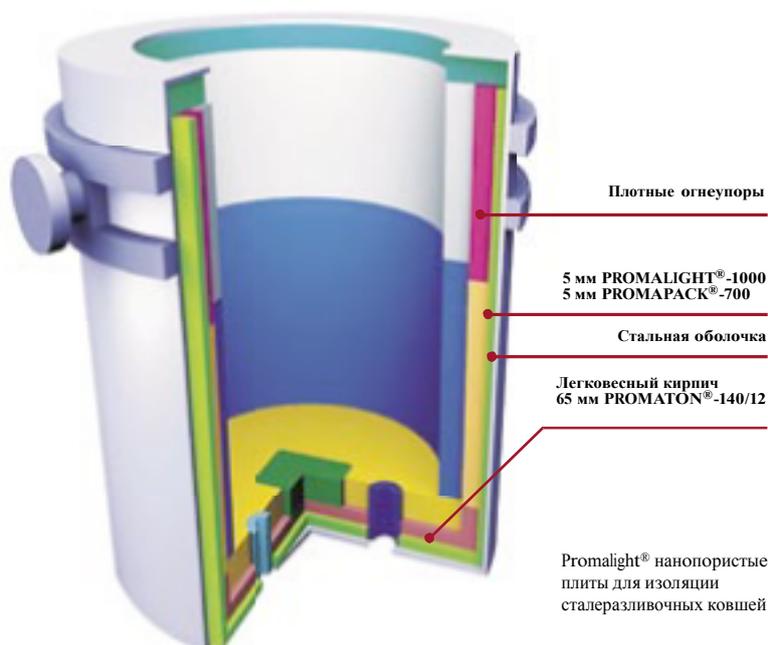


Опыт применения современных теплоизоляционных материалов в футеровке сталеразливочных ковшей ОАО «НЛМК»

Использование периклазоуглеродистых огнеупоров вместо известковопериклазовых для изготовления футеровок сталеразливочных ковшей вследствие более высокой теплопроводности первых привело к необходимости повышения температуры выпуска стали из конвертера на 10 °С. Разработка и внедрение схемы футеровки сталеразливочного ковша с теплоизоляционным слоем из современных микропористых и волокнистых материалов позволили снизить тепловые потери стали через периклазоуглеродистую футеровку ковша до уровня потерь через известковопериклазовую футеровку. Полезный объем ковша при этом остался прежним.

В настоящее время половину объема стали в ОАО НЛМК производят с использованием сталеразливочных ковшей с футеровкой из периклазоуглеродистых огнеупоров отечественного

и зарубежного производства, остальное количество с использованием ковшей с футеровкой из известковопериклазовых изделий собственного производства. Вследствие более высо-



кой теплопроводности периклазоуглеродистых огнеупоров (9,7–14,1 Вт/(м·К)) по сравнению с известковопериклазовыми изделиями (1,83 Вт/(м·К)), тепловые потери жидкой стали в окружающую среду при использовании периклазоуглеродистых огнеупоров выше. Для компенсации тепловых потерь через периклазоуглеродистую футеровку ковша при транспортировке и разливке жидкого металла действующей в ОАО НЛМК технологией предусмотрено повышение температуры выпуска стали из конвертера на 10 °С, что приводит к увеличению энергозатрат, расхода ферросплавов, повышению износа футеровки конвертера и сталеразливочных ковшей.

Для снижения тепловых потерь жидкой стали через футеровку сталеразливочных ковшей на основе серийной футеровки разработали опытный вариант арматурного слоя футеровки сталеразливочного ковша, предусматривающий комплексную теплоизоляцию корпуса стен и дна ковша современными материалами:

- микропористыми плитами марки Promalight-1000 цирконосиликатного состава, ламинированными алюминиевой фольгой;
- волокнистыми плитами марки Promapack-700 на основе алюмосиликатной фибры и волластонита;
- шамотным легковесным кирпичом марки Promaton-140/1.2.

Показатели физико-химических свойств теплоизоляционных материалов приведены в табл. 1.

В отличие от классических теплоизоляционных материалов (минеральное и керамическое волокно, легковесный кирпич) микропористые теплоизоляционные материалы обладают низкой теплопроводностью (0,048 Вт/(м·К) при

Огонь в надёжных руках!

- Изоляционные плиты и фасонные изделия из силиката кальция
- Огнеупорный легковесный кирпич
- Волокнистые высокотемпературные материалы
- Микропористая теплоизоляция
- Проектирование теплоизоляции
- Обеспечение монтажа

Промат Гмбх
115477, Россия, Москва,
ул. Кантемировская 58
Тел.: +7 (495) 231-27-98,
+7 (495) 411-60-07
Факс: +7 (495) 231-79-77
www.promat.ru

Promat

an **Etex** GROUP company

ТАБЛИЦА 1.

Физико-химические свойства теплоизоляционных материалов фирмы «Promat GmbH» (Германия)

ПОКАЗАТЕЛИ	PROMALIGHT-1000	PROMAPACK-700	PROMATON 140/1.2
Температура применения, °С	1000	1000	1420
Кажущаяся плотность, г/см ³	0,3	0,96	1,2
Предел прочности при сжатии, МПа	1,4	5	9
Удельная теплоемкость, кДж/кг	1,05	1,20	—
Теплопроводность, Вт/(м·К), при температуре, °С:			
200	0,022	0,10	—
800	0,048	0,13	0,50
1000	—	0,14	0,65
1200	—	—	0,60
Химический состав, %:			
SiO ₂	78	44	53
Al ₂ O ₃	—	34	42
ZrO ₂	20	—	—
CaO	2,5	0,6	0,3
Fe ₂ O ₃	—	—	1,8
н.м.п.п.	—	19	2,3
Назначение	Для наружного (примыкающего к кожуху) теплоизоляционного слоя стен корпуса ковша	Для внутреннего (примыкающего к рабочей футеровке) теплоизоляционного слоя стен корпуса ковша	Для теплоизоляции дна ковша
Габаритные размеры, мм	5×610×100	5×610×100 10×610×100	64×124×250



800 °С), низкой кажущейся плотностью (0,3 г/см³), значительной для легковесных материалов прочностью ($\delta_{сж} = 1,4$ МПа, $\delta_{изг} = 0,2$ МПа), объемным постоянством (линейная усадка менее 2 %) и относительно высокой термостойкостью, что позволяет их эффективно применять для снижения тепловых потерь в металлургических агрегатах.

В соответствии с разработанной схемой (см. рисунок) теплоизоляцию выполняют при изготовлении арматурного слоя футеровки ковша.

Для выполнения теплоизоляционного слоя дна ковша на выравнивающий слой из набивной муллитовой массы ММЛ-65 укладывают один ряд шамотного кирпича ША-1 (изделие № 6) толщиной 40 мм, затем два ряда шамотного легковесного кирпича Promaton-140/1.2 (изделие NF2) толщиной по 64 мм, и два ряда шамотного кирпича ШКУ-37 (изделие № 37) толщиной по 100 мм. Кладку выполняют на густом растворе шамотного мертеля марки МШ-39, толщина кладочных швов 2

мм. Общая толщина арматурного слоя теплоизолированного дна составляет (373 ± 3) мм, что соответствует толщине обычного арматурного слоя, изготовленного в соответствии с требованиями классической технологии.

Теплоизоляционный слой стен корпуса ковша выполняют между металлическим кожухом и арматурным слоем стен ковша. Теплоизоляционные плиты Promapack-700 и Promalight-1000 укладывают на внутреннюю поверхность кожуха на густом растворе шамотного

ТАБЛИЦА 2.

Условия и показатели службы опытных сталеразливочных ковшей с переклазоуглеродистой рабочей футеровкой и теплоизоляцией стен и дна

ОПЫТА	НОМЕР СТАЛЕ-РАЗЛИВНОГО КОВША	ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ	ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕРЕКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ (РАБОЧАЯ ФУТЕРОВКА)	СТОЙКОСТЬ РАБОЧЕЙ ФУТЕРОВКИ, ПЛАВКИ	ТЕМПЕРАТУРА СТАЛИ ^{*1} , °С		
					ВЫПУСК ИЗ КОНВЕРТЕРА	УДПК	ВЫДЕРЖКА ^{*1} , мин
1	2	16.06.04–03.07.04	Зарубежный	83	1644–1720 1693,0	1608–1688 1642,0	40–133 83
		09.07.04–11.08.04		99	1645–1717 1690,5	1605–1682 1639,1	39–148 82,1
		20.08.04–12.09.04		86	1659–1725 1685,2	1576–1678 1642,1	45–127 85,8
2	3	11.12.04–16.01.05	Отечественный	88	1660–1719 1689,9	1567–1669 1640,5	40–129 80,8
		С 01.01.05		45	Ковш в эксплуатации		
3	8	17.12.04–10.01.05	Отечественный	91	1651–1718 1687,9	1606–1670 1641,9	22–119 77,3
		С 18.01.05		84	Ковш в эксплуатации		
4	10	27.12.04–27.01.05	Отечественный	91	1645–1715 1688,2	1601–1686 1643,1	40–159 84,1
		С 12.02.04		31	Ковш в эксплуатации		
5	24	13.12.04–14.01.05	Зарубежный	105	1661–1720 1690,2	1568–1670 1642,1	45–127 80,8
		С 28.01.04		80	Ковш в эксплуатации		
6	31	22.12.04–08.01.05	Отечественный	52	1652–1731 1685,7	1606–1689 1641,7	35–116 77,3
		16.01.05–11.02.05		93	Ковш в эксплуатации		

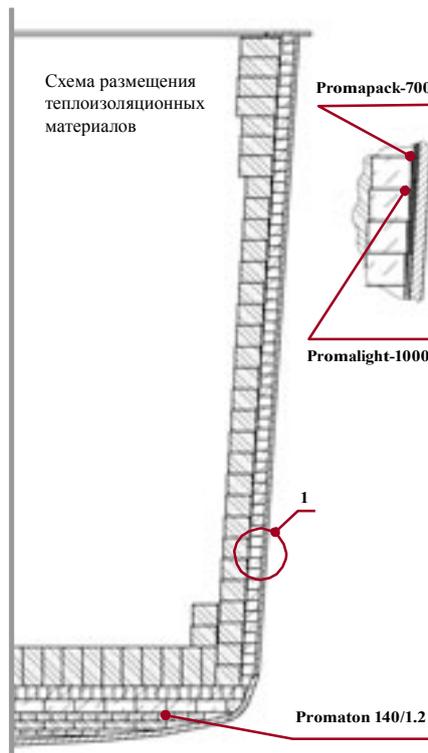
*1 В числителе — минимальное и максимальное значение, в знаменателе — среднее значение.

ТАБЛИЦА 3.

Результаты замеров температуры кожуха опытного и серийных сталеразливочных ковшей и стали в ковше

ПОКАЗАТЕЛИ	ОПЫТНЫЙ КОВШ (ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫЙ РАБОЧИЙ СЛОЙ ФУТЕРОВКИ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ СТЕН И ДНА)	СЕРИЙНЫЙ КОВШ	
		С ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТОЙ ФУТЕРОВОЙ	С ИЗВЕСТКОВОПЕРИКЛАЗОВОЙ ФУТЕРОВОЙ
Температура внешней поверхности кожуха*1, °С	202–235 (211)	220–295 (259)	204–270 (235)
Потери температуры стали в ковше за время транспортировки от конвертера до УДМ в среднем, °С	51	64,1	56,5
Средняя скорость охлаждения стали в ковше при транспортировке, °С/мин:			
от конвертера до УДМ	5,1	6,4	5,6
от УДМ до МНЛЗ и в процессе разливки	0,63	0,71	0,67

*1 В скобках указана средняя температура.



мертеля марки МШ-39, толщина кладочных швов 1 мм. Последовательность кладки теплоизоляционного слоя: на высоту 1 м от дна выкладывают плиты Promarack-700 толщиной 10 мм, последующие ряды выполняют в два слоя плитами Promalight-1000 толщиной 5 мм и плитами Promarack-700 толщиной 5 мм.

На первом этапе испытаний с целью определения эффективности теплоизоляции в ККЦ-2 подготовили опытный 350-т сталеразливочный ковш с теплоизоляционным слоем стен корпуса и дна ковша, рабочую футеровку выполнили периклазоуглеродистыми огнеупорами. Сушку и разогрев ковша проводили на стендах сушки сталеразливочных ковшей согласно действующей технологической инструкции по режиму для периклазоуглеродистой футеровки.

Опытный ковш эксплуатировали при производстве всего сортамента сталей, выплавляемых в ККЦ-2. Условия и показатели службы опытного сталеразливочного ковша приведены в табл. 2.

Теплоизоляционный слой опытного сталеразливочного ковша эксплуатировали в течение трех последовательных кампаний рабочей периклазоуглеродистой футеровки (соответственно 83, 99, 86 плавов) до момента замены арматурного слоя после 268 плавов. Окончание кампании рабочего слоя футеровки во всех случаях по общему износу.

В процессе службы футеровок с помощью бесконтактного пирометра «Кельвин» фиксировали температуру металлического кожуха опытного ковша и серийных ковшей с периклазоуглеродистой и известковопериклазо-

вой футеровками (по 2 ковша). Результаты замеров приведены в табл. 3.

Снижение скорости охлаждения стали в ковше за время транспортировки, обработки, а также во время разливки обуславливает предпосылки для снижения температуры стали на выпуске из конвертера на 10–12 °С ниже принятой в настоящее время, без ухудшения разливки стали.

Комплексная высокоэффективная теплоизоляция ковша позволила снизить величину тепловых потерь жидкой стали через периклазоуглеродистую футеровку до уровня показателей при применении известковопериклазовых футеровок.

На втором этапе испытаний при выполнении плановых ремонтов арматуры сталеразливочных ковшей изготовили 5 футеровок с комплексной теплоизоляцией корпуса ковша. В настоящее время все ковши с теплоизоляцией находятся в эксплуатации. На всех ковшах начата вторая кампания периклазоуглеродистой рабочей футеровки. Стойкость теплоизоляционного слоя колеблется от 122 до 185 плавов.

После окончания службы арматурного слоя футеровки указанных ковшей осуществлена оценка экономической эффективности применения теплоизоляционных материалов по фактически достигнутому результату. С 2004 года теплоизоляция Promat успешно применяется в теплоизоляции периклазоуглеродистых футеровок для всего парка сталеразливочных ковшей ОАО «НЛМК». Полученные низкие удельные затраты доказывают экономическую эффективность применения теплоизоляции Promat на металлургических предприятиях и приглашают Металлургов идти в ногу со временем.

Г.И. Шуляков, Н.Н. Попов, А.В. Лещенко,
Б.Н. Тонких, ОАО «НОВОЛИПЕЦКИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ», М.П.
Мишутин, К.А. Калугин, PROMAT
GMBH