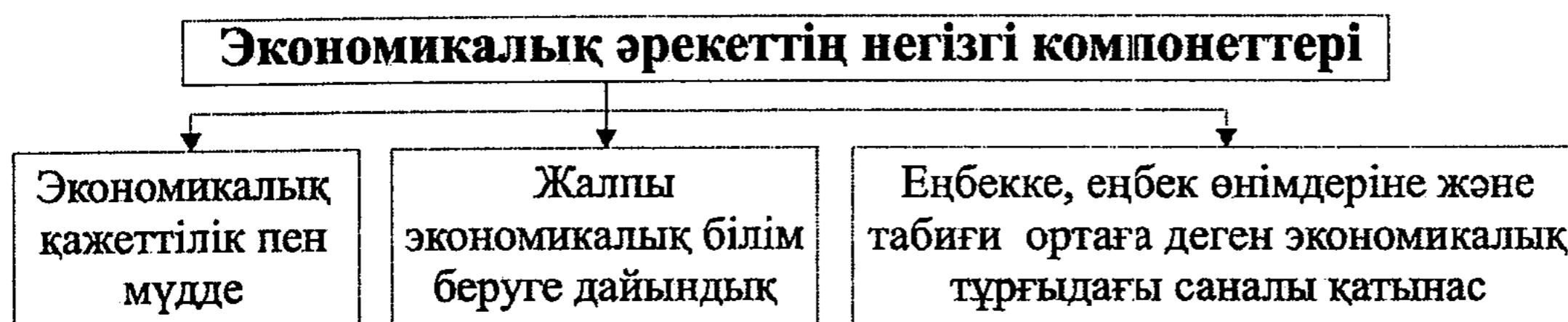
«экономикалық даму заңдылықтарын тану негізінде адамды белсенді қоғамдық-пайдалы әрекетке дайындау процесі» деп те анықталады.

Экономикалық білім беру экономикалық білім, білік және дағдыларды жүйелеуге, оларды бір-бірімен байланыстыруға бағытталған. Экономикалық тәрбие беру жеке тұлғаның әлеуметтік жағынан құнды, жағымды қасиеттерін (сапаларын) қалыптастыруға бағдарланған.

Экономикалық тәрбие кең мағынада – ұйымдастырылған педагогикалық әрекет, ол экономикалық білім беру, экономикалық мақсатты әрекетпен байланысты экономикалық білік, дағдыларды қалыптастыру арқылы экономикалық сананы, жеке тұлғаның экономикалық маңызды сапаларын қалыптастыруға, экономикалық ойлауын дамытуға бағытталған.

Экономикалық сана – адамның экономикалық өмірдің нақты сипатын, экономикалық қатынастарды, осы өмірдегі өз әрекетін тануы.

Экономикалық тәрбиенің маңызды міндеті оларды экономикалық әрекетке дайын болуға тәрбиелеу болып табылады (1-сурет).



1-сурет. Экономикалық әрекеттің негізгі компоненттерінің сызбасы

Бұл жеке тұлғаның өзінің экономикалық білімін, білігін, дағдысын пайдаланып тиімді еңбектену, еңбек заттарын үнемдеу, қоршаған ортаны аялау және бос уақытын тиімді пайдалану мүмкіндіктерімен қаруландырады. Жалпы экономикалық білім беруге дайындық – экономикалық білім, білік, дағды және әдет жүйесі. Экономикалық білік пен дағды қатарына жоспарлау, бақылау, экономикалық есеп және экономикалық талдауды жатқызу керек. Ғылым негіздерін оқыту барысында осы біліктер мен дағдылар пәндер ерекшелігімен және жеке тұлға қатысатын әрекетпен астасады. Экономикалық тәрбие беру процесінде экономикалық білім сенімге айналуы және ол іс-әрекет пен мінез құлықтан көрініс табуы тиіс.

Экономикалық білімнің сенім мен іс-әрекетке айналуының басты қозғаушы күші жеке тұлғаның экономикалық қажеттілігі мен мүддесі. Бұның қалыптасуына қоғамның экономикалық мәдениет деңгейі әсер етеді, ал ол өз кезегінде қоғамдық қатынастарға тәуелді.

Басқаша айтқанда, экономикалық тәрбие білімге деген сұранысты жандандыруға, экономикалық білімді жасампаздық әрекетте қолдана білуді дамытуға қызмет етеді.

Экономикалық тәрбие дүниетанымның маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Экономикалық тәрбиенің маңыздылығы сонда, ол өзге қоғамдық сананың басқа нысандарына қарағанда болмысқа жақын әрі қоғамдық болмыс пен қоғамдық сана арасын байланыстыратын буын қызметін атқарады. Бұл И. Б. Иткиннің пікірі бойынша, қоғамдық тәрбие өндірістік қатынастар жүйесімен тығыз байланысады; бұл – экономикалық білім мен тәрбие бір арнаға тоғысатын тұсы.

Өйткені, тәрбие өсіп келе жатқан ұрпақты өмірге дайындауға бағытталған, ал экономикалық тәрбие экономикалық әрекетке дайындауға, қоғамдық қатынастардың негізі (базисі) ретіндегі экономикаға саналы түрде қатысуға дайындауға бағытталған; ол педагогикада басым орын алуы тиіс.

Біздің ойымызша, экономикалық тәрбиені еңбек тәрбиесімен шатастырмау керек, өйткені экономика мен еңбек бір емес, экономикалық тәрбие еңбек әрекеті ауқымымен

шектелмейді. Ол түрлі өндірістік емес әрекет салаларымен (тұтыну, айырбастау және бөлу салалары) байланысты.

Экономикалық тәрбие қоғамдық тәрбиенің барлық бағыттарымен, әсіресе, еңбек, адамгершілік және экологиялық тәрбиемен тығыз байланысы И.А.Сасова, А.Ф.Аменд, Б.П.Шемякин зерттеулерінде дәлелденген.

Экономикалық тәрбие жалпы оқу-тәрбие процесінің бөлігі болып табылады және ол тәрбиенің өзге түрлерімен тығыз байланысты (сурет 2).



2 сурет. Экономикалық тәрбиенің өзге тәрбие түрлерімен байланысының сызбасы

Адамгершілік тәрбие іс-әрекетте экономикалық бағыттағы мақсатпен байланысты болады. Өйткені, моральдық және саяси-идеялық принциптер қоғамдық-экономикалық қатынастардан туындайды.

Экономикалық және құқықтық тәрбиенің байланысы заңнан өз көрінісін тапқан біздің қоғамның құқықтық талаптары мен нормаларынан тұратын азаматтық құқықтық санаға негізделіп, қоғам дамуының экономикалық заңдылықтарынан шығады. Құқықтық тәрбиенің тиімділігі көбінесе барлық саладағы экономикалық әрекеттің көрсеткіштерімен айқындалады.

Эстетикалық түсінік пен талғамның қалыптасуы жеке тұлға мен қоғамның экономикалық мүмкіндіктерімен сәйкес келмеуі мүмкін емес. Эстетикалық және экономикалық тәрбиенің өзара байланысы осында жатыр. Еңбек пен өндіріс эстетикасы еңбекті ізгілендіру, оның тиімділігі мен сапасын көтеру құралы болып табылады. Екінші жағынан еңбекті оңтайландыру, оның тиімділігі мен сапасын көтеру жеке тұлғаның эстетикалық дамуына септігін тигізеді. Еңбек өнімділігін арттыруда маңызды рөл атқаратын, дене тәрбиесі қоғамның экономикалық ахуалын көтеруге де әсер етеді.

Экономикалық және экологиялық тәрбие мен білімнің бірлігі және өзара байланыстылығы бар. Олар қоршаған ортаны қорғау қажеттілігінен, табиғи және технологиялық процестердің әрекеті мен сабақтастығынан туындайды.

Экономикалық тәрбиенің негізгі міндеттері – жеке тұлғаның экономикалық санасы мен ойлауын үздіксіз дамыту; олардың өз қажеттіліктерін толық қанағаттандыру құралы ретінде еңбекке ұмтылу, мамандық тандауға саналы қатынасы; экономикалық талдау іскерлігі мен дағдысын игерту; мінез-құлықтың белгілі сапасына тәрбиелеу (үнемділік, есепқойлық, практикалық, іскерлік, шаруагерлік), ой және дене еңбегі мәдениетін тәрбиелеу; еңбекті ғылыми ұйымдастыру негіздерін игерту.

Қазіргі кезде экономикалық тәрбие үлесін күшейту үрдісі жүруде, ол мынадай факторларға:

- 1) елдегі шаруашылық тетігінің өзгеруіне байланысты жұмыс істеу мен басқарудың экономикалық әдісіне көшу арқылы нарықтық қатынастың дамуына;
- 2) өндірістік күштер мен өндірістік қатынастарды жетілдірудің объективті

қажеттіліктеріне қарай тұрғындардың экономикалық білімді игеруге деген өскелең ұмтылысына негізделген.

Экономикалық білім мен тәрбие берудің нәтижелері экономикалық мәдениетті және жаңа типтегі экономикалық ойлауды қалыптастырады.

Оқушының экономикалық мәдениеті – оның экономикалық білімі, сенімі және белсенді еңбегі мен қоғамдық әрекетінің бірлігі. Тәрбие мақсатының бірі ретінде экономикалық мәдениет оқу-тәрбие процесінде маңызды орын алады.

Жалпы мәдениеттің бір бөлігі ретінде экономикалық мәдениет экономикалық ғылым мен практика жетістіктерінің жиынтығы түрінде көрініс берді. Экономикалық мәдениет өзегі жеке тұлғаның экономикалық білімі мен тәжірибесі негізінде қалыптасатын экономикалық сана болып табылады. Экономикалық мәдениет компоненттері дегеніміз – еңбек мәдениеті мен тұтыну мәдениеті.

Экономикалық мәдениет экономикалық білімнің, біліктің және дағдының болуын қажет етеді. Олар экономикалық әрекет барысында туындайтын экономикалық қатынастардағы жеке тұлғаның экономикалық сапасының жиынтығы арқылы жүзеге асады.

Экономикалық білім материалдық игіліктердің мазмұны, сипаты, ерекшеліктері, оларды өндіруге, айырбастауға, бөлуге және тұтынуға, қоғам дамуына материалдық өмірдің ықпалы жөніндегі экономикалық теориялар жиынтығынан тұрады.

Экономикалық білік – адамның экономикалық әрекетті немесе оның жекелеген элементтерін экономикалық білім мен тәжірибе негізінде орындай алуы.

Экономикалық дағды — жиі қайталаулар нәтижесінде автоматтандырылған шеберлік. Экономикалық іскерліктер мен дағдыларға іс әрекет процесіне және нәтижелеріне экономикалық талдау, үнемді экономикалық есептеу, жоспарлау, еңбекті ғылыми тұрғыда ұйымдастыру біліктері мен дағдыларын жатқызуға болады.

Жеке тұлғаның экономикалық маңызды қасиеті деп экономикалық қызмет барысындағы қатынастардың барлық түрінде көрініс беретін адамгершілік қасиеттерді түсінеміз.

Экономикалық маңызды қасиеттер жағымды немесе жағымсыз болуы мүмкін. Жеке тұлғаның жағымды экономикалық маңызды қасиеттері қатарына мыналар жатады: еңбекқорлық, ұжымшылдық, жауапкершілік, жинақылық, үнемділік, іскерлік, есепшілдік. Ал жағымсыз қасиеттерге: шаруаға қырсыздық, сарандық, менмендік, ысырапшылдық, керенаулық, надандық жатады.

Жас ұрпақты экономикалық мәдениеті жоғары өмірге және еңбекке дайындауға экономикалық тәрбие мен білім беру арқылы қол жетеді.

Экономикалық сана — білім мен экономикалық өмірге деген көзқарастар жиынтығы. Қоғамдық экономикалық санаға экономикалық көзқарастардың бәрі емес, тек қана қоғамдық мәндісі ғана кіреді.

Экономикалық сананы қалыптастыру құралдары экономикалық тәрбие мен білім беру болып табылады. Экономикалық санаға ғылыми ойлау мен таным нәтижесі ретіндегі теориялық сана және практикалық таным мен әдеттегі ойлау нәтижесі ретіндегі эмпирикалық сана кіреді. Теориялық сана экономика ғылымдарының экономикалық заңдары мен категорияларында көрініс табады. Эмпирикалық сана адамдардың қимыл-әрекетін айқындайды.

Экономикалық тәрбие мақсаты мен міндетін анықтағанда, философ В.А. Мраморовтың, экономикалық тәрбиенің бастапқы сәті экономикалық әрекет екендігі туралы пікірін басшылыққа аламыз. Экономикалық тәрбиенің іскерлік сипатын Н.Б. Кулакова жеке тұлғаның белсенділігі мен оның экономикалық дамуын айқындайтын адам санасының әрекетшілдік табиғатынан туындайды деп тұжырымдайды. Жеке тұлғаның экономикалық дамуы дегеніміз экономикалық қатынастардың өзгеруі, демек, экономикалық әрекет барысында және нәтижесінде адамның практикалық сапасының