

УДК 621.762

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКОЙ МЕТОДОМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

А.Н. КАСЕНОВ, Б.Б. БЫХИН, А.Р. ТОЛЕУОВА

(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Достижение реальных, устойчивых и возрастающих темпов экономического роста в Республике Казахстан, является одним из долгосрочных приоритетов по реализации стратегических задач, определенных Президентом Республики Казахстан – Лидером нации Назарбаевым Н.А. в Стратегии «Казахстан – 2050» и Послании народу Казахстана «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее». Значительный вклад в реализацию этого приоритета вносит металлургическая, машиностроительная и другие металлообрабатывающие отрасли народного хозяйства, которые должны выпускать конкурентоспособную металлопродукцию на основе внедрения новых инновационных технологий, базирующихся на последних научных достижениях в области обработки металлов давлением. Такие технологии гарантируют высокую производительность, снижение энергетических, материальных, трудовых затрат и существенное повышение качества продукции до уровня, не уступающего лучшим зарубежным образцам.

Одним из главных направлений решения вышеуказанных задач в области обработки металлов давлением является реализация интенсивной пластической деформации (ИПД) при горячей прокатке сортовых профилей.

На кафедре «Обработки металлов давлением» КГИУ разработан новый способ горячей прокатки сортовых профилей [1] с применением новой системы калибровки валков «ромб-квадрат», использование которой позволяет реализовать интенсивную пластическую деформацию за счет изменения ориентации ромбических калибров относительно осей прокатных валков, в результате чего происходит существенное изменение харак-

тера течения металла наряду с высотным обжатием деформируемый металл одновременно подвергается интенсивному поперечному сдвигу в двух направлениях: со стороны верхнего валка сдвиг происходит с права налево, а со стороны нижнего валка металл получает такой же сдвиг слева направо в нечетных проходах и наоборот в четных проходах. Используя данный принцип для последовательно расположенных калибров можно реализовать так называемую интенсивную знакопеременную деформацию. В результате в готовом прокате формируется мелкозернистая структура с высоким комплексом механических свойств. [2]

За последние годы целый ряд новых материалов получил широкое распространение практически во всех областях народного хозяйства, причем наблюдается устойчивая тенденция к повышению требований по основным показателям качества изделий и заготовок из классических конструкционных материалов. Одним из перспективных направлений повышения качества конструкционных материалов: металлов, сплавов, порошковых материалов и высокомолекулярных соединений, является интенсивное пластическое деформирование (ИПД). Процессы ИПД относятся к современным и развивающимся методам обработки материалов давлением, позволяющим обеспечивать формирование ультрамелкозернистых (УМЗ), субмикро и нанокристаллических структур в объемных заготовках. В настоящее время методы ИПД находят широкое опытно-промышленное применение в заготовительном производстве машиностроительных и металлургических предприятий, а также в производстве высокомолекулярных полимерных материалов [3-7]. В процессах ИПД металлов, сплавов и композитов обеспечива-

ется формирование УМЗ структур материалов с повышенными показателями усталостной прочности при сохранении высокой удельной прочности и технологической пластичности в области эксплуатационных температур для деталей авиационной техники, оборудования химической промышленности, медицинских имплантатов и т.д.

В последние десятилетия в области обработки металлов давлением возникло новое направление формирования структуры металлических материалов на основе использования интенсивной пластической деформации ИПД, в результате которой можно получить уникальное мелкозернистое, ультрамелкозернистое (УМЗ) и даже наноструктурное строение кристаллов (зерен), обеспечивающие существенно более высокий уровень комплекс механических свойств у конструкционных материалов.

Наиболее впечатляющие результаты достигнуты с применением квазигидростатического кручения металла (КГСК), равноканального углового прессования (РКУП), многоосевойковки металла.

Обработку металлов давлением, в частности прокатку необходимо рассматривать не только как процесс формоизменения, но и как мощный способ воздействия на тонкое строение и структурно – чувствительные свойства металлов и сплавов, определяющие их механические свойства. Повышение экс-

плуатационных свойств материалов обусловлено путем целенаправленного изменения их структуры и тонкого строения в ходе деформирования. Для оценки влияния способа прокатки на особенности структурообразования при прокатке катанки из стали СтЗГсп были проведены металлографические исследования образцов. Металлографические исследования образцов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10243-75 и ГОСТ 5639-82, используя металлографические микроскопы DM IRM фирмы Leica (Германия) и сканирующий электронный микроскоп JSM5910 (Япония). В результате металлографических исследований выявили микроструктуру образцов, прокатанных на стане «Дуо-200/150».

В качестве исходной заготовки был использован подкат отобранный из клетки сортопрокатного стана АО «АрселорМиттал Темиртау» из подкатанных были выбраны образцы для проведения эксперимента на стане«Дуо-200/150».

Анализ макроструктуры исходного образца показывает, что отсутствуют внутренние несплошности по сечению, но четко обнаруживается точечная ликвация - мелкие округлые, сильно травящиеся (матовые) точки, равномерно расположенные по всему сечению образца, за исключением краевой зоны. Точечная ликвация исходного образца составляет 4 балла.

Макроструктура исходного образца



Рисунок 1.

Изучение микроструктуры осуществлялось на оптическом микроскопе Leica. Исследование микроструктуры выполнялось на специально подготовленных микрошлифах. Подготовка микрошлифов осуществлялась в следующей последовательности: вырезка темплета из исследуемой области заготовки; получение плоской поверхности образца; шлифование плоскости образца; полирование плоскости образца; травление; изучение микроструктуры. Вырезка темплетов осуществлялась на отрезном станке Labotom-3 фирмы Struers (Швейцария). В процессе резания образец и отрезной диск охлаждались водой со специальным лубрикантом, исключая окисление образца.

Шлифование и полирование производилось на станке TegraForce/TegraPol фирмы Struers (Швейцария) по стандартной методике для стальных материалов. При шлифовании использовались специальные диски на магнитной основе и охлаждающие жидкости фирмы Struers. После шлифования, образец подвергали тонкому полированию для удаления оставшихся после шлифования

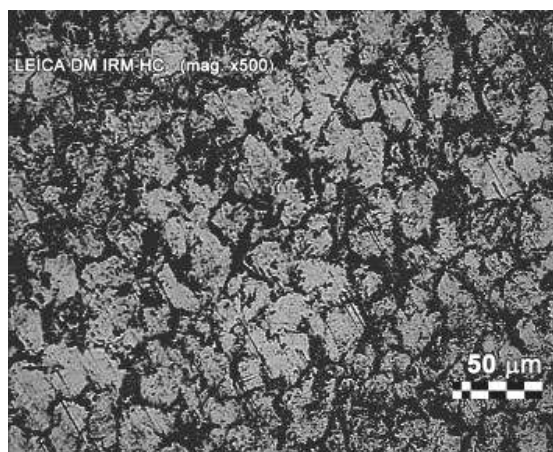
мелких дефектов, рисок и т.д.

Для изучения на оптическом микроскопе образцы подвергали травлению. В качестве травителя для стальных материалов использован реактив Ржешотарского (раствор 4% азотной кислоты в спирте).

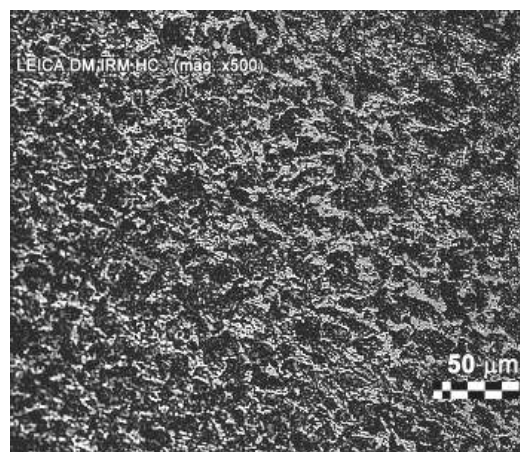
При анализе микроструктуры образцов на оптическом микроскопе использован микроскоп Leica. Увеличение микроскопов составляло $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$ и $\times 1000$ крат. Все образцы были изучены в светлом поле. Изучение микроструктуры на оптическом микроскопе позволяет выявлять различные структурные элементы, окрашиваемые при травлении в разные цвета, характер расположения и размеров фазовых составляющих. Изучение микрошлифов в нетравленном виде позволило оценить распределение включений по сечению образца и их форму.

Ниже приведены результаты микроструктурных исследований катанки из СтЗсп, прокатанной по традиционной технологии, применяемой в проволочных станках Криворожского металлургического завода.

Микроструктура образцов из стали СтЗ, прокатанной по традиционной технологии



а)



б)

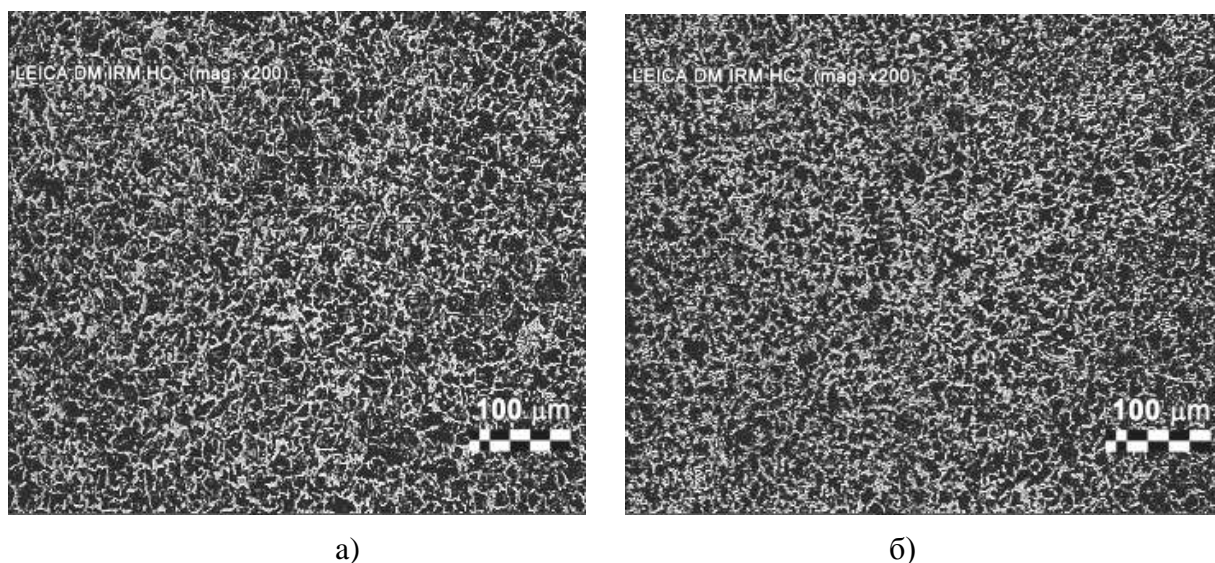
а – центр образца, $\times 500$, б – край образца, $\times 500$

Рисунок 2.

В микроструктуре образцов присутствуют зерна перлита и феррита. Ферритные зерна окрашены в светлый цвет, а перлитные в темный. Перлит имеет пластинчатый тип,

т.е. чередование прослоек феррита и цемента, ориентировка которых свидетельствует о том, что они представляют собой единое целое зерно.

Микроструктура образцов из стали Ст3, прокатанной по традиционной технологии



а – поперечное сечение образца, х200, б – продольное сечение образца, х200

Рисунок 3.

Структура состоит из механической смеси перлита и феррита. Феррито-цементитные прослойки перлитного зерна преобразуются в мелкие зерна феррита и цементита, соответственно.

Анализ результатов исследования микроструктуры металла показывает, что исход-

ная структура имеет равномерную крупнозернистую структуру, которая после прокатки катанки с увеличением количества проходов заметно измельчается. При этом измельчение зерен происходит равномерно по всему сечению заготовки.

ВЫВОДЫ

В результате решения задач по разработке нового способа при сортовой прокатке катанки и для ее реализации, позволяющих формировать мелкозернистую структуру стальной катанки можно заключить следующее: определены особенности структурных изменений при интенсивной пластической деформации, реализуемой в новом способе прокатки. Это связано в первую очередь с морфологическим строением образовавшегося перлита дроблением цементитных

пластин и уменьшением микродефектов в ферритных пластинах. Эти изменения обуславливают получение свойств катанки (особенно пластических свойств), которое благоприятно влияет на технологию последующего волочения проволоки из катанки, обеспечивая сокращение промежуточных отжигов при волочении и соответствующее снижение уровня энергетических, материальных и трудовых затрат при производстве проволоки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найзабеков А.Б., Быхин Б.Б., Быхин М.Б., Ногаев К.А. Инновационное изобретение МПК В21В 1/46. №25272; 5.11.2010. «Способ прокатки».
2. Найзабеков А.Б., Быхин М.Б., Ногаев К.А., Быхин Б.Б. Выбор и обоснование схемы деформации, реализующей ИПД при горячей прокатке катанки. /Технология производства металлов и вторичных материалов.- Темиртау: Изд. КГИУ, 2012.№2

3. Чукин М.В., Копцева Н.В., Ефимова Ю.Ю., Никитенко О.А., Барышников М.П. Повышение прочности углеродистых конструкционных сталей при деформационном измельчении структуры методом равноканального углового прессования // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении : Сб. науч. трудов. Екатеринбург. 2012. С. 177-184.
4. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.
5. Утяшев Ф.З. Наноструктурирование металлических материалов методами интенсивной пластической деформации // Физика и техника высоких давлений. 2010. Том 20. № 1. С. 7-25.
6. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 224 с.
7. Gleiter H., Marquardt P. // Zs. Metallkunde, 1984. Bd. 75. № 4. S. 263.

УДК 669.15-198

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ШИХТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛАВКИ СИЛИКОМАРГАНЦА СМ 17

И.А. ПИКАЛОВА, А.К. ТОРГОВЕЦ, Ю.С. ЮСУПОВА

(г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

Одно из наиболее значимых свойств шихты для выплавки ферросплавов – её электрическое сопротивление [1]. Сопротивление шихты определяется типом углеродистого восстановителя. Высокое сопротивление обеспечивает улучшение показателей восстановительной плавки. Уголь по сравнению с коксом обладает большим сопротивлением, но его использование затрудняется тем, что, как правило, поступает он на завод с большой долей пылевидной фракции. Это приводит к нарушению газодинамического режима, забиванию газоходов, как вынесенной пылью, так и продуктами коксования угля. Поэтому подбор соотношения углеродистых восстановителей различного типа сложная задача, требующая учета большого числа различных, часто взаимно противоположных требований и факторов процесса плавки.

Для определения состава шихты в каждом конкретном случае приходится проводить кропотливую дорогостоящую оптимизацию. Для этого устанавливают определенный расход восстановителя одного типа, а затем постепенно увеличивают расход второго восстановителя – кокса. Находят такой расход кокса, при котором достигаются наилуч-

шие показатели плавки. Если показатели не удовлетворительны, то увеличивают расход угля и повторяют подбор расхода кокса. Для каждой новой руды, особенно если существенно изменяется содержание основного элемента, проводится подобного рода оптимизация. Также проверяется возможность использования нового типа восстановителя с учетом предполагаемых объемов поставки. Данный способ достаточно сложный и дорогостоящий.

Здесь представляется методика определения наилучшего соотношения угля и кокса в шихте для выплавки силикомарганца СМ 17 из марганцевого концентрата Жайремского месторождения. Методика основана на экспериментальном исследовании температурной зависимости электрического сопротивления шихты. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. В алундовую трубку 3 помещается шихта 5 между графитовыми щечками 4, которые закрепляются гайками на стальных токоподводящих стержнях 2. Трубка помещается в трубчатую печь 6 СУОЛ. Токоподводящие стержни соединены между собой в электрическую цепь, в которую установлен прибор для измерения сопротивления – омметр.

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

Схема экспериментальной установки по изучению температурной зависимости электрического сопротивления шихты

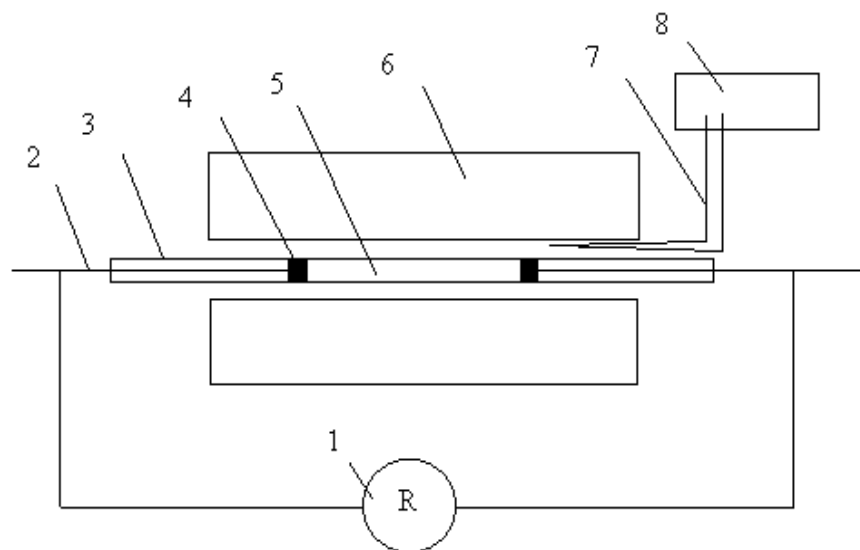


Рисунок 1.

Температура в печи контролируется милливольтметром 8 в комплекте с термопарой 7. После помещения шихты в трубку (предварительно измеряется длина слоя шихты и ее диаметр) включается печь и через определенные промежутки времени фиксируется температура и сопротивление. Измерение сопротивления производилось с помощью прибора Ц57 2 класса точности по ГОСТ 10374-63. Опыт повторялся при различном удельном расходе кокса на единицу рудного материала. В качестве рудного материала использовался Жайремский концентрат, а восстановителя – кокс Карагандин-

ского металлургического комбината. Все материалы фракции 4-10 мм. Диаметр трубки – 15 мм. Удельный расход кокса в опытах составлял 27, 29, 31 грамм кокса на 100 грамм концентрата. Для исключения погрешности эксперимента прибор выставлялся на ноль, при замыкании цепи минуя шихту. Нулевое значение сопротивления сохранялось во всем интервале температур исследования от 100 до 900°C. Результаты экспериментов представлены в таблице 1. Условия опыта (Расход кокса, грамм на 100 грамм концентрата) / (Длина шихты, мм).

Таблица 1.

Результаты экспериментов по исследованию температурной зависимости электрического сопротивления шихты, кОм

№ шихты	Условия опыта	Температура, °С								
		100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	27 / 195	26	1,8	1,6	1,0	0,8	0,45	0,45	0,8	1,8
2	29 / 170	10	1,0	0,75	0,435	0,3	0,25	0,15	0,13	0,25
3	31 / 195	6	1,0	0,7	0,4	0,25	0,15	0,13	0,08	0,13

Как видно из результатов экспериментов, как следовало ожидать, электрическое сопротивление шихты с увеличением температуры снижается. С увеличением содержа-

ния кокса в шихте сопротивление также снижается, что подтверждает тот тезис, что именно эта составляющая шихты обеспечивает протекание электрического тока в верх-

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

них горизонтах печи до момента формирования вязкопластичной зоны и слоя шлакового расплава. Экспериментальные данные были преобразованы из абсолютных в удельные величины по формуле 1.

$$\rho = R * S / L, \quad (1)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление, Ом*м;

R – абсолютное значение электрического сопротивления шихты, Ом;

S – площадь сечения столба шихты, м²;

L – длина столба шихты, м.

Очевидно, что даже величина удельного сопротивления шихты при какой-либо одной температуре не может быть использована как показатель, характеризующий электрические свойства шихты при электрометаллургическом переделе. Это связано с тем, что абсолютная величина сопротивления существенно изменяется с ростом температу-

ры, что несколько противоречит литературным данным [2-3]. Ранее считалось, что сопротивление изменяется с температурой только для угля и связано это с процессом коксования. Более детальные исследования уточняют это положение. Как видно из рисунка 2 удельное электрическое сопротивление шихты резко снижается при увеличении температуры до 200-300°C. С дальнейшим увеличением температуры сопротивление также снижается, но менее значительно. Здесь предлагается для характеристики электрических свойств шихты использовать тангенс угла наклона прямолинейного участка зависимости удельного электрического сопротивления шихты от температуры. Назовем его для краткости температурный коэффициент сопротивления. Зависимость температурного коэффициента сопротивления от расхода кокса в шихту представлена на рисунке 3.

Зависимость удельного электрического сопротивления шихты различного состава от температуры

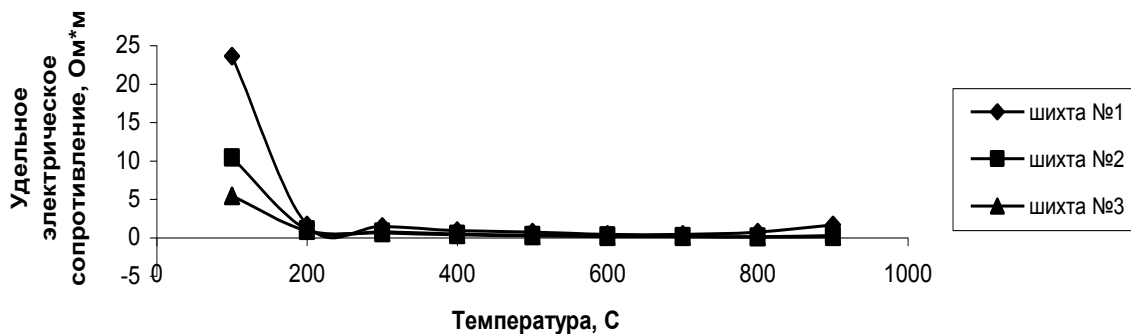


Рисунок 2.

Зависимость температурного коэффициента сопротивления от расхода кокса в шихту

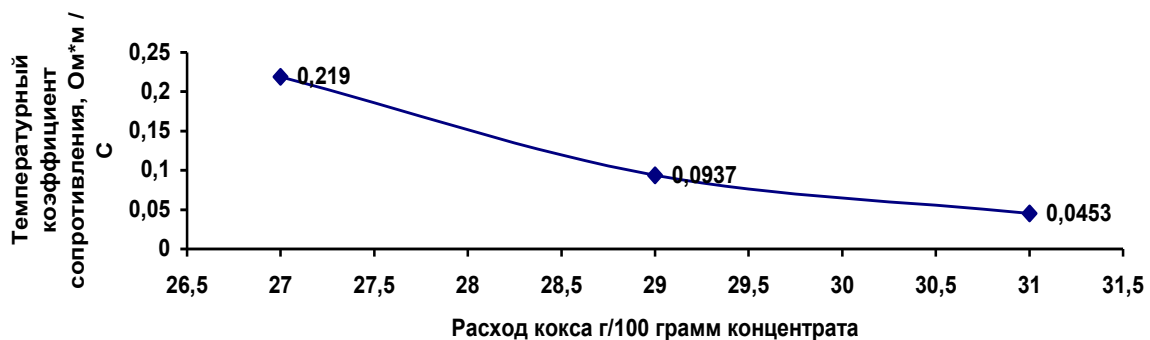


Рисунок 3.

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

Зависимость может быть использована для определения величины коэффициента при различном расходе кокса в шихту методом экстраполяции. Для изучения влияния температурного коэффициента сопротивления на показатели плавки силикомарганца марки Сm17 были проведены 4 кампании плавки на одноэлектродной электродуговой печи с динасовой футеровкой. Диаметр плавильной ванны 45 см, глубина 45 см, диаметр электрода 100 мм. В качестве рудного материала в первой серии плавки был использован Жайремский марганцевый концентрат фракции 4-10 мм следующего химического состава: Mn - 35%, Fe - 8,0%, CaO -

7,0%, SiO₂ - 20%, Al₂O₃ - 5,5%. В качестве восстановителя использовали коксовый "орешек" Карагандинского металлургического комбината (кокс фракции менее 10 мм). Варьировали расход коксового "орешка" на тонну концентрата. В ходе каждой кампании было переработано 500 кг концентрата колошами по 15 кг. Плавка велась при вторичном напряжении 38 Вольт. Выпуск осуществляли каждые 2 часа. Температурный коэффициент сопротивления шихт определяли экстраполяцией зависимости, представленной на рисунке 3. Основные показатели процесса плавки представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели плавки силикомарганца в крупнолабораторной печи

Расход коксового «орешка», т/т	0,24	0,26	0,27	0,32
1. Сила тока, кА	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	~4
2. Температурный коэффициент сопротивления, Ом*м / °С	0,35	0,25	0,22	0,02
3. Глубина погружения электрода, мм	450	400	350	50
4. Производительность, кг/ч	8,8	14,8	16,1	0,1
5. Расход электроэнергии, кВт*ч/т	7500	4900	4450	∞
7. Извлечение Mn, %	73,9	80,1	90,0	0,05
9. Кратность шлака	0,66	0,58	0,55	–

Как видно из результатов крупнолабораторных исследований наилучшие показатели плавки достигаются при температурном коэффициенте сопротивления около 0,2 Ом*м / °С. Хотя более основательные выводы можно сделать, если провести дополнительные исследования, т.к. различие по температурному коэффициенту сопротивления между последней и предпоследней кампаниями плавки достаточно велико (почти на порядок).

Снижение же показателей плавки при достаточно высоком значении температурного коэффициента сопротивления можно объяснить недостатком углерода-восстановителя для обеспечения высокой степени восстановления марганца и кремния. На основе проведенных крупнолабораторных исследований изучалось влияние температурного коэффициента сопротивления на показатели плавки силикомарганца в промышленных условиях. Исследования проводились

на трехэлектродной печи № 13 РКЗ – 33 М мощностью 33 МВ*А цеха №1 Аксуского завода ферросплавов.

На данной печи производили плавку силикомарганца непрерывным углетермическим способом при включенной системе УПК. В качестве шихтовых материалов использовались марганцевый концентрат из руды Жайремского месторождения (Mn = 42%, SiO₂ = 14%) и прочие вспомогательные материалы-флюсы – кварцит Тектурмасского и Первоуральского месторождения, известняк Южно-Топарского месторождения, углеродистый восстановитель – Заринский и Кемеровский кокс, и уголь Экибастузского месторождения. Рудный материал использовался не сортированный с высокой долей (до 30 – 40%) мелкой фракции 0 – 10 мм, восстановитель – кокс фракции 10-25 мм (коксый орешек) соответствовал ТУ 14-7-130-91, уголь использовали не сортированный с

содержанием фракции менее 10 мм до 50%, кварцит поставлялся сортированный, фракции 10-60 мм, известняк не дробленый кусковой 0-300 мм.

Базовый состав шихты:

Жайремский концентрат.....	600 кг
Кварцит.....	55 кг
Уголь.....	200 кг
Оборотные отходы.....	100 кг
Известняк.....	20 кг
Кокс.....	100 кг

Как показали исследования использовать только кокс для восстановительной плавки не возможно.

Это связано с тем, что при расходе кокса необходимом для восстановления и удельное сопротивление, и температурный коэффициент сопротивления, слишком низки, чтобы плавка имела хорошие показатели. Состав шихты, при котором температурный коэффициент находится около $0,2 \text{ Ом} \cdot \text{м}/^\circ\text{C}$ приведен выше как базовый. Основность конечного шлака поддерживали на уровне 0,3.

Следует отметить, что для данного рудного материала данная основность не является оптимальной, т.к. содержание кремния в готовом металле на протяжении всего исследования не поднималось выше 15,6%. Это дополнительно подтверждается тем, что увеличение расхода кварцита не дает роста концентрации кремния.

Электрическое сопротивление (температурный коэффициент сопротивления) варьировали путем изменения расхода кокса при фиксированном расходе угля. Расход кокса увеличивали от 100 кг до 110 кг с 1.05.2002 по 4.05.2002. По мере стабилизации показателей фиксировали результат воздействия. Результаты исследований представлены на рисунке 4 в форме графиков зависимости технологических показателей плавки от отношения кокса и угля в шихте.

Как видно из всего вышеизложенного целесообразно оптимизировать процесс по вышеописанной методике, что видно из результатов как крупнолабораторных, так и промышленных исследований.

Зависимость основных технологических показателей плавки ферросиликомарганца от расхода кокса при фиксированном расходе угля (200 кг в колошу)

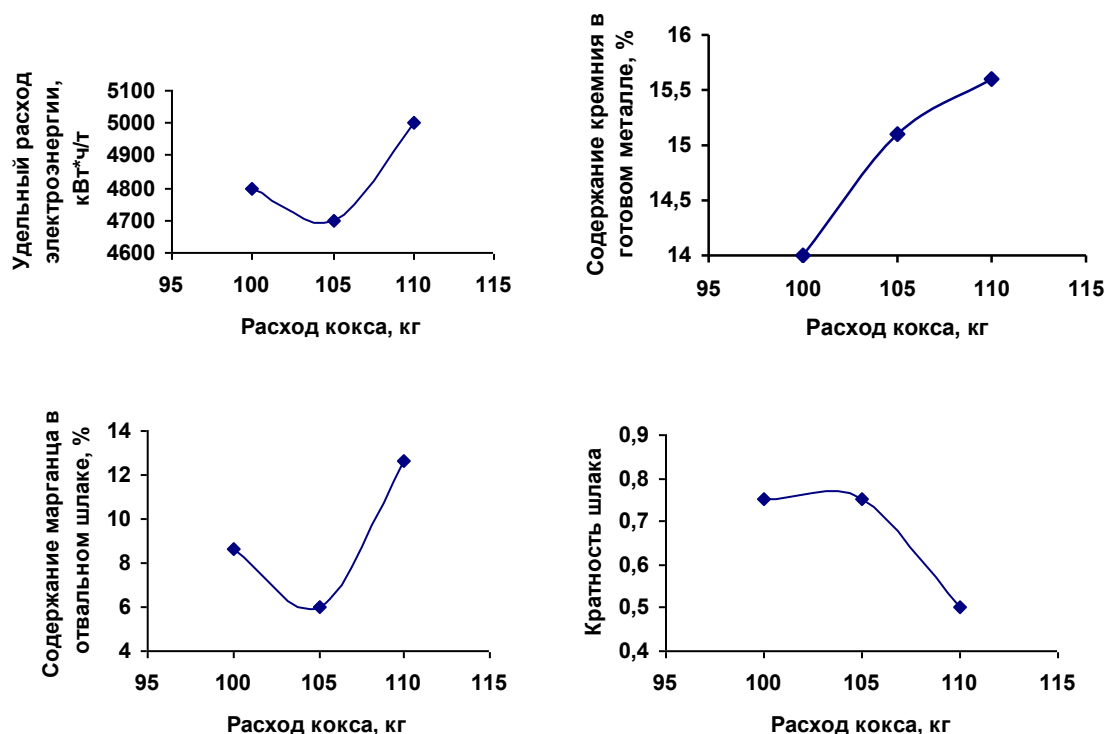


Рисунок 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. М.: Metallurgy, 1988. 784 с.
2. Сплав АМС. Медведев Г.В., Такенов Т.Д. Алма-Ата.: Наука КазССР, 1979. 140 с.
3. Габдуллин Т.Г., Такенов Т.Д., Байсанов С.О., Букетов Е.А. Физико-химические свойства марганцевых шлаков. Алма-Ата: Наука, 1984.–232 с

ӘҚК 669.162.266.44

«АРСЕЛОР МИТАЛЛ ТЕМІРТАУ» АҚ ДОМЕНДІ ШЛАКТАРДЫ ӨНДІРІСТІ ҚОЛДАНУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

В.Л. ЛЕХТМЕЦ., М.М. АБДИЛДИНА, Е.Н. МАХАМБЕТОВ
(Теміртау қ., Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті)

«ArcelorMittal Теміртау» АҚ – толық технологиялық циклді, шойын, болат, илек (табақты және сортты) кокс өндірісінің өнімдерін өндіретін металлургиялық комбинат.

Өндіру және қайта өңдеудің барлық кезеңдерінде минералды шикізатты кешенді және тиімді пайдалануды қамтамасыз ету – маңызды экономикалық және әлеуметтік міндеттердің бірі. Жоғары тиімділікті ресурстарды үнемдейтін технологияны әзірлеу негізінен негізгі және қосалқы элементтерді тек ғана экономикалық тұрғыдан анықтайтын ғана емес, сонымен бірге пайдалы қазбаларды өндіру және байыту кезіндегі қалдықтарды қайта өңдеу, сонымен қатар техногенді шикізатты кешенді қолдану металлургиялық өндірісті шлактарды қайта өңдеумен бірге қарастырады [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫ БӨЛІМ

Ұсынылған жұмыста:

- 1) түйіршіктелген доменді шлакты фракциялық құрамға үгітуге уақыттың әсер етуі;
- 2) цементті жартылай ауыстыру мақсатында байланыстырушы компонент ретінде ұсақталған граншлакты бетонның беріктік сипатының әсер етуі зерттелген.

Бетонды қоспаны дайындауға арналған бастапқы материалдар

Жұмысты орындау үшін Ақтау зауытының 300 маркалы портландцементі қолданылды. Қолданысы: әсіресе термоылғалды өңдеуді қолданумен В20 (М250) дейінгі бетонды топты монолитті және жиналмалы

конструкциялы бетонды және темірбетонды өндіру өндірісі. Ішкі массивті гидротехникалық құрылыс (төмен термиялық бетондар) үшін. Құрылыс ертінділері үшін. Сипаттық ерекшеліктері: қату темпі төмен; атмосфералық төзімділігі төмен; аяз төзімділігі төмен; сульфатты төзімділігі жоғары; шөгу деформациялануы жоғары, беріктігі жоғары, минералды негіздерге қатысты адгезиясы жоғары, экологиялық тұрғыдан қауіпсіз [3].

Ірі және ұсақ толықтырғыш ретінде ұсақталған түйіршікті доменді шлак, 10÷20 мм фракциялы доменді шлакты тасшақпа және Токаревка карьерінің құмды-гравийлі қоспасы (ҚГК) қолданылды.

Доменді шлак шойынды қорту кезінде алынатын қосалқы өнім. Ол (~1550°C) жоғарғы температурада доменді пеште флюстер және бос темір құрамды материалдардың қортылуы кезінде түзіледі, оларға оттықта жанған кокстың күлі қосылады.

Доменді шлактар құрамы күрделі. Олардың құрамында, негізінен оксидтер түріндегі 30 дейінгі әртүрлі химиялық элементтер болады. Олардың негізгілері SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO. Аз мөлшерде FeO, MnO, S, BaO, TiO₂ болады.

Сонымен бірге, пештен шлак шыққан кезде оған 2% дейінгі шойын түседі. Доменді пештер шлакты өңдейтін участкке дейін шлакты тасымалдау кезінде оның шамалы бөлігі (~70%) шөміш түбінде шөгеді

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

«линз» түрінде қатып қалады.

«ArcelorMittal Теміртау» АҚ доменді шлағы қышқылды топқа жатады және модульді негізді CaO және MgO оксидтер

жиынғының құрамының қатынасы SiO₂ және Al₂O₃ оксидтер қрамының жиынтығына қатысты 0,93 ÷ 0,97 тең болады.

1 кесте.

300 маркалы портландцементтің негізгі физика-механикалық қасиеті

Булану кезіндегі беріктік, төмен емес, МПа	27
Уақыт ішіндегі иілу кезіндегі беріктік шегі, 28 тәул, МПа	4,4
Уақыт ішіндегі сығылу кезіндегі беріктік шегі, 28 тәул, МПа	29,4
Ұсақталу жіңіштігі №008 елеуіш арқылы өткен, %	89-95
Қопсыған үймелі күйдегі портландцементтің көлемді салмағы, кг/м ³	1010
Меншікті салмақ, г/ см ³	3,0 -3,2
Ұстасу мерзімі: Басталуы (мин.) Аяқталуы (мин.)	90-120 300-360

Әдетте сұйық шлакта шамалы мөлшерде газды фаза болады, газ толығымен қортпадан шығып үлгермегендіктен біртекті емес кеуекті-тығызды текстуралы шлак түзіледі. Өртүрлі зауыттардағы домна шлағының газбен қанығуы 100 гр. шлакта 1100÷1600 см³ аралықта ауытқиды.

Зерттеуді жүзеге асыру әдістемесі

Жұмыс 2 кезеңде орындалды.

300 маркалы партландцементтің түйіршікті құрамы 0,08мм кем емес, ол қаншалықты ұсақ болса, соншалықты ол сапалы, желімделіну қабілеті жоғары болады. Түйіршік беті қаншалықты үлкен болса, соншалықты ұсақталу жіңішелігі жоғары болады. Бұрын «ArcelorMittal Теміртау» АҚ өткізілген зертханалық зерттеулерге сәйкес, эксперименталды түрде анықталған, доменді шлактың химиялық құрамы портландцементтің химиялық құрамына өте жақын.

Фракциялық құрамы 0,1мм артық доменді шлактың байланыстырушы қасиеті өте төмен. Зерттеуді орындау үшін байланыстырушы ретінде доменді шлакты пайдалануға болады. Негіз ретінде 0,08мм фракция қолданылады. Жабдықты және бастапқы материалды тиімді пайдалану мақсатында 0,08мм фракциялы 85 % алуды қамтамасыз ету үшін оңтайлы елеу уақыты қолданылды. Осыған қатысты жұмыстың бірінші кезеңінде ұсақтау уақытының доменді шлактың түйіршікті фракциялық құрамына

әсер етуін зерттеу [6].

Жұмыс мынадай ретпен орындалды:

Алдын-ала шлак кптіру шафында кептірілді. Содан кейін 100 гр. шлак 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 және 360 сек. 75Т – ДрМ тербелісті ұсатықшта ұсақталды. Содан кейін алынған шлактың әрбір порциясы 0,08 мм фракциялы елеуіш арқылы әрқайысы 5 минут аралығында еленді. Елеуіште қалған ұнтақ мөлшері электронды таразыда өлшенді және тіркелді.

Зерттеудің екінші кезеңінде беріктік қасиеттерге әсер еуі зерттелді.

Негіз ретінде мына құрамды бетон қолданылды:

- 1) Цемент = 16,8%;
- 2) 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39%;
- 3) Құмды-гравийлі қоспа = 44,3%;
- 4) 100% артық су = 10.

Зерттеуді орындау кезінде негізгі қоспада 5%, 10% , 15%, 20%, 25% цемент ұсақталған доменді шлакпен ауыстырылды.

Бетон кубындағы 5%, 10%, 15%, 20%, 25% құрамды цемент 2 кестеде ұсынылған ұсақталған шлакпен ауыстырылды.

Жұмысты орындау кезінде цемент шығынын өзгертумен үлгілер сериямен, жасалды.

Бетон құрамын таңдау 27006-86 МЖСТ «Бетондар. Құрамды таңдау ережелері», 5.01.23 – 83 СНжШ «жинамалы және монолитті бетонды, темірбетонды өнімдер

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

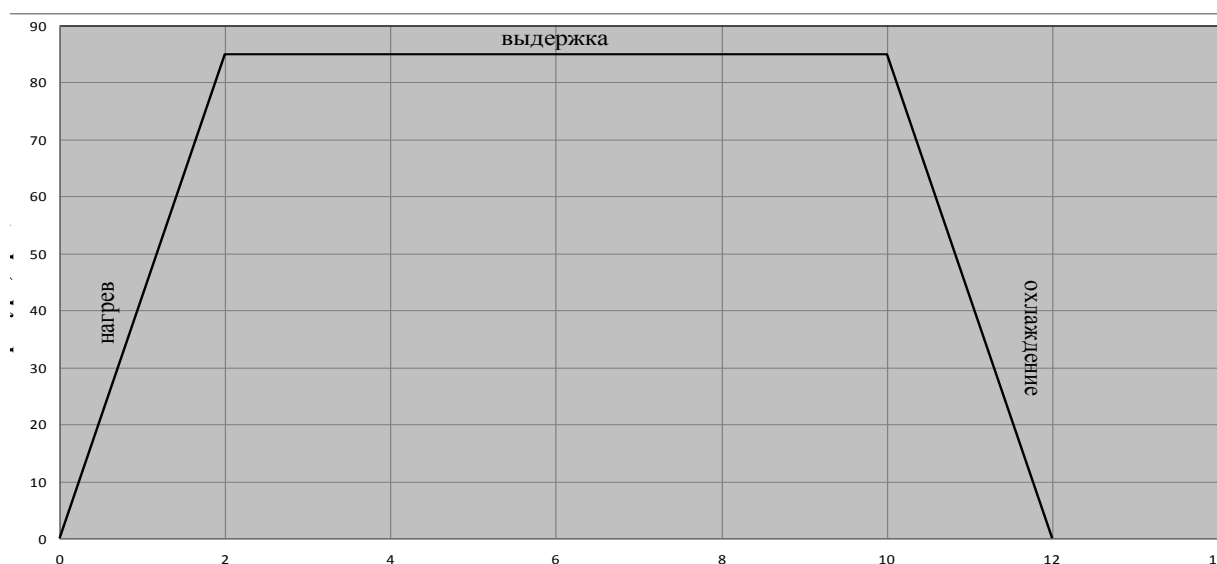
және конструкцияларды жасауға арналған бетондар үшін цемент шығынының Үлгілік нормасы» бойынша таңдалды.

Шлактағы бетон құрамын есептеу үшін цемент/шлак қатынасын сонымен бірге 1 м^3 бетондағы материалдар шығынын анықтау

қажет, онда берілген оның беріктігі цементтің ең аз шығыны кезінде анықталады [6].

Цементті-шлакты қоспаны дайындау үшін РМ – 1А түрлі ертінді араластырғыш қолданылды.

Бетонның тәжірибелік үлгілерін термоылғалды өңдеу тәртібі



1 сурет.

Жұмыс мынадай ретпен орындалды: Жұмыс басында қоспаның құрғақ (тасшақпа, цемент, ұсақталған граншлак, құмды-гравийлі қоспа) компоненттері техникалық таразыда өлшенді. Әрбір тәжірибелік үлгідегі компоненттер құрамы 2 кестеде келтірілген. Осыдан кейін, қоспаның құрғақ компоненттері РМ – 1А түрлі ертінді араластырғышқа тыйелді және 2 минут ішінде араластырылды. Содан кейін су құйылды және барлық компоненттер 3 минут аралығында араластырылды. Бетонды қоспа ылғалдылығы 10% деңгейде сақталды. Дайын болған қоспа ертінді араластырғышты қондырғыдан геомериялық өлшемдері $100*100*100$ мм стандартты үлгілерді жасауға арналған ойықты қалыптарға құйылды және 1 минут ішінде СВ – 700 түріндегі қалыпты тербелісті үстел үстінде тығыздалды. Бірінші кезеңде алынған ұсақталған граншлактың әрбір дайын қоспасындағы 5% цемент ауыстырылды. Бетонды үлгілер беріктікті жиынтық үшін келесі тәртіп бойынша 2+8+2 – 2 сағ. термиялықты ылғал-

ды өңдеуден (ТБӨ) өткізілді. Температура 85°C , 8 сағ. жоғарлатылды. осы температура кезінде ұстау 2 сағ. Температураның түсуі. Бетонның тәжірибелік үлгілерін термоылғалды өңдеу тәртібі 1 суретте келтірілген.

Әрі қарай П-50 құрылыс материалдарын сынауға арналған гидравликалық пресс көмегімен жаншумен үлгілердің беріктігі анықталды. Эксперимент нәтижелері 3 кестеде келтірілген және төменде келтірілген ұсақталған граншлакқа қатысты бетонның беріктік спаттамасының (2 сурет) графигі құрастырылған.

Зерттеу нәтижелері

Бірінші кезеңдегі зерттеу нәтижелері.

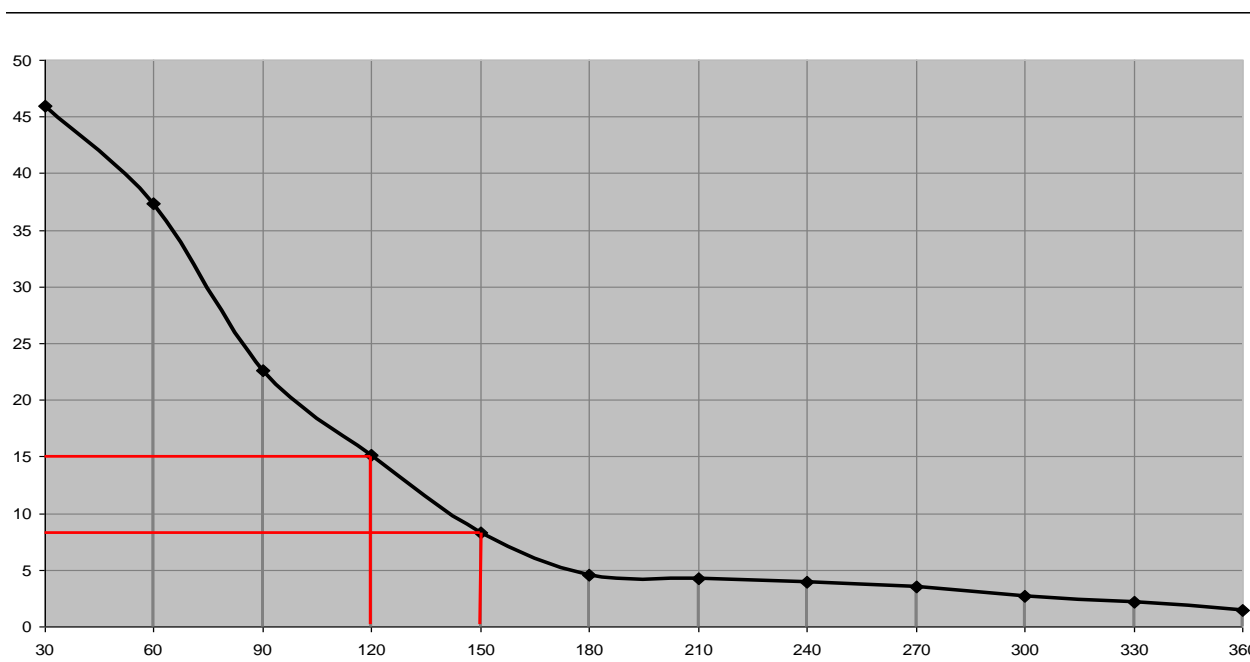
Тәжірибелер нәтижелері 2 кестеде келтірілген.

Анықталған мәліметтер бойынша төменде келтірілген тербелісті елеуіште ұсақталу ұзақтығына қатысты шлактың фракционды құрамының өзгеру қисықтығы құрастырылған [7]. Тербелісті елеуіште ұсақталу ұзақтығына қатысты шлактың фракционды құрамының өзгеруі 3 суретте келтірілген.

Ұсақтау уақытының фракционды шлак құрамына әсер етуі

Уақыт, сек	0,08 елеуіштегі ұсақталған граншлактың құрамдық пайызы, %
30	46
60	37,3
90	22,6
120	15
150	8,3
180	4,6
210	4,3
240	3,9
270	3,5
300	2,7
330	2,2
360	1,45

Тербелісті елеуіште ұсақталу ұзақтығына қатысты шлактың фракционды құрамының өзгеруі



2 сурет.

Қортынды: Осылайша, мынандай қортынды жасауға болады, ұсақтау уақыты аз болған кезде 0,08 елеуіште 15% кем емес шлак қалдығы 150 сек ішінде қамтамасыз етіледі, уақытты ұзарту елеуіштегі қалдық-

пың азайуына ешқандай әсер етпейді.

Зерттеудің екінші кезеңіндегі нәтижелер

Эксперименталды зерттеу жүргізілгеннен кейінгі бетон қоспасының физика-механикалық қасиеттері 3 кестеде келтірілген.

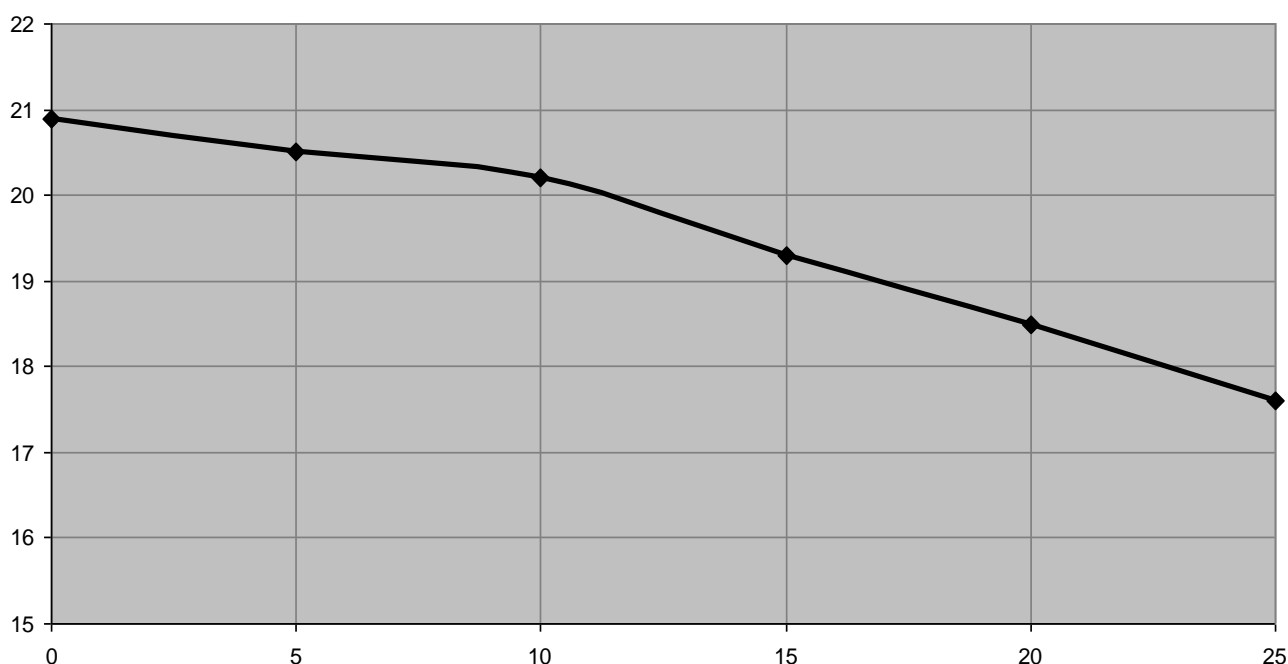
Бетон қоспасының физика-механикалық қасиеттері

Құрамы	Компоненттер құрамы, %	Бетон қоспасының физика-механикалық қасиеттері	
		тығыздық, кг/см ³	беріктік, МПа
№1 үлгі (базалық)	Цемент = 16,8 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39 ПГС = 44,3 Σ = 100 артық су 100 % = 10	2300	20,9
№2 үлгі (цементтің 5% ұсақталған граншлакпен ауыстырылған)	Цемент = 16 Ұсатылған граншлак = 0,8 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39 ПГС = 44,3 Σ = 100 артық су 100 % = 10	2340	20,5
№3 үлгі (цементтің 10% ұсақталған граншлакпен ауыстырылған)	Цемент = 15,1 Ұсатылған граншлак = 1,7 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39 ПГС = 44,3 Σ = 100 артық су 100 % = 10	2330	20,2
№4 үлгі (цементтің 15% ұсақталған граншлакпен ауыстырылған)	Цемент = 14,3 Молотый граншлак = 2,5 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39 ПГС = 44,3 Σ = 100 артық су x 100 % = 10	2340	19,3
№5 үлгі (замена цемента молотым граншлаком 20%)	Цемент = 13,5 Ұсатылған граншлак = 3,3 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39 ПГС = 44,3 Σ = 100 артық су 100 % = 10	2310	18,5
№6 үлгі (цементтің 20% ұсақталған граншлакпен ауыстырылған)	Цемент = 12,6 Ұсатылған граншлак = 4,2 10÷20 мм фракциялы тасшақпа = 39 ПГС = 44,3 Σ = 100 артық су 100 % = 10	2370	17,6

Қортынды: осылайша, мынандай қортынды жасауға болады, бетон құрамындағы цементті доменді шлакпен ауыстыру оның беріктік сипатының төмендеуіне әсер етеді. Сонымен, ұсақталған шлакқа 10% дейінгі доменді шлакты енгізу кезінде беріктіктің төмендеуі шамалы және

97÷96% шекте ауытқиды. Бетон құрамындағы доменді шлак құрамын әрі қарай көбейту бетонның (25% шлак – 83%). Беріктік қасиетінің бірқалыпты төмендеуіне әсер етеді. Ұсақталған граншлактың құрамына қатысты бетонның беріктік сипаттамасының өзгеруі 3 суретте келтірілген.

Ұсақталған граншлақтың құрамына қатысты бетонның беріктік сипаттамасының өзгеруі



Сурет 3.

Құрамындағы шлак 10% дейінгі қоспаны тұрғын үйдер, адам жүретін жолдарға арналған плиталарды, қатты жүктемелі сатылы алаңды, жолды құю, құбыр өндірісі кезінде пайдалануға болады.

Құрамындағы шлак 25% дейінгі қоспаны шұңқыр, шарбақты таспалар, тұрғын үйлерді қаптауға арналған кірпіштер өндірісінде қолдануға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Панфилов М.И., Школьник Я.Ш., Оринский Н.В., Коломиец В.А. и др. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. М.: Металлургия, 1987. 131-137 с.
2. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: Высшая школа, 1987. 415 с.
3. Мурадов Э.Г. Материалы для приготовления бетонной смеси и строительного раствора. М.: Высшая школа, 1987. 111 с.
4. Федьнин Н.И., Диамат М.И. Высокопрочный мелкозернистый шлакобетон. М.: Стройиздат, 1975. 256 с.
5. Волженский А.В., Буров Ю.С., Виноградов В.В. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов. М.: Стройиздат, 1969. 314 с.
6. Горшков В.С., Александров С.Е., Иващенко С.И. и др. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков. М.: Стройиздат, 1985. 387 с.
7. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Изд-е 3 переработ. и доп. М.: Стройиздат. 1970. 115 с.