

# Инженерные Решения

черная металлургия

№1\_2012



Успех нагревательных печей Fives в Выксе

СТР.

20

# РОССИЙСКАЯ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ В 2011 ГОДУ. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

ТЕКСТ ВЛАДИМИР КАТУНИН, заместитель генерального директора ОАО «Черметинформация»

## ОТРАСЛЬ: ИТОГИ ГОДА

В 2011 году рынок черных металлов продолжал развиваться. В течение 9 месяцев среднесуточное производство основных видов продукции увеличилось, но с октября произошло некоторое сокращение из-за снижения спроса (табл. 1).

Индекс металлургического производства составил 105,2 % по сравнению с 2010 годом и был ниже, чем индексы промышленного производства в целом (106,5 %), производства машин и оборудования (109,5 %), транспортных средств и оборудования (124,6 %). При этом предприятия отрасли увеличили производство продукции по всем основным позициям, за исключением заготовки для переката на экспорт. Динамика производства основных видов продукции черной металлургии в рассматриваемом периоде приведена в табл. 2.

Продолжаются позитивные качественные изменения в структуре металлургического производства. Доля кислородно-конвертерного и электросталеплавильного спо-

Таблица 1. Среднесуточное производство основных видов продукции черной металлургии РФ в 2011 году, тыс. т

Наименование продукции	январь	март	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Железная руда	282,8	293,3	300,2	308,3	296,4	303,2	299,6
Кокс металлургический	74,0	76,0	84,2	77,9	77,7	77,2	76,2
Чугун	131,9	134,3	131,1	134,3	137,5	130,9	134,7
Сталь	189,8	192,4	190,3	181,2	184,3	183,8	191,4
Прокат готовый	163,1	163,8	165,9	154,5	164,7	159,4	165,8
Трубы	26,0	28,5	28,6	25,8	25,3	23,6	22,8

Таблица 2. Динамика производства продукции черной металлургии в 2010–2011 гг., млн т

Наименование продукции	2011 г.	2010 г.	Темп роста, %
Руда железная товарная необогащенная	70,5	65,9	107,0
Железорудные окатыши (окисленные)	38,4	37,4	102,7
Чугун	48,2	48,0	100,3
Сталь	68,4	66,8	102,4
Готовый прокат черных металлов	59,5	57,6	103,2
В том числе:			
сортовой	20,1	18,0	111,6
листовой	27,9	27,1	102,9
заготовка для переката на экспорт	11,5	12,5	91,8
Стальные трубы	10,0	9,2	109,0
Кокс	27,0	26,7	101,1

Таблица 3. Коэффициент использования производственных мощностей, %

Продукция	2000 г.	2010 г.	2011 г. (оценка)
Железная руда	92	89	95
Кокс	84*	75*	79*
Чугун	86	93	93
Сталь	77	82	84
Прокат черных металлов (готовый)	72	84	87
Стальные трубы	47	75	82

\* По данным ОАО «Черметинформация».

собов в общем объеме выплавки стали возросла с 93,1 % в 2010 г. до 94,2 % в 2011 г., а доля мартеновского способа сократилась с 6,9 до 5,8 %. Коэффициент использования производственных мощностей в 2011 году вырос: по трубам стальным на 7%; железной руде на 6%; коксу на 4%; готовому прокату на 3%; стали на 2% (табл. 3).

В 2011 году доля девяти крупнейших металлургических комбинатов отрасли (ЗСМК, ММК, НЛМК, НТМК, ОЭМК, «Уральская сталь», ЧерМК, ЧМК) в общепромышленном объеме производства составила: чугун – 93,1 %, сталь и прокат – по 83,4 %. При этом производство чугуна, стали и проката в наибольшей степени выросло на Нижнетагильском (9,2%; 10,9% и 9,8%) и Новолипецком (5,7%; 5,1% и 5,2%) комбинатах (табл. 4).

Производство труб наиболее значительно увеличилось на Челябинском трубопрокатном заводе (табл. 5). Уровень выпуска труб различного сортамента по сравнению с 2010 годом составил: сварные, клепаные или соединенные аналогичным способом из черных металлов наружным диаметром более 406,4 мм – 107,4 %; бурильные для нефтяных или газовых скважин (кроме литейного чугуна) – 99,5 %; обсадные – 105 %; насосно-компрессорные – 103,1 %; бесшовные для нефте- и газопроводов – 114,8 %; тонкостенные электросварные – 124,1 %.

### ВНЕШНИЙ РЫНОК

В 2011 году суммарный стоимостный объем экспорта сырья (руд и концентратов железорудных, кокса, лома и отходов), ферросплавов, стальных слитков, заготовки и проката составил около 25,7 млрд долл. и увеличился по сравнению с 2010 годом на 19,9 %, в том числе объем экспорта в страны дальнего зарубежья вырос на 22,1 %, а в страны СНГ снизился на 0,9 %. Изменение стоимостного объема экспорта было обусловлено изменением как его физических объемов (табл. 6), так и уровня средних фактических экспортных цен (табл. 7).

Средние экспортные цены выросли в 2011 году по сравнению с 2010 годом, в том числе на руды и концентраты железорудные – на 41,1 %; кокс – на 35,5 %; слитки и заготовку из углеродистой стали – на 35,4 %; чугун – на 29,4 %; ферросплавы – на 23,8 %; прокат листовой из углеродистой стали – на 22,6 %.

Стоимостный объем импорта черных металлов составил 6,3 млрд долл. и увеличился на 32,7 %, в том числе из стран дальнего зарубежья – на 40,6 %, из стран СНГ – на 22,7 %.

Таблица 4. Производство продукции ведущими металлургическими предприятиями

Предприятие	Чугун		Сталь		Прокат	
	тыс. т	2011 г. к 2010 г., %	тыс. т	2011 г. к 2010 г., %	тыс. т	2011 г. к 2010 г., %
Западно-Сибирский МК	5806,0	94,1	7986,3	98,4	6934,2	95,6
Магнитогорский МК	9496,5	102,9	11736,0	103,1	10786,5	104,3
Нижнетагильский МК	4693,9	109,2	4254,3	110,9	3953,0	109,8
Новолипецкий МК	9792,9	105,7	9759,1	105,1	9217,6	105,2
Оскольский ЭМК			3270,8	100,0	2757,8	99,9
«Уральская сталь»	2458,1	93,9	2630,0	93,2	2190,9	93,7
Челябинский МК	3728,0	89,9	4886,7	94,6	2863,3	96,3
Череповецкий МК	8815,1	101,4	11267,7	102,1	10421,5	101,9
Итого по перечисленным предприятиям	44790,5	100,8	55790,9	101,6	49124,7	101,8

Таблица 5. Производство продукции на предприятиях трубной промышленности.

Предприятие	тыс. т	2011 г. к 2010 г., %
Волжский трубный завод	1143,0	103,1
Выксунский металлургический завод	1787,6	89,7
Ижорский трубный завод	495,5	107,9
Первоуральский новотрубный завод	751,2	109,6
Северский трубный завод	671,0	109,1
Синарский трубный завод	582,0	109,5
Таганрогский металлургический завод	741,0	101,8
Челябинский трубопрокатный завод	1045,9	126,7
Итого по перечисленным предприятиям	7217,3	103,9

Из общего объема импорта черных металлов поставлено стальных слитков, заготовки, сортового и листового проката на 5,9 млрд долл. (рост на 38,4 %), в том числе из стран дальнего зарубежья – на 3,5 млрд. руб. (рост 41,9 %), а из стран СНГ – на 2,4 млрд руб. (рост 22,7 %).

В целом физический объем импорта черных металлов увеличился на 16,2 %, в том числе из стран дальнего зарубежья – на 26,3 %, а из стран СНГ – на 8,9 %. Из общего физического объема импорта черных металлов поставки стальных слитков, заготовки, сортового и листового проката увеличились на 18,9 %, в том числе из стран дальнего зарубежья – на 26,0 % а из стран СНГ – на 13,3 % (табл. 8). Средние цены импорта черных металлов повысились на 14,2 %, стальных слитков, заготовки, сортового и листового проката – на 16,4 %.

Стоимостной объем импорта стальных труб составил 2,6 млрд

руб. и увеличился на 28,5 %, в том числе из стран дальнего зарубежья – на 14,9 %, а из стран СНГ (Украина) – на 52,8 %. Физический объем импорта стальных труб вырос на 14,6 %, в том числе из стран дальнего зарубежья снизился на 3,7 %, а из стран СНГ (Украины) увеличился на 34,8 %. Средние импортные цены стальных труб выросли на 12,2 %. При этом средние цены импорта из стран дальнего зарубежья увеличились на 19,4 %, из СНГ – на 13,3%.

### ВНУТРЕННИЙ РЫНОК

Предприятия черной металлургии в течение 2011 года работали в условиях растущего спроса со стороны конечных потребителей, таких как автомобилестроение, стройиндустрия, топливно-энергетический комплекс, судостроение, оборонный комплекс, производство транспортных средств и др. Все изменения, происходящие в этих

секторах экономики, неизбежно влияют на развитие рынка металлопродукции.

В 2011 году внутреннее потребление проката черных металлов составило, по оценке, 40,3 млн т и увеличилось по сравнению с 2010 годом на 24,2% (на 7,9 млн т). При этом поставки отечественного проката на внутренний рынок увеличились на 6,8 млн т или на 23,6%, а импортного – на 1,1 млн т (на 28,9%).

Внутреннее потребление стальных труб в 2011 году составило, по оценке, 10,8 млн т и увеличилось по сравнению с 2010 годом на 13,0 % (на 1,2 млн т). При этом поставки отечественных труб на внутренний рынок увеличились на 0,9 млн т (на 11,1%), а импортных – на 0,3 млн т (на 20%).

### ЦЕНЫ

В декабре 2011 года по сравнению с декабрем 2010 года увеличились цены мирового рынка на арматурную сталь (6,5%), катанку (4,8 %) и толстый лист (2,7 %), а снизились на рулонную сталь холоднокатаную (-5,9 %), оцинкованную (-4,3%) и горячекатаную (-4,0 %). Динамика изменения цен на прокат черных металлов приведена в табл. 9.

По данным Федеральной службы государственной статистики на внутреннем рынке в 2011 году по отношению к де-

Таблица 6. Объем экспорта продукции черной металлургии, тыс. т.

Продукция	2010 г.			2011 г.		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		дальнее зарубежье	страны СНГ		дальнее зарубежье	страны СНГ
Руды и концентраты железорудные	22241,5	19179,2	3062,3	27075,9	25482,9	1593,0
Кокс	2265,7	1766,2	499,5	1803,6	1712,6	91,0
Чугун	3891,7	3827,2	64,5	4245,9	4185,3	60,6
Ферросплавы	910,0	891,4	18,6	835,4	818,6	16,8
Слитки и заготовка из углеродистой стали	15736,6	15388,4	348,2	12861,4	12385,4	476,0
Прокат листовой из углеродистой стали	8123,3	7385,1	738,2	7013,4	6421,6	591,8

\*В общих итогах экспорта (без распределения по товарам) учтены показатели о торговле с Республикой Беларусь и Республикой Казахстан По данным ФТС



кабрю 2010 году цены производителей промышленных товаров в целом увеличились на 14,3 %.

Темпы роста цен в металлургическом производстве (105,1 %) были ниже, чем в целом по промышленности и выше, чем в добыче топливно-энергетических полезных

макроэкономические показатели, цены и тарифы изменились следующим образом, в %:

Курс рубля к доллару США – 105,5;  
инфляция – 106,1;  
промышленность – 114,3;  
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых – 139,6;

производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 105,1;

грузовые железнодорожные перевозки – 107,5;  
металлургическое производство (без учета данных по добыче железных руд, производству кокса и огнеупоров) – 105,1;



Таблица 7. Уровень средних фактических цен экспортных операций, долл./т \*

Продукция	2010 год			2011 год		
	Всего	Дальнее зарубежье	Страны СНГ	Всего	Дальнее зарубежье	Страны СНГ
Руды и концентраты железные	83,4	87,5	57,6	117,6	119,5	87,5
Кокс	221,0	223,9	210,8	299,5	299,7	296,7
Чугун передельный	364,7	363,3	449,6	471,8	471,1	514,9
Ферросплавы	1644,6	1639,0	1914,0	2035,6	2018,9	2845,2
Слитки и заготовка из углеродистой стали	443,5	440,9	555,7	600,5	597,5	677,5
Прокат листовой из углеродистой стали	568,0	549,7	751,2	696,3	678,3	891,0

\* Отношение стоимости экспортированных товаров к их количеству

Таблица 8. Физический объем импорта продукции черной металлургии, тыс. т.\*

Продукция	2010 год			2011 год		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		дальнее зарубежье	страны СНГ		дальнее зарубежье	страны СНГ
Стальные слитки, заготовки, прокат сортовой и листовой	4600,4	2002,5	2597,9	5467,9	2523,2	2944,7
Трубы стальные	1401,4	735,0	666,4	1606,1	707,5	898,6

\* В общих итогах импорта (без распределения по товарам) учтены показатели о торговле с Республикой Беларусь и Республикой Казахстан По данным ФТС

Таблица 9. Цены западноевропейского рынка на прокат черных металлов, долл./т

Продукция	Декабрь 2010 г.	Декабрь 2011 г.
Арматурная сталь* <sup>1</sup>	610-620	650-660
Катанка* <sup>1</sup>	620-630	650-660
Толстый лист* <sup>2</sup>	550-560	560-580
Полоса в рулонах:		
горячекатаная* <sup>2</sup>	490-500	460-490
холоднокатаная* <sup>2</sup>	590-600	550-570
оцинкованная* <sup>2</sup>	580-590	550-570

\*<sup>1</sup> ЕС, экспорт в третьи страны, включая 2,5 % комиссионных, предоставляемых экспортерам, fob, долл/т  
\*<sup>2</sup> ЕС, импорт, cfr, Западная Европа, евро/т

ископаемых (139,6 %) и на железнодорожном транспорте (107,5 %) и равнялись темпам при производстве и распределении электроэнергии, газа и воды (105,1%). Наиболее высокие темпы роста цен в черной металлургии наблюдались в 2011 году в добыче железных руд. За год (декабрь 2011 по сравнению с декабрем 2010 г.)

Таблица 10. Цены на отдельные виды продукции черной металлургии, руб./т

Продукция	Декабрь 2010 г.	2011 г.				
		январь	март	июнь	сентябрь	декабрь
Чугун передельный нелегированный	12784	13932	14472	14095	13500	12925
Прокат, в том числе:						
толстолистовой (от 4 мм) горячекатаный из стали, кроме нержавеющей и быстрорежущей	19811	20529	23725	22632	22617	21665
тонколистовой (до 4 мм) горячекатаный из стали, кроме нержавеющей и быстрорежущей	17183	17906	21463	21039	20341	20395
плоский холоднокатаный из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей)	26091	25560	29772	29811	31004	30359
Катанка из нелегированной стали	18360	18356	20646	19340	20522	20492
Рельсы из черных металлов, включая токоведущие рельсы с деталями из цветных металлов	17648	17811	17960	21913	20754	23235
Трубы стальные	40888	43200	45088	46076	45851	43000
в том числе:						
бесшовные для нефте- и газопроводов черных металлов (кроме литейного чугуна)	41711	39991	42602	45311	43330	45576
бурильные для бурения нефтяных или газовых скважин из черных металлов (кроме литейного чугуна)	77648	90869	89783	101038	98983	101302
обсадные	35229	36481	38858	37986	39781	41186
сварные для нефте- и газопроводов из черных металлов наружным диаметром менее 406,4 мм	22859	23269	27127	24882	25860	24330

добыча железных руд – 120,8; производство чугуна и доменных ферросплавов – 102,7; производство горячекатаного стального проката – 109,2; производство холоднокатаного плоского проката – 113,9; производство чугунных и стальных труб – 108,9; производство электроферросплавов – 99,4; производство кокса – 102,2; изделия огнеупорные – 111,1.

В 2011 году цены на продукцию (услуги) естественных монополий выросли: на уголь для коксования – на 46,3 %, топливно-дизельное – на 28,0 %, природный газ – на 26,9 %, мазут топочный – на 12,4 %, теплоэнергию – на 11,3 %, электроэнергию, отпущенную промышленным потребителям, – на 1,1 %.

Изменение цен на внутреннем рынке происходило под влиянием роста цен на мировых рынках. Рост средних цен отмечался практически по всей номенклатуре производимой продукции (табл. 10).

Средние цены производителей (без НДС) в целом по отрасли на железорудное сырье, ферросплавы, кокс и огнеупоры приведены в табл. 11. В декабре по сравнению с январем цены снизились лишь на отдельные виды ферросплавов, по всем остальным позициям отмечается рост.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

За 9 месяцев 2011 года по сравнению с аналогичным периодом 2010 года снизилась рентабельность продаж на ведущих металлургических комбинатах на 3,6 %, увеличились затраты на 1 рубль реализованной продукции на 3,6 коп. Производительность труда в стоимостном выражении выросла на 22,4%. Чистая прибыль значительно снизилась на Западно-Сибирском и Магнитогорском комбинатах, где вместо прибы-

ли получены убытки. Продолжается поквартальное снижение рентабельности продаж и рост затрат на рубль реализованной продукции на крупных металлургических комбинатах.

На крупных трубных заводах за тот же период рентабельность продаж снизилась на 3,5 %, при этом затраты на 1 рубль реализованной продукции выросли на 3,5 коп. Производительность труда в стоимостном выражении выросла на 23,8 %. Снижение чистой прибыли составило 33,8 %. Продолжается поквартальное снижение рентабельности продаж и рост затрат на рубль реализованной продукции.

Данные, характеризующие экономические показатели работы крупных комбинатов и ведущих заводов трубной промышленности, приведены в табл. 12 и 13.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постепенное восстановление экономической активности в основных металлопотребляющих отраслях приводит к увеличению спроса на металлопродукцию. В дальнейшем динамика спроса и ценовая конъюнктура будут зависеть от развития мировой финансово-экономической ситуации, что существенно скажется на развитии отечественной металлургии. Высокая материалоемкость металлургического производства обуславливает зависимость предприятий отрасли от цен на сырьевые и топливно-энергетические ресурсы. В связи с этим одним из направлений стратегического развития предприятий является развитие вертикальной интеграции, использование современных технологий, снижающих материало- и энергоёмкость производства, повышение качества выпускаемой продукции, а также развитие мощностей по производству продукции с высокой добавленной стоимостью. IP

*В обзоре использованы материалы Федеральной службы государственной статистики РФ, Минэкономразвития РФ, Минпромторга РФ, ОАО «Черметинформация», корпорации «Чермет», публичной отчетности предприятий.*

Таблица 11. Уровень среднеотраслевых цен на отдельные виды продукции, руб./т (без НДС)

Наименование продукции	Декабрь 2010 г.	2011 год				
		Январь	Март	Июнь	Сентябрь	Декабрь
Руда железная товарная необогащенная	1103	1065	1343	1421	1349	1449
Концентрат железорудный	2264	2313	2914	3174	3048	2758
Агломерат железорудный доменный	3230	3280	4290	3510	3284	3494
Окатыши железорудные (окисленные)	3458	3644	4727	4258	4056	3694
Кокс металлургический из каменного угля, полученный путем карбонизации при высокой температуре	8528	8716	9557	9501	8697	8786
Огнеупоры	4612	5103	5135	5218	5278	5513
Ферросилиций	48549	44113	41726	36751	37263	38174
Феррохром	58643	53770	65277	64836	63425	70739
Ферромолибден	661413	716293	706825	703953	600282	587612
Феррованадий	336956	336242	322870	301106	298280	278010

Таблица 12. Экономические показатели ведущих металлургических комбинатов (за 9 месяцев 2011 и 2010 гг.)

Предприятие	Прибыль от реализации продукции, млн руб.		Затраты на 1 руб. реализованной продукции, коп		Рентабельность продаж, %		Производительность труда, тыс. руб./чел. <sup>*)</sup>		Чистая прибыль, млн руб.	
	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.
ЗСМК	2463,0	4412,5	97,5	94,0	2,5	6,0	7633,3	8280,8	-479,6	2331,6
ММК	18887,8	20739,8	89,9	86,1	10,1	13,9	11598,6	9385,0	-1673,2	15181,4
НТМК	7023,9	11434,2	91,2	81,4	8,8	18,6	6783,9	5158,8	6281,6	8919,9
НЛМК	22638,2	22630,6	86,1	82,6	13,9	17,4	7374,2	5788,7	38704,0	28189,3
ОЭМК	10475,7	6885,4	80,2	83,2	19,8	16,8	6126,9	4821,5	н.д.	4626,7
«Уральская сталь»	920,2	487,3	98,1	98,8	1,9	1,2	4179,0	3202,0	н.д.	-524,5
ЧМК	1958,7	2333,3	97,4	96,5	2,6	3,5	6518,6	5774,6	146,2	-1962,4
ЧерМК	23995,2	27022,4	87,5	82,1	12,5	17,9	11237,6	8820,8	14954,9	19250,2
Итого по перечисленным предприятиям	88362,7	95945,4	90,1	86,5	9,9	13,5	8030,6	6558,9	57933,9	76012,3

<sup>\*)</sup> В расчете на год

Таблица 13. Экономические показатели ведущих трубных заводов (за 9 месяцев 2011 и 2010 гг.)

Предприятие	Прибыль от реализации продукции, млн руб.		Затраты на 1 руб. реализованной продукции, коп		Рентабельность продаж, %		Производительность труда, тыс. руб./чел. <sup>*)</sup>		Чистая прибыль, млн руб.	
	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.
ВТЗ	4534,1	4514,2	89,4	86,7	10,6	13,3	4573,7	3707,7	2440,6	3122,2
ВМЗ	11542,0	17022,0	82,5	76,6	17,5	23,4	7144,5	8905,3	8063,0	12694,3
ПНТЗ	6582,5	2712,3	75,0	86,3	25,0	13,7	3399,6	2736,3	н.д.	537,6
СТЗ	1820,8	1216,5	91,8	92,6	8,2	7,4	4222,5	3055,6	389,7	26,5
СинТЗ	1083,9	358,2	94,611	97,7	5,4	2,3	3435,1	2855,3	196,3	-697,8
ТагМЗ	266,2	375,9	98,609	97,7	1,4	2,3	3529,9	2361,3	-533,8	-97,1
ЧТПЗ	9153,0	8516,3	85,2	71,0	14,8	29,0	10577,8	5472,2	2494,5	4130,1
Итого по перечисленным предприятиям	34982,5	34715,3	86,5	83,0	13,5	17,0	5303,3	4284,7	13050,2	19715,9

<sup>\*)</sup> В расчете на год



# РЕНЕССАНС ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РЕЛЬСОВ

ОБМЕН ОПЫТОМ  
НА КОНФЕРЕНЦИИ В КАНАДЕ

ТЕКСТ СЕРГЕЙ ЗАХАРОВ, главный научный сотрудник ОАО «ВНИИЖТ», д.т.н., проф.  
ЛЕВ МУГИНШТЕЙН, главный научный сотрудник ОАО «ВНИИЖТ», д.т.н., проф.  
ЕВГЕНИЙ ШУР, главный научный сотрудник ОАО «ВНИИЖТ», д.т.н., проф.

Скоростное движение и тяжёловесное движение на железных дорогах – два основных направления, которые в значительной мере определяют прогресс в этой отрасли. Каждое из них способствует разработке технических и технологических решений и новых материалов. Как отметил в своем докладе на пленарном заседании генеральный директор ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ) Б.М. Лапидус, железные дороги мира переживают период «ренессанса», когда они вновь, как в конце XIX века, играют роль локомотива экономики.

Очередная, 10-я конференция Ассоциации тяжёловесного движения, состоявшаяся в Калгари (Канада) в июне 2011 года, была посвящена работе железных дорог в экстремальных условиях. В ней приняли участие более 500 делегатов из 25 стран, были сделаны 7 пленарных, 105 секционных и 52 стендовых докладов.

Стоит отметить, что 17 лет назад, когда ВНИИЖТ вступил в Ассоциацию, имея за плечами глубокие исследования в области тяги, выбора веса поезда, определения потребных тяговых осей и т.д. в связи с организацией эксплуатации тяжёловесных составов в условиях смешанного движения грузовых и пассажирских поездов, эти вопросы

могли быть перспективны для таких стран, как Китай и Индия. Однако к настоящему времени Россия осталась единственной страной, которая организует вождение поездов большой массы и длины в условиях смешанного движения, для чего были разработаны теория и методы, в том числе методы имитационного моделирования оценки максимальной пропускной способности подобных линий. Китай уже построил и продолжает строить специализированные линии для тяжёловесного движения, а Индия активно разрабатывает такие проекты.

На специализированных линиях осевая нагрузка продолжает расти. Пример осевой нагрузки, которую несколько лет назад даже трудно было себе представить, демонстрирует Австралия – на железной дороге, вывозящей руду из мест добычи на западном побережье. Да, это дорога длиной около 300 км, имеет уклон в сторону моря, и пологие кривые, но ведь выдерживает 40 т на ось! Этот показатель был достигнут не сразу. После завершения строительства дороги начали с 25 т и только через год повысили до 35 т, а еще через год – до 40 т. И, конечно, создали соответствующий путь, уложив 68 килограммовые рельсы высокого качества. Вагоны для перевозки руды имеют грузоподъемность 137 т, оснащены системами мониторинга и диагностики состояния основных элементов пути и под-

вижного состава. В полной мере технико-экономические последствия этой нагрузки еще предстоит оценить, но можно предположить, что частная дорога, которая пошла на такие решения, тщательно взвесила риски и выгоды.

Бразилия пробует работать с осевой нагрузкой 37,5 т. В Северной Америке она тоже достаточно высока – 32,5 т. До 30 т постепенно повышают осевую нагрузку и на железных дорогах других стран, входящих в Ассоциацию.

Большая осевая нагрузка – это только потенциал, чтобы перевозить одним поездом больше груза. В принципе, специализированная дорога представляет собой транспортный конвейер, перемещающий груз от мест добычи до мест погрузки (или переработки). И если добыча, загрузка и выгрузка груза автоматизирована, как это имеет место, например, на линии Кируна-Нарвик (Швеция-Норвегия), то такой конвейер работает с высокой производительностью.

Однако существует масса проблем, связанных с вождением длиннооставных поездов, причем многие из них были еще 20-30 лет назад выявлены и исследованы в России. Найдены решения, которые и теперь используются при вождении тяжёловесных поездов на российских железных дорогах.

Опыт работы в этой области имеет и Канада, где условия

во многом схожи с российскими. Исследованы разные схемы вождения поезда из 142 вагонов, распределенной тягой из 4 локомотивов компании General Electric, оборудованных системой радиуправления Locotrol. На конференции представлен большой опыт работы элементов инфраструктуры (рельсов и подрельсового основания, земляного полотна) в том числе в экстремальных условиях.

Поскольку ВНИИЖТ проводит испытания рельсов разных производителей, то понятен наш интерес к результатам испытаний рельсов для тяжёловесного движения, проведенных в центре TCSI (Pueblo). Показаны преимущества по износостойкости термически упрочненных рельсов из заэвтектоидных сталей. Наряду с этим были представлены перспективные направления применения рельсов в условиях грузового движения и для районов с низкими температурами, в том числе российский опыт по созданию рельсов низкотемпературной надежности. Интересны исследования по механизмам контактно-усталостных повреждений, начинающихся с поверхности катания рельсов, что приводит к необходимости применения регулярного профильного шлифования рельсов.

Большое внимание участники конференции уделили технологиям сварки и последующей термической обработки рельсов, способам контроля каче-

ства сварных соединений, а также параметрам конструкции пути для зон вечной мерзлоты, новым материалам и конструкциям элементов пути.

Был обобщен многолетний опыт эксплуатации вагонов для перевозки руды в районах, расположенных за полярным кругом (Швеция и Норвегия). Даны рекомендации по применению материалов. Приведены результаты полигонных испытаний колес различного химического состава и механических

свойств, которые позволяют сделать выводы о направлениях их дальнейшего совершенствования. Отдельно изучены механизмы и способы борьбы с изломами рельсов при низкой температуре. Обобщен опыт работы железной дороги в условиях образования лавин. Одно из заседаний было посвящено особенностям работы в длинных туннелях.

Как следует из материалов данной и предыдущих конференций Ассоциации, про-

грессивной тенденцией для российских железных дорог, позволяющей в полной мере реализовать технико-экономические преимущества технологии тяжеловесного движения, является специализация железной дороги и ее участка на технологию тяжеловесного движения. Как показывает мировой опыт, такие дороги строятся от мест добычи полезных ископаемых до мест их переработки или перегрузки в портах на суда. Инновационные ре-

шения по совершенствованию элементов инфраструктуры и подвижного состава, их содержанию и мониторингу, несомненно, представляют интерес для России.

Ниже приведены рефераты докладов по разработке новых классов рельсов.

Следующая конференция будет проходить в Индии в 2013 году, а в 2017 году конференция Ассоциации тяжеловесного движения состоится в России.



# НОВЫЕ РЕЛЬСОВЫЕ СТАЛИ TATA STEEL

## ВЫСОКАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ И СОПРОТИВЛЕНИЕ КОНТАКТНОЙ УСТАЛОСТИ ПРИ КАЧЕНИИ

ТЕКСТ Ф. ФО, П. СЕКОРДЕЛЬ, *Tata Steel Europe, Эйанж (Франция)*  
Ж. ЖИСВАЛЬ, *Tata Steel Europe, Потерем (Великобритания)*

В компании Tata Steel разработаны две новые рельсовые стали, специально ориентированные на решение проблем износа и контактной усталости при качении – главных механизмов повреждения рельсов:

- низколегированная перлитная термоупрочняемая сталь МНН для рельсов, предназначенных главным образом для железнодорожных путей с движением большегрузных составов и большой нагрузкой на ось и для криволинейных участков пути большой кривизны, где рельсы испытывают повышенный абразивный износ;

- полученная металлургическими приемами гиперэвтектоидная сталь HPRail, не подвергаемая термообработке, предназначенная для железнодорожных путей с грузопассажирскими перевозками, для метрополитена, для криволинейных участков большого радиуса в большинстве железнодорожных сетей.

Таблица 1

Химический состав, масс.%, и минимальные уровни механических свойств

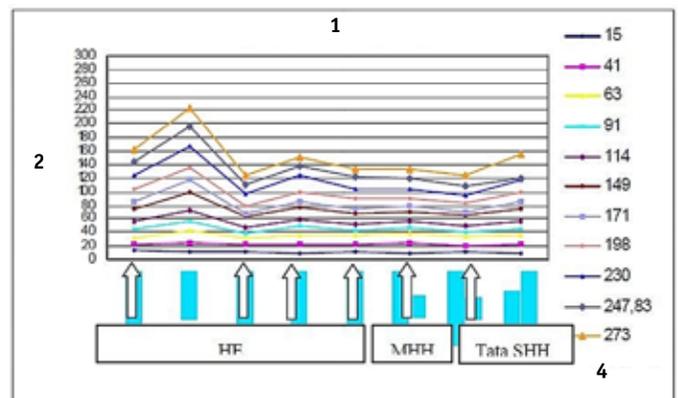
C	Si	Mn	Cr	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение (12,7 мм), %	Твердость по Бринеллю (поверхность)
0,72	0,40	0,80	0,40	830	1280	12	381
0,82	0,80	1,10	0,60				

### ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ ПЕРЛИТНЫЕ СТАЛИ МНН

Химический состав и механические свойства рельсовой стали МНН приведены в табл. 1.

Оборудование для термообработки на рельсобалочном стане в г. Эйанж (Hayange), Франция, действующее вне потока стана, включает систему быстрого индукционного нагрева с высокой точностью регулирования и систему ускоренного воздушного охлаждения. Имеются две специфические особенности, которые отличают продукцию цеха от других известных продуктов, подвергаемых термообработке:

Рис. 1. Сравнение рельсов МНН и рельсов из гиперэвтектоидной стали (HE)\*



\*Нагрузка на ось 27 т (товарные вагоны); радиус закругления 166 м (10,50); программа тестирования Norfolk Southern Mega Site

1 – износ наружного рельса (площадь); 2 – уменьшение площади поперечного сечения головки рельса – прим. пер.), мм<sup>2</sup>; 3 – тип рельса; 4 – движение

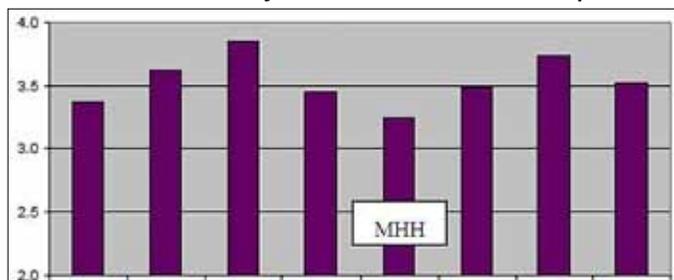
– в отличие от процессов зерна аустенита, система термообработки в потоке прокатного стана, где после чистой прокатки возможен рост зерна аустенита, система нагрева в Эйанже спроектирована таким образом, что обеспечивает мелкое зерно, которое

затем превращается в особо мелкозернистую перлитную структуру благодаря специальному размещению форсунок ускоренного воздушного охлаждения;

– на термообработку поступают рельсы, подвергнутые роликовой правке и удовлетворяющие требованиям прямолинейности из нормативных документов всех крупных железных дорог. Эта прямолинейность поддерживается в течение всего управляемого процесса термообработки, и в дальнейшем дополнительная роликовая правка не требуется.

Перечисленные особенности технологического процесса придают рельсам МНН следующие важные свойства.

Рис. 2. Опытный участок Union Pacific Tehachapi\*



\*Скорость износа, мм³/млн т. брутто (наружный рельс)

**Остаточные напряжения.**

В подошве рельса они очень низкие и могут даже иметь характер незначительных сжимающих. Поэтому в сравнении с рельсами с термообработкой в потоке стана, которые подвергают роликовой правке после термообработки и в которых действуют значительные растягивающие остаточные напряжения, рельсы МНН значительно лучше противостоят разрушению из-за дефектов, возникших в подошве рельса.

**Износостойкость.**

Высокая износостойкость стали МНН есть результат микролегирования хромом и кремнием. Добавка хрома в сочетании с контролируемым индукционным нагревом и ускоренным охлаждением по технологии, освоённой в Эйанже, позволяет получить перлит с очень малым межпластиночным расстоянием. Главный вклад кремния состоит в твердорастворном упрочнении перлитного феррита. Добавка хрома помогает также ослабить разупрочнение стали в зоне термического

Таблица 2

**Химический состав, масс.%, и минимальные уровни механических свойств**

C	Si	Mn	V	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение (12,7 мм), %	Твердость по Бринелю (поверхность)
0,72	0,40	0,80	0,05	620	1170	8	320
0,82	0,80	1,10	0,14				

влияния при стыковой сварке оплавлением и термитной сварке. Износостойкость стали МНН критически оценили прямым сравнением с более твердыми гиперэвтектоидными рельсовыми сталями на участках коммерческих железных дорог в США. Результаты такого сравнения на двух участках, показанные на рис. 1 и 2, вполне убедительно демонстрируют более высокую износостойкость продукта МНН в сравнении со многими гиперэвтектоидными сталями более высокой твердости.

**Сопротивление контактной усталости при качении.**

При испытании на двух упомянутых выше участках рельсы МНН продемонстрировали сопротивление контактной усталости при качении (трещины в головке, выкрашивание) на том же уровне, что и более твердые гиперэвтектоидные рельсовые стали. Это привлекательное свойство стали МНН можно объяснить специфическими условиями обработки на оборудовании, применяемом Tata Steel для термообработки вне прокатного агрегата, которое обеспечивает:

- малый размер зерна аустенита;
- очень малое межпластиночное расстояние в перлите;
- малые остаточные напряжения в головке рельса.

**HPRAIL - НОВЕЙШАЯ РАЗРАБОТКА ТАТА STEEL В ОБЛАСТИ РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ.**

Состав разработанной стали HPRail выбран в расчете на

решение следующих металлургических задач:

- увеличение объемной доли цементита за счет повышения содержания углерода. Эта цель достигнута при взаимном усилении факторов повышенной закаливемости и уменьшенного межпластиночного расстояния;
- повышение прочности перлитного феррита за счет твердорастворного упрочнения, достигаемого добавкой кремния, и дисперсионного упрочнения путем добавки ванадия. Совместное применение двух этих добавок дает синергический эффект минимизации/предотвращения образования зернограничной сетки цементита;
- точное регулирование содержания азота и ванадия для извлечения выгоды в виде влияния ванадия на закаливаемость и предельного увеличения количества выделенного низкотемпературного мелкозернистого карбида ванадия в перлитном феррите.

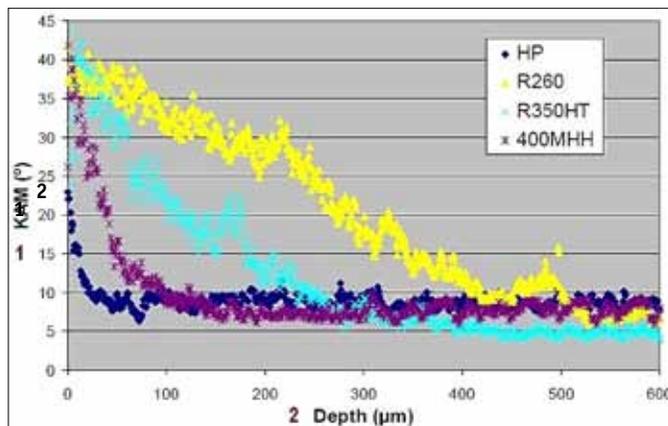
ных перлитных сталей равной твердости.

Впервые применили метод дифрактометрии обратного электронного рассеяния (EBSD) для количественной оценки глубины слоя деформированных зерен при двухдисковом испытании – этот параметр характеризует накопленную деформацию/повреждение.

На рис. 3 видно, что глубина деформированного слоя в стали HPRail (50 мкм) меньше, чем в более твердых сталях R360HT (300 мкм) и МНН (150 мкм).

Рельсы из стали HPRail уложены на нескольких испытательных участках в Великобритании. В феврале 2010 года такие рельсы уложили также на петле ускоренных эксплуатационных испытаний Центра транспортной технологии (TTCI FAST loop), на кривой «умеренной тяжести», для оценки в условиях тяжелых транспортных нагрузок.

Рис. 3. Деформация структуры стали в функции глубины (двухдисковое испытание)



1 – средняя разориентировка зерен, град.; 2 – глубина, мкм

Химический состав стали HPRail, представленный в табл. 2, защищен патентом W009103565-A1.

Для сравнения продукта HPRail с другими широко распространенными марками провели испытания двухдисковым методом. Они подтвердили более высокое сопротивление стали HPRail абразивному изнашиванию и контактной усталости при качении, чем у обыч-

Характеристики рельсов при эксплуатации на участках железнодорожной сети Великобритании и на испытательной трассе FAST loop полностью подтверждают результаты лабораторных испытаний и поддерживают металлургические принципы, которыми специалисты компании руководствовались при расчете состава стали.



# ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ РЕЛЬСОВ И НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ NIPPON STEEL

ТЕКСТ МАСАРУ УЭДА, КАЦУЯ ИВАНО,  
Исследовательская лаборатория Явата,  
Nippon Steel Corporation, Китакюсю (Япония)  
ТАКЭСИ ЯМАМОТО, Завод Явата,  
Nippon Steel Corporation

## ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ ДОЛГОВЕЧНЫХ РЕЛЬСОВ

Компания Nippon Steel, будучи производителем рельсов, непрерывно занимается поиском эффективных решений в интересах железнодорожных компаний. В 70-е годы в производстве рельсов применяли термообработку вне линии прокатки (с повторным нагревом). С целью повышения твердости внутренней части головки рельса Nippon Steel разработала способ термообработки в потоке прокатного агрегата взамен традиционной автономной обработки. Новый способ позволил отказаться от повторного нагрева, что значительно повысило производительность и энергоэффективность. В 1987 году освоили коммерческое производство рельсов с термообработкой в потоке стана. Этот продукт получил наименование DHH rails (deer head hardened – с упрочнением головки на большую глубину).

Технологические инновации в железнодорожном транспорте – такие, как повышенная нагрузка на ось и скорости движения, увеличение длины составов, оборудование локомотивов тяговыми электродвигателями переменного тока, широкое применение информационно-управляющих систем – повысили эффективность железнодорожных перевозок. Однако все это значительно ухудшило условия службы железнодорожных рельсов. Во второй половине 90-х годов железнодорожные компании

стали требовать от производителей рельсов поставлять продукцию DHH (0,8%С) по технологии термообработки в потоке, уже получившей в то время распространение, но с более высокой износостойкостью. В ответ на эту потребность Nippon Steel разработала рельсы из гиперэвтектидной (HE) стали, то есть рельсы HE (0,9%С), и в 1999 году начала их промышленные поставки. Позднее удалось перейти непосредственно от рельсов DHH к

продукту HE. Результаты сравнительных испытаний в коммерческой эксплуатации показали, что рельсы HE имеют более высокую износостойкость и стойкость к поверхностным дефектам, чем обычные рельсы DHH. Эффективно используя способ сильного науглероживания и производственные технологии, уже отработанные в период изготовления рельсов HE, компания активно продолжала разработку новых рельсов этого типа, в которых со-

держание углерода увеличено до 1,0%. Коммерческое производство продукции HE (1,0%С) началось в 2004 году.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМООБРАБОТКИ В ПОТОКЕ АГРЕГАТА

Термоупрочненные рельсы получили преобладающее применение в 70-х годах благодаря меньшим остаточным напряже-

Таблица 1. Сравнение методов охлаждения

Охлаждающая среда	Температура, °С	Условия	Планируемая твердость	
			Высокая	Средняя
Кипящая вода	98	Обдув паром	-	-
Горячая вода	65 - 80	Погружение	-	-
Кипящая вода в смеси с порошком оксида алюминия	98	Вдувание пара		
Пузырьковая продувка воздухом	-	-		
Вода	60 - 70	Струйная подача	-	-
Масло	100 - 1800	Перемешивание лопастной мешалкой	-	-
Соляная ванна	400 - 550	Перемешивание азотом	+	-
Туман	Комнатная	Смесь воды и воздуха	-	+
Воздух	Комнатная		+	+

Рис. 1. Распределение величин твердости металла в головке рельса (термообработка в потоке ДНН)

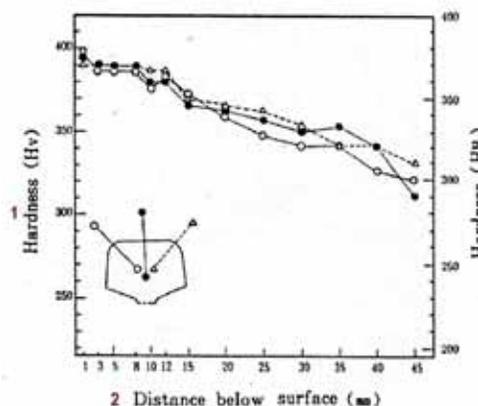
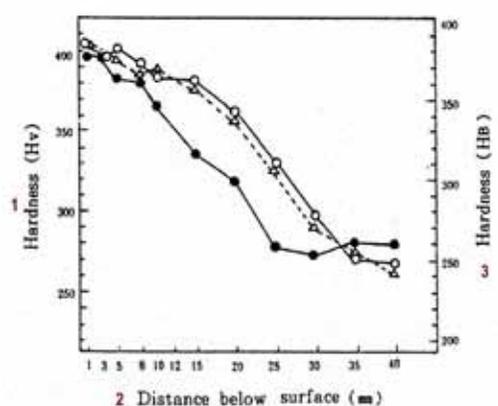
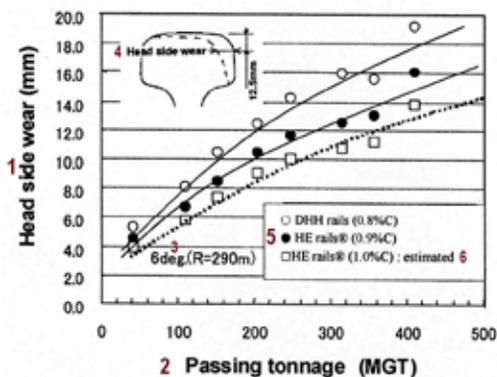


Рис. 2. Распределение величин твердости металла в головке рельса (термообработка вне стана):



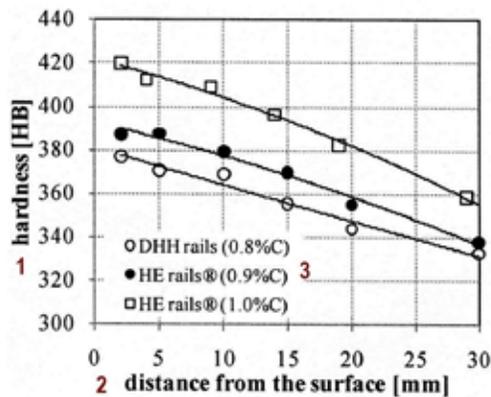
1 - твердость HV; 2 - расстояние в глубину от поверхности, мм; 3 - твердость HB

Рис. 3. Зависимость между пропущенным тоннажом и величиной бокового износа головки рельса



1 – боковой износ головки, мм; 2 – пропущенный тоннаж, мегатонн; 3 – 6 град. (R=290 м); 4 – боковой износ головки; 5 – рельсы (указанного типа, с указанным содержанием углерода, %); 6 – оценка

Рис. 4. Распределение величин твердости в головке рельса



1 – твердость HB; 2 – расстояние в глубину от поверхности, мм; 3 – рельсы (указанного типа, с указанным содержанием углерода, %)

ниям и лучшей свариваемости по сравнению с легированными рельсами, при том, что по износостойкости (твердости) они находились на уровне легирующих. Термообработку в тот период проводили на отдельном оборудовании, вне прокатного агрегата, что требовало уже после горячей прокатки повторно нагревать головку рельса до температуры аустенизации и охлаждать до комнатной температуры. Источник тепла (в Nippon Steel применяли высокочастотный индукционный нагрев) располагался вблизи поверхности головки рельса. Сердцевина головки имела более низкую температуру, и повысить ее до аустенитной области было затруднительно. В результате конечная твердость внутренней части головки оказывалась значительно ниже, чем на поверхности, и это создавало при эксплуатации такие проблемы, как снижение износостойкости по мере развития износа. Чтобы преодолеть этот недостаток, разработали нагревательную печь, где можно было нагревать головку рельса во всем поперечном сечении. Позднее для повышения твердости внутренней части головки разработали метод термообработки в потоке стана. Этот способ подтвердил свою высокую энергоэффективность и производительность, поскольку тепло, подведенное в нагревательной печи перед горячей прокаткой, использовалось и в процессе термообработки. В настоящее время этот способ принят многими производителями рельсов в качестве основной технологии

Таблица 2. Химический состав рельсов

Тип рельсов		C	Si	Mn	Cr
DHH	DHH370	0,8	0,5	1,0	0,2
	Dhh370S	0,8	0,8	0,8	0,5
HE	HE370	0,9	0,3	0,6	0,2
	HE370S	0,9	0,8	0,8	0,5
	HE400	0,9	0,3	0,9	0,2
	HE-X	1,0	0,5	0,7	0,2

производства термоупрочненных рельсов.

Выбор процесса термообработки оказывает сильное влияние на качество рельсов и на масштаб необходимого термического оборудования, что, в свою очередь, определяет объем капитальных затрат. В табл. 1 перечислены хладагенты, которые опробованы для использования на стадии охлаждения. Последние три из перечисленных способов охлаждения (в соляной ванне, туманом и воздухом) имели следующие особенности.

Охлаждение в соляной ванне. Твердость поверхности головки рельса надежно достигается на уровне HB 370, что равноценно результату термообработки вне потока стана, например, на уровне рельсов NHH (new type head hardened – нового типа с упрочненной головкой) фирмы Nippon Steel. Однако скорость охлаждения при этом способе имеет узкое поле допуска, что затрудняет регулирование микроструктуры и вызывает разброс твердости.

Охлаждение туманом. Оборудование для водовоздушного охлаждения в тот период не обеспечивало достаточно равномерного охлаждения по длине рельса и имело невысокую динамическую характеристику. В условиях массового промышленного производства опасались большого разброса твердости и микроструктуры в направлении по длине рельса, что заставило отказаться от такого способа.

Воздушное охлаждение. Этот способ обеспечивает стабильное охлаждение изделий и требуемую однородность твердости и микроструктуры по длине рельса. Скорость охлаждения легко регулируется изменением давления воздуха, что позволяет изменять твердость рельса.

Исходя из этих характеристик, для термообработки рельсов в конечном итоге выбрали способ воздушного охлаждения, который позволяет провести термообработку на большую глубину в потоке стана, обеспечивает стабильное качество (твердость и микроструктуру), позволяет легко настраивать уровень твердости и реализуется на оборудовании приемлемого масштаба.

Метод термообработки в потоке прокатного агрегата не требует специального нагрева, так как использует тепло, генерируемое в процессе горячей прокатки. Температура в объеме рельса в начале термообработки в потоке может удерживаться достаточно высокой, и это позволяет повысить твердость во внутренней части головки рельса по сравнению с той, какую получают при термообработке

вне потока стана. Это ясно видно при сравнении кривых твердости рис. 1 (термообработка в потоке) и рис. 2 (термообработка вне стана).

### РАЗРАБОТКА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ ТЕРМООБРАБОТАННЫХ РЕЛЬСОВ

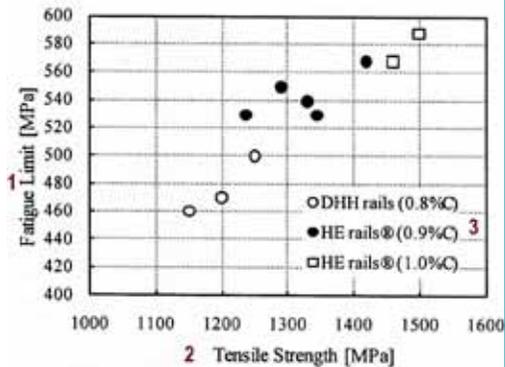
Повышение содержания углерода эффективно способствует повышению износостойкости рельсов. В табл. 2 указан типичный химический состав этих рельсов. Рельсы HE с 0,9% углерода производятся на коммерческой основе с 1999 года, а коммерческое производство рельсов HE с 1,0% углерода начато в 2004 года. Один из ключевых вопросов в разработке рельсов HE – пластичность. В общем случае повышение содержания углерода ведет к снижению пластичности. Для ее сохранения необходимо обеспечить малый размер зерен аустенита. В Nippon Steel этого достигли улучшением контроля температуры при прокатке и регулированием раствора валков на прокатных станах с универсальными клетями. Типичные механические свойства, указанные в табл. 3, подтверждают, что относительное удлинение рельсов HE превышает 10%.

Рельсы HE были впервые использованы в Северной Америке и проявили высокую стойкость к износу, возникновению поверхностных и внутренних дефектов. Теперь они широко используются в железнодорожных путях на горных разработках в Австралии и Бразилии, проходят испытания в регионах с холодным климатом в России. На рис. 3 показаны результаты измерения бокового износа головки на крутой кривой – высокоуглеродистые рельсы характеризуются меньшим износом. Эксплуатационная долговечность рельсов с термоупрочненной головкой тем выше, чем выше содержание углерода в стали.

Для рельсов HE характерна и более высокая стойкость к возникновению внутренних дефектов. Эта особенность связана с более благоприятным распределением величин твердости в объеме (см. рис. 4).

В Nippon Steel провели испытания на изгиб вращающихся образцов и определили пре-

Рис. 5. Связь между временным сопротивлением и пределом выносливости

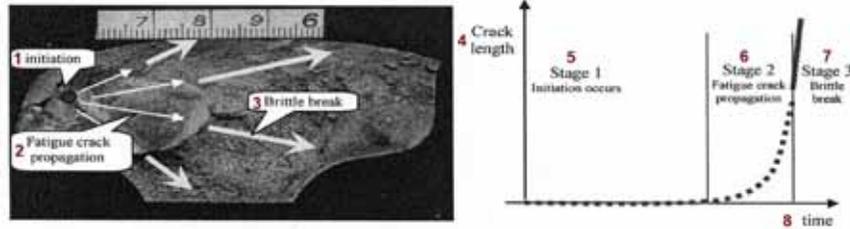


1 - предел выносливости, МПа; 2 - временное сопротивление, МПа; 3 - рельсы (указанного типа, с указанным содержанием углерода, %)

Таблица 3. Механические свойства рельсов

Тип рельсов	Условный предел текучести (0,2%), МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	
DHH	0,8%C	830	1290	12
HE	0,9%C	910	1390	12
	1,0%C	1440	1440	11

Рис. 6. Типичная вязкость разрушения:



1 - зарождение; 2 - распространение усталостной трещины; 3 - хрупкое разрушение; 4 - длина трещины; 5 - стадия 1: зарождение трещины; 6 - стадия 2: распространение усталостной трещины; 7 - стадия 3: хрупкое разрушение; 8 - время

дел выносливости рельсов разных типов. На рис. 5 показана зависимость между временным сопротивлением и пределом выносливости материала головки рельсов. Здесь видно, что предел выносливости повышается с повышением временного сопротивления. Поскольку рельсы HE имеют высокий предел выносливости, возникновение в них дефектов усталостного характера менее вероятно.

**ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫМИ ТЕРМООБРАБОТАННЫМИ РЕЛЬСАМИ**

В общем случае при повышении содержания углерода наблюдается тенденция к снижению вязкости разрушения. В табл. 4 приведены типичные значения показателя K<sub>IC</sub> вязкости разрушения образцов из головки рельса. Они показыва-

ют, что рельсы HE имеют меньшую вязкость, чем рельсы DHH. Однако это не значит, что рельсы HE больше склонны к разрушению. В Nippon Steel считают, что связь между содержанием

углерода и разрушением высокоуглеродистых рельсов требует более тщательного изучения. На рис. 6 показан процесс развития усталостной трещины, приводящей к хрупкому разрушению рельса. Процесс идет в три стадии:

- 1) зарождение усталостной трещины;
- 2) распространение усталостной трещины в соответствии с законом Пэриса;
- 3) хрупкое разрушение.

На стадии 1 зарождается усталостная трещина, при этом ключевую роль играет прочность рельса. На рис. 5 показана связь между пределом выносливости и временным сопротивлением. В высокоуглеродистых рельсах с повышенным пределом выносливости вероятность зарождения усталостного повреждения ниже. Следует отметить также, что без зарождения усталостной трещины разрушение рельса не происходит. С этой точки зрения вели-

чения могут послужить местами зарождения дефектов.

На стадиях 2 и 3 усталостная трещина, которая зародилась на стадии 1, распространяется, увеличиваясь до критической длины, и происходит хрупкое разрушение. На этой стадии следует пояснить коэффициент интенсивности напряжений. При действии растягивающих напряжений  $\sigma$  в плоскости коэффици- ент интенсивности напряжений можно определить по формуле:

$$K = F \sigma \sqrt{\pi \alpha}$$

где  $F$  - константа, которая зависит от формы трещины;  $\alpha$  - длина усталостной трещины;  $\pi$  - отношение длины окружности к диаметру.

На рис. 7 показана связь между длиной усталостной трещины и коэффициентом  $K$  интенсивности напряжений, который увеличивается с увеличением длины  $\alpha$  трещины, и когда значение  $K$  достигает критиче-

ского K<sub>IC</sub>, происходит хрупкое разрушение.

Для рельсов DHH с вязкостью разрушения 39,1 МПа√м расчетная критическая длина трещины равна 33,7 мм. Для рельсов HE (1,0%C) аналогичный расчет дает длину 27,7 мм. Безусловно, рельсы двух этих типов различаются между собой, но и одни, и другие в конечном итоге подвергаются хрупкому разрушению.

Хрупкая трещина распространяется в условиях циклических напряжений, и ее рост подчиняется закону Пэриса:

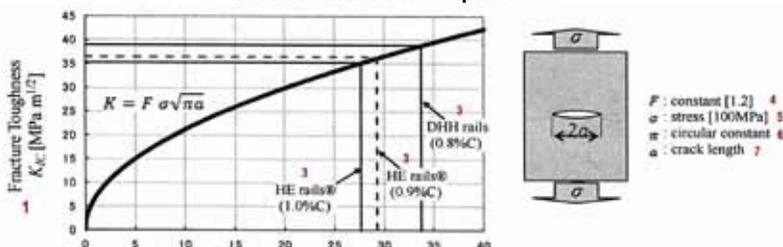
$$d\alpha/dN = C \Delta K^m$$

где  $N$  - число циклов;  $\Delta K$  - интервал интенсивности напряжений;

$C, m$  - константы материала.

Для увеличения срока службы рельсов важнее всего предотвратить зарождение усталостных трещин. Высокоуглеродистые рельсы с характерным

Рис. 7. Связь между длиной  $\alpha$  усталостной трещины и коэффициентом  $K$  интенсивности напряжений



1 - вязкость разрушения R<sub>IC</sub>, МПа·м<sup>1/2</sup>; 2 - длина усталостной трещины  $\alpha$ , мм; 3 - рельсы (указанного типа, с указанным содержанием углерода, %); 4 - константа; 5 - напряжение [100 МПа]; 6 - отношение длины окружности к диаметру; 7 - длина трещины

Таблица 4.

Типичная вязкость разрушения

Тип рельсов	K <sub>IC</sub> , МПа√м (при 0°C)	
DHH	0,8%с	39,1
HE	0,9%с	36,4
	1,0%с	35,4

Таблица 5.

Вязкость разрушения K<sub>IC</sub> и критическая длина трещины  $\alpha_c$

Тип рельсов	K <sub>IC</sub> , МПа√м (при 0°C)	$\alpha_c$ , мм	
DHH	0,8%C	39,1	33,7
HE	0,9%C	36,4	29,4
	1,0%C	35,4	27,7

ют, что рельсы HE имеют меньшую вязкость, чем рельсы DHH. Однако это не значит, что рельсы HE больше склонны к разрушению. В Nippon Steel считают, что связь между содержанием

углерода и разрушением высокоуглеродистых рельсов требует более тщательного изучения. На рис. 6 показан процесс развития усталостной трещины, приводящей к хрупкому разрушению рельса. Процесс идет в три стадии:

1) зарождение усталостной трещины; 2) распространение усталостной трещины в соответствии с законом Пэриса; 3) хрупкое разрушение.

На стадии 1 зарождается усталостная трещина, при этом ключевую роль играет прочность рельса. На рис. 5 показана связь между пределом выносливости и временным сопротивлением. В высокоуглеродистых рельсах с повышенным пределом выносливости вероятность зарождения усталостного повреждения ниже. Следует отметить также, что без зарождения усталостной трещины разрушение рельса не происходит. С этой точки зрения вели-

чина предела выносливости является надежным индикатором стойкости к зарождению усталостной трещины. Другим индикатором служит чистота стали по включениям, поскольку крупные включения могут послужить местами зарождения дефектов. На стадиях 2 и 3 усталостная трещина, которая зародилась на стадии 1, распространяется, увеличиваясь до критической длины, и происходит хрупкое разрушение. На этой стадии следует пояснить коэффициент интенсивности напряжений. При действии растягивающих напряжений  $\sigma$  в плоскости коэффициент интенсивности напряжений можно определить по формуле:

# ГРУППА СМІ: НАДЕЖНЫЕ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МИРОВОГО УРОВНЯ

**Бернар Серен**, президент,  
председатель Совета  
директоров СМІ:



*«Мы поставили перед собой задачу содействовать устойчивому промышленному развитию с выгодой для своих заказчиков, сотрудников, акционеров, обществ и планеты в целом».*

**К**омпания СМІ занимается проектированием, модернизацией и капитальным ремонтом оборудования для таких отраслей как энергетика, оборонная промышленность, черная металлургия, а также для промышленного производства в целом.

Видя свою задачу в том, чтобы улучшить экономические, технические и экологические показатели промышленного оборудования на протяжении всего срока его эксплуатации, СМІ предоставляет в распоряжение своих заказчиков многочисленные преимущества. Уникальное сочетание профессионализма в проектировании и техническом обслуживании, общепризнанный опыт реализации международных проектов, широкие географические и технологические возможности, а также внедрение технических новшеств – все это ориентировано на практические потребности наших заказчиков.

Начиная с 2002 года, компания СМІ, неустанно наращивала свои технологические возможности и расширяла географию своей деятельности. В настоящее время предметом гордости компании являются отделения, действующие в Европе, США, Бразилии, России, Индии, Китае, работа которых поддерживает международным маркетингом и сбытовой сетью. СМІ имеет полученные из первых рук надежные практические знания о странах с развивающейся экономикой, что позволяет ей эффективно работать в реальных экономических условиях в соответствии с административным регулированием этих стран.

Около 3300 сотрудников в целом составляют творческий коллектив, который в полной

мере соответствует амбициям компании. В настоящее время СМІ работает с еще более диверсифицированной клиентской базой. Независимо от специфики и индивидуальных потребностей клиентов, в нашем лице они находят лучшего партнера, обеспечивающего EPCM услуги всего спектра технологий, предлагающего решения по снижению воздействия промышленных процессов на экологию, оказывающего специализированные услуги и лидера в сфере инноваций.

## ДВА ВЕКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

В 1817 году Джон Кокерилл начал в Валлонии свою производственную деятельность в семейной фирме, которая занималась поставкой ткацких станков для прядильной промышленности. Он быстро диверсифицировал поставки, добавив доменные печи, промышленные котлы, военные корабли и многое другое. Будучи приверженцем паровых механизмов, Джон Кокерилл в 1835 году изготовил первую в Европе паровую машину. Направление деятельности было задано. Это стремление к техническим новшествам вдохновляло поколения инженеров, которые, вот уже в течение двух веков, выпускают на рынок новые устройства под маркой Cockerill. В этом перечне – двигатель конструкции Ру-

дольфа Дизеля, орудия, судовой двигатель, водотрубный котел, дизельный локомотив, котел-утилизатор для электростанций комбинированного цикла, линии по оцинковке стали, котлы для термо-солнечных электростанций. С самого начала заводы Cockerill предвидели тенденции технического прогресса и играли определяющую роль в этих сферах.

Джон Кокерилл заложил основы международного признания СМІ. Великий исследователь в промышленности, он совершил много путешествий за рубеж, всегда находился в поиске новых технологий и новых проектов. Его новаторский дух оставил след на десятилетия. В 1890 году компания Sociйtй Cockerill стала партнером первого крупного китайского сталеплавильного комплекса в г. Ханьян: осуществила проектирование оборудования, оказала консультационные услуги по привлечению капитала, сборке оборудования и приняла активное участие в профессиональной подготовке местных рабочих.

Сегодня, обладая огромным опытом в производственных процессах, движимая новаторским духом своего основателя, компания СМІ продолжает проектировать, устанавливать, модернизировать оборудование и заниматься его техническим обслуживанием по всему миру, передавая своим клиен-





там и партнерам опыт в области управления международными проектами.

С гордостью оглядываясь на свое прошлое, компания CMI также уверенно смотрит в будущее. Она ставит своей задачей содействие устойчивому промышленному развитию с выгодой для своих заказчиков, сотрудников, акционеров, общества и планеты в целом. Стремясь к достижению этой цели, CMI придерживается восьми основных принципов: сохранение качественных рабочих мест, укрепление этики и надлежащего управления, поощрение производств «зеленой» энергии, уменьшение вреда окружающей среде в промышленности, уменьшение своего экологического отпечатка, поощрение ответственного поведения с развитием на местах и обеспечение жизнеспособности группы. Призванием CMI является повышение эффективности работы оборудования, которое ей поручено проектировать, модернизировать или обслуживать.

### НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР МЕТАЛЛУРГОВ

В качестве эксперта в промышленных процессах CMI Industry проектирует, интегрирует, поставляет и модернизирует оборудование механической, термической и химической обработки и предлагает решения по повышению эффективности использования энергии.

CMI Industry поставляет для металлургов комплексы холодной прокатки и все составляющие этих линий. Данное оборудование разрабатывается с применением новейшей технологии для все более сложного производства листового проката из углеродистой стали. Некоторые из этих технологий также применимы для оборудования, предназначенного для обработки других продуктов, таких как нержавеющая сталь и сортовой прокат.

CMI Industry предоставляет EPCM обслуживание (проектирование, закупка, строительство, управление) на условиях полной установки технологической оснастки. В этой области компания полагается на свое глубокое понимание производственных процессов, инженер-

### CMI SERVICES

С персоналом более чем 1 800 специалистов, CMI Services оказывает поддержку и дает рекомендации своим клиентам для оперативного управления промышленными объектами. Компания предлагает специализированные действия и услуги для улучшения технических, экономических и экологических показателей оборудования своих клиентов.

Предложения варьируются от простого ремонта деталей до капитального ремонта объектов. Услуги также включают в себя обслуживание, специальные исследования и экспертизы. CMI Services берет на себя полное управление проектом от подготовительных исследований до ввода в эксплуатацию.

CMI Services работает с сетью местных бригад неотложной помощи, мастерских и технологических центров. Компания постоянно присутствует в Бельгии, Бразилии, Франции, Германии и Люксембурге, и периодически представлена в Северной Африке, на Ближнем Востоке и в Юго-Восточной Азии.

Благодаря все более широкому и более технологичным предложениям, CMI Services обслуживает все большее число отраслей промышленности: традиционную и атомную энергетику, металлургию, нефтехимию, железнодорожную отрасль, военную промышленность, ветроэнергетику, инфраструктуру. Кроме того, CMI Services предоставляет новое оборудование для специализированных областей (промышленных парогенерирующих котлов и маневровых тепловозов), а также промышленные компоненты или узлы (зубчатые передачи и понижающие редукторы, клапаны).

ные навыки и опыт в управлении сложными техническими проектами во всех регионах мира. В духе подлинного партнерства CMI принимает участие в работе в течение всего жизненного цикла промышленного оборудования с целью повышения его эффективности. Благодаря индивидуальным технологическим решениям, гарантируется быстрый возврат инвестиций. В частности, CMI Industry предлагает решения по снижению воздействия на окружающую среду, изменяя способ работы оборудования и, тем самым, снижая потребление энергии и выбросы загрязняющих веществ, или путем установки периферийного оборудования для уменьшения и переработки вредных выбросов, утилизации и полезного использования тепла отходящих газов. Некоторые технологии CMI могут также использоваться для уменьшения потерь.

Во всех случаях CMI Industry предлагает своим клиентам передачу знаний, учебные программы, руководство и поддержку для ввода установки в эксплуатацию или проводит аудит эффективности.

Для обслуживания своих клиентов по всему миру CMI Industry располагает технологическими центрами развития и коммерческими подразделениями в различных географических районах. Компания присут-

ствует в Китае, Европе, Индии, Латинской Америке, Северной Америке и России. Такое широкое предложение отражает решимость CMI Industry оснастить своих клиентов надежными, экономичными и экологичными промышленными инструментами, независимо от конечного продукта и его использования.

Для металлургического производства CMI Industry предлагает:

- Комплексы холодной прокатки
- Линии с редукционными и калибровочными станами с упрочнением, непрерывные прокатные станы или прокатные станы, соединенные с линией травления
- Линии покрытия и отжига
- Удаление жира, травление и линии обработки поверхности, установки регенерации кислоты, линии химической обработки
- Нагревательные печи для станов холодной прокатки (слябы – блюмы – заготовки), печи для холодного сталеварения, термообработки

Компания реализует промышленные проекты «под ключ», решения, направленные на минимизацию экологического вреда от производственных процессов, осуществляет экспертизу, проверку показателей, обеспечивает передачу ноу-хау, модернизацию эксплуатируемого оборудования.

# ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО В РОССИИ: НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ

ТЕКСТ СЕРГЕЙ ЛАЗУТКИН,  
АЛЕКСАНДР ЛАЗУТКИН,  
Группа компаний МЕТПРОМ

**Д**оменное производство в России в XX веке всегда было на передовом уровне. Строительство сверхмощных доменных печей было впервые начато в СССР. Даже сейчас в России находится самая крупная доменная печь Европы (ДП № 5 Северстали) и печь с наибольшей удельной производительностью (ДП № 5 НТМК).

В то же время показатели удельного расхода кокса и суммарного расхода топлива в России выше, чем в Европе. Средний расход кокса в Европе составляет в настоящее время около 350 кг/т, суммарный расход топлива около 500 кг/т. Для России средний расход кокса равен 440-450 кг/т.

Целью предстоящих реконструкций доменного производства является выход на современные уровни производительности, расхода кокса и энергозатрат.

Ниже приведены основные мероприятия, которые следует проводить в ходе капитальных ремонтов и при новом строительстве доменных печей.

## 1. ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДУТЯ

Современный уровень температуры дутья на доменных печах России составляет 1100–1250 °С (средняя по отрасли около 1130 °С).

После появления новой конструкции воздухонагревателей с купольной горелкой появилась техническая возможность получения температуры дутья до 1300-1350 °С с температурой купола 1400-1450 °С. Следует отметить несколько факторов, отрицательно сказывающихся на возможности дальнейшего роста температуры дутья:

а) экологический фактор. При повышении температуры



НТМК: доменная печь с наивысшей удельной производительностью в мире. Построена за 21 месяц, включая проектные работы.

Мировое производство чугуна в 2010 г. составило 1,03 миллиарда тонн. Россия прочно удерживает третье место в мире после Китая и Японии с производством 48,4 млн т.

Конвертерный передел сохраняет лидирующие позиции в мировом производстве стали, несмотря на постоянный рост электрометаллургии.

Доля чугуна в структуре себестоимости интегрированных металлургических заводов составляет обычно не менее половины от конечной продукции.

В связи с этим есть ряд вопросов, на которые необходимо ответить в свете поддержания конкурентоспособности предприятий российской металлургии:

- каков технический уровень доменного производства России, что будет, сколько стоит, как строить?
- какие показатели доменной плавки являются перспективными?

под куполом выше 1300 °С начинается образование оксидов азота  $NO_x$ . При увеличении температуры сверх этого предела начинается резкий рост  $NO_x$  в дымовых газах;

б) увеличение температуры дутья требует использование более дорогих огнеупоров;

в) экономический эффект снижения расхода кокса не пропорционален росту температуры дутья. Чем выше температура дутья, тем меньше коэффициент снижения расхода кокса.

Все эти факторы показывают, что существует определен-

ный предел увеличения температуры дутья, который находится примерно на уровне 1250-1300 °С.

## 2. ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ ПОД КОЛОШНИКОМ

На лучших доменных печах в России давление под колошником находится в пределах 0,2–0,25 МПа (изб). Современное поколение доменного оборудования на воздухонагревателях, доменной печи, газоочистке рассчитано на давление

0,2–0,3 МПа под колошником. Переход на более высокое давление возможен, но потребует разработки серии нового оборудования, что экономически вряд ли будет оправдано.

## 3. ОБОГАЩЕНИЕ ДУТЯ КИСЛОРОДОМ

Обогащение дутья кислородом осуществляется в России практически на всех крупных предприятиях. Имеется отчетливая тенденция снижения содержания кислорода в дутье. Это связано с экономическими фак-

торами – на большинстве предприятий и без высокого обогащения дутья получают требуемое количество чугуна для заданного производства стали. Следует отметить, что самый дешевый кислород для вдувания в доменные печи – это кислород воздуха. Любые добавки дополнительного кислорода в принципе только увеличивают себестоимость чугуна. Поэтому в настоящее время содержание кислорода в дутье находится на уровне 25-26 % и только на отдельных предприятиях достигает уровня 28-30 %.

В целом средний уровень обогащения дутья сократился по сравнению с восьмидесятыми годами примерно на 20%. Эта тенденция, по-видимому, будет сохраняться в связи с переходом на вдувание пылеугольного топлива, которое требует меньшего обогащения дутья кислородом.

**4. ВДУВАНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК**

Практически все доменные печи в России осуществляют вдувание природного газа (средний расход 95-96 м<sup>3</sup>/т). Максимальные показатели достигнуты в ОАО «Северсталь» (125 м<sup>3</sup>/т) и ОАО «Мечел» (110 м<sup>3</sup>/т).

В настоящее время ведется строительство установок вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) в доменных цехах № 1 и 2 НЛМК, НТМК и ЗСМК. На всех установках использовано оборудование фирмы Paul Wurth, рабочее проектирование комплекса выполняет МЕТПРОМ-ПРОЕКТ. Установки рассчитаны на вдувание до 180 кг/т ПУТ.

Расчетный уровень расхода кокса снижается до уровня 300-350 кг/т, что весьма существенно снизит себестоимость чугуна.

В настоящее время стоимость природного газа ниже стоимости угля. Экономический эффект на данном этапе достигается за счет того факта, что уровень вдувания ПУТ выше, чем природного газа.

Стоимость природного газа в настоящее время является, наверное, единственной рыночной стоимостью – в отличие угля и кокса. Эта ситуация вряд ли может быть долговременной. Имеется тренд на выравнивание

	1 год				2 год			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Принятие решения о строительстве	■							
Разработка утверждаемой части проекта	■	■						
Выдача спецификаций на оборудование и материалы длительного изготовления	■							
Геологические и геодезические изыскания	■							
Прохождение экспертизы проекта		■	■					
Разработка рабочей документации на строительство		■	■	■				
Изготовление оборудования и материалы длительного цикла поставки		■	■	■	■			
Подготовка территории, выбор подрядчиков, выполнение ПОР		■	■	■				
Изготовление металлоконструкций и оборудования		■	■	■	■	■		
Строительно-монтажные работы				■	■	■	■	■
Пуско-наладочные работы							■	■
Пуск в эксплуатацию								■

Рис. 1. Современный график строительства доменной печи

внутренней и внешней стоимости природного газа. Наши соседи на Украине уже запустили первую новую установку вдувания ПУТ на Алчевском заводе, другие украинские заводы ведут строительство.

**5. НОВОЕ СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Среди современного оборудования следует особо отметить следующее.

**Загрузочное устройство лоткового типа.** Наиболее распространено устройство фирмы Paul Wurth. Имеются конкурентные системы у фирм Азовмаш, TOTEM, Vitcovice, Zimmerman&Jansen, Siemens VAI, китайских производителей. Экономия расхода кокса при установке обычно составляет 3–4%.

**Установка более эффективных грохотов.** Установленные на большинстве заводов грохота часто малоэффективны и работают как питатели. Кроме того, на ряде заводов сохранилась подача железорудной части вагон-весами без отсева шихты.

Подводя итоги относительно возможности совершенствования технологии, можно отметить, что по ряду показателей современные доменные печи уже в основном исчерпали резервы по увеличению производительности и снижению расхода кокса. Будущие параметры работы доменных печей будут находиться в следующих интервалах:

- удельная производительность – 2,5-3 т/м<sup>3</sup> печи в сутки или 70-80 т/м<sup>2</sup> горна в сутки;
- расход кокса – 300–350 кг/т;

- расход пылеугольного топлива – 160-200 кг/т;
- обогащение дутья кислородом – нормально до 25 % с возможностью интенсификации до 30%;
- температура дутья – 1250–1300 °С.
- давление газов под колошником – 0,25-0,3 МПа;

**ЧТО СТРОИТЬ?**

Парк доменных печей на предприятиях России сильно изношен. Большинство их построено в 50-60-е годы. Модернизация этих печей затруднительна в связи с крайним износом и технической отсталостью инженерных систем. В связи с этим при реконструкциях осуществляется практически новое строительство на старом месте (Тулачермет – ДП №1, НТМК – ДП № 5, Северсталь – ДП №3) или строится новая доменная печь (НЛМК – ДП №7).

Причиной строительства крупных доменных печей (НЛМК – ДП № 7 объемом 4300 м<sup>3</sup>, Северсталь – ДП №3 объемом 3800 м<sup>3</sup>), является понимание, что вводимый современный новый объект стоит дешевле, чем коренная реконструкция нескольких старых печей.

Для малых заводов по производству чугуна более целесообразна практика последовательной реконструкции («Тулачермет», Косогорский металлургический завод, завод «Свободный Сокол»). Это связано с нестабильностью рынка потребления чугуна и потребностью марочного состава. Эти заводы имеют, как правило, не-

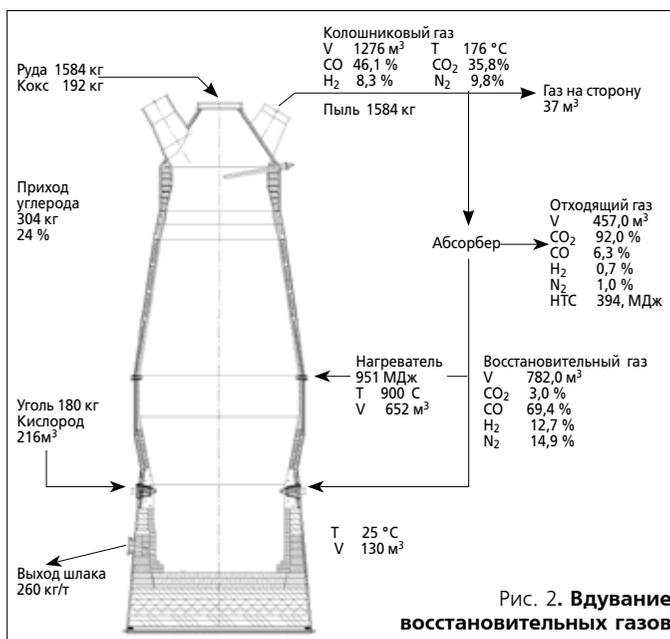


Рис. 2. Вдувание восстановительных газов



**НЛМК – новая сверхмощная доменная печь, пущена в 2011 г.**

сколько доменных печей разного объема, что позволяет им более оперативно отвечать на потребности спроса.

Новое возможное направление – строительство малых доменных печей объемом 200–500 м<sup>3</sup> в составе предприятий, где установлены ДСП. Жидкий чугун используется в электросталеплавильных цехах «Северстали», «Уральской Стали», Metallургического завода им. Серова. При этом сокращается расход электроэнергии и увеличивается производительность электропечей. В связи с вероятным дефицитом лома возможно строительство малых доменных печей на мини-заводах по переработке лома.

### КАК СТРОИТЬ?

В России доменные печи традиционно строят без генерального подряда с организацией строительства и финансированием силами металлургического предприятия.

Комплексное строительство «под ключ» пока не используется, хотя отдельные объекты комплекса доменной печи на основе «под ключ» уже строятся (доменная печь № 7 НЛМК). Кроме того, практикуется ключевая поставка оборудования объектов (без монтажа).

В опыте ключевых объектов уже имеются как положительные примеры, так и сугубо негативные, когда подрядчик не может осуществить принятые обязательства и срывает срок пуска объекта.

Строительство объектов «под ключ» примерно на 10–15 % более затратно, чем строительство собственными силами (при наличии таких сил). К сожалению, за последние 20 лет на предприятиях были разрушены управления капитального строительства и, по-видимому, восстановление этих структурных подразделений в прежнем виде не произойдет.

Тем не менее, при наличии правильной организационной структуры капитальные затраты на строительство и сроки могут быть минимизированы за счет правильного менеджмента. Так, доменная печь № 5 НТМК объемом 2200 м<sup>3</sup> была спроектирована и построена за 21 месяц с применением совмещения проектирования и строительства (менеджер С.В.Филатов) без

превышения бюджета. К сожалению, этот пример пока единичен. При отсутствии хорошего менеджмента объекты нужно строить на основе «под ключ» и лишние 10–15 % затрат при этом окупятся многократно.

Оптимальным с точки зрения ведения проектов «под ключ» является новая форма – «интегрированный ключ». В этой схеме заказчик по тендеру закупает основное технологическое оборудование и заключает прямой контракт на строительные работы. Подрядчик «интегрированного ключа» обеспечивает выполнение проектирования, предоставляет все необходимые тендерные спецификации на основное технологическое оборудование, производит закупку металлоконструкций, вспомогательного оборудования, строительных материалов, осуществляет шефмонтаж в поставленные сроки. Такая модель позволяет заказчику напрямую контролировать более 70% денежных средств в проекте, но передать подрядчику ответственность за техническую сторону проекта, с которой связаны основные финансовые и временные риски. Дополнительно, модель «интегрированного ключа» предполагает, что основная административная нагрузка, связанная с заказом, закупкой и своевременной поставкой огромного количества второстепенного оборудования, материалов и конструкций, будет в ответственности подрядчика. Обычно увеличение стоимости второстепенного (инфраструктурного) оборудования и материалов (по сравнению с бюджетом общей стоимости проекта) вызвано значительной инфляцией. Таким образом, заключение контракта на «интегрированный ключ» на условиях фиксированной цены во многих случаях позволяет избежать проблем с непредвиденным увеличением расходов на проект.

Основным фактором для успешной реализации проекта является совмещение проектирования и строительства. Рассмотрим два варианта реализации проекта:

1) последовательное проектирование и строительство. Этот способ пришел из бывшего СССР, где сначала требовалось выполнить проект, и только потом его реализовывать. Так, по нормам Госстроя СССР, строитель-

сти проектирования установок с вдуванием восстановительных газов. Эта технология была впервые опробована на НПО «Тулачермет» в 80-е годы и должна была быть окончательно внедрена в начале 90-х. Был разработан проект, частично закуплено оборудование, но внедрение было остановлено начавшейся в стране перестройкой.

В настоящее время время идет исследование этой технологии на малой доменной печи в исследовательском центре в Лулео (Швеция), ее внедрение планируется на заводе Айзенхуттенштадте (Германия). Общая схема приведена на рис. 2. Суть технологии – в отделении CO<sub>2</sub> из колошникового газа в адсорбере, после которого восстановительный газ вдувается обратно в доменную печь. Восстановительный газ при этом вдувается в шахту и в фурменные приборы. Кроме того, в фурменные приборы вдувается угольная пыль совместно с кислородом. Расход кокса по этой технологии должен понизиться до 192 кг/т.

Разрабатываются другие плавильно-восстановительные процессы – HISMELT, ROMELT, ISARNA и т.п., которые могут стать альтернативой доменному процессу.

К сожалению, в России сейчас отсутствует заинтересованность в разработке новых технологий. Вероятно, нам опять придется покупать за рубежом разработки, по которым в России имелся приоритет.

### ВЫВОДЫ

Себестоимость чугуна на металлургических предприятиях составляет обычно не менее половины затрат на конечную продукцию. Поэтому все меры, направленные на снижение расхода кокса, напрямую снижают стоимость стального проката. Металлургические компании России для поддержания конкурентоспособности обязаны проводить реконструкцию доменного производства, направленную на снижение расхода кокса и энергоемкости процесса. Невозможно быть конкурентоспособным при расходе кокса на 100 кг выше, чем в Европе. Во главу угла должна быть поставлена не максимальная производительность, но минимальная себестоимость чугуна. **ИП**

ство новой доменной печи объемом 3200 м<sup>3</sup> должно было осуществляться за 61 месяц, в том числе 28 месяцев отводилось на проектные работы и экспертизу. В современных условиях это означает замораживание значительных средств и удорожание в связи с инфляцией и общим ростом капитальных затрат.

2) совмещенное проектирование и строительство. Этот метод осложняется в настоящее время необходимостью разработки утверждаемой части и увеличением сроков проведения экспертизы (минимально 3 месяца). Общая продолжительность проекта может составлять около 24 месяцев. Примерный график строительства приведен на рис. 1.

### СКОЛЬКО СТОИТ?

Долгое время существовала генеральная расценка стоимости строительства объектов центрального узла доменной печи – в долларах на годовое производство чугуна новой доменной печи. Например, комплекс доменной печи производительностью 1 млн т/год должен стоить около 100 млн долл. Этот показатель оставался в основном верен в конце XX века. В настоящее время сильно выросли показатели стоимости основных строительных материалов, огнеупоров, монтажные работы и оборудование. Сейчас этот показатель лежит в диапазоне от 150 до 200 долл., в зависимости от типа выбранного оборудования и правильности организации строительства.

Стоимость может вырасти, если в объекты комплекса добавляются дороги, склады сырья и галереи его подачи, ТЭЦ, кислородная станция и др.

### ЧТО В ПЕРСПЕКТИВЕ?

Наиболее перспективные разработки усовершенствования технологии сейчас лежат в обла-

# ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКОГО КОЛПАКА И УГЛЕРОДИСТОЙ ФУТЕРОВКИ ГОРНА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ОБЪЕМОМ 5800 М<sup>3</sup>

ТЕКСТ ДЖИАН ЛИУ, ВЕЙДОНГ ВАНГ, ЙИН ФАНГ, *Shagang Group Company*  
РУИТУ КСУ, РУШЕНГ ХЕ, ЁНГУО КАП, *REAL Nonmetallic Materials Co., Ltd*  
РОУРИ МАК-НЭЛЛИ, *Saint Gobain Savoie Refractaires*  
СТЕФАН БАСИСТА, *SGL Carbon Group*

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Доменная печь объемом 5800 м<sup>3</sup> на предприятии фирмы Shagang Group, находящейся в городе Жангджияганг (Zhangjiagang) примерно в 100 км от Шанхая, в настоящее время является доменной печью с крупнейшим в мире объемом. Общая базовая конструкция данной печи была создана китайской проектной фирмой WISDRI. Футеровка горна, диаметр которого составляет 15300 мм, была разработана и поставлена фирмами Real Savoie Refractories и SGL.

Имеется 40 фурм и 3 выпускных отверстия. Система охлаждения днища состоит из 78 стальных труб, установленных над опорной плитой. В охлаждающих устройствах, обеспечивающих охлаждение первого сегмента горна и участка вокруг каждого выпускного отверстия, есть медные холодильные плиты. Остальные части горна охлаждаются традиционными литыми чугунами холодильными плитами. Полная система с циркулирующей охлаждающей водой используется при расходе воды 5660 м<sup>3</sup> в час. В горне есть огнеупорная футеровка, причем отметить «комплексный керамиче-

ский колпак», состоящий из стены керамики CORANIT AL, корундовые кирпичи на сиалоновой связке, поставленные фирмой Savoie Refractaires, и подшоша из керамических блоков RL-70MLC при качественном муллите, причем применяется вся связанная конструкция, поставленная фирмой REAL. Позади керамического колпака устанавливаются супермикропористые углеродистые блоки 9RD-N, поставленные фирмой SGL.

Доменная печь была задута 20 октября 2009 г. Основные производственные данные, определенные при эксплуатации, приведены на рис. 1. По этим данным можно отметить, что через 3 месяца после задувки производительность этой доменной печи достигает уровня 2,0 т чугуна/ (м<sup>3</sup>·сутки), и давление на колошнике достигает почти 0,25 МПа.

К сожалению, из-за несчастного случая с трубопроводом горячего дутья эту доменную печь приходилось эксплуатировать при очень низкой производительности более месяца. Затем ее окончательно остановили 19 марта 2010 г. на 9 суток для ремонта. Повторный ввод в эксплуатацию со-



стоялся в конце марта, и перед первым выпуском чугуна операторы беспокоились по поводу того, что надо обеспечить его плавное вытекание. Благодаря подходящим теплоизолирующим характеристикам керамического колпака физическое тепло хорошо сохранялось в горне в течение остановки данной доменной печи, и температура чугуна все еще была достаточно высокой. Поэтому выпуск был очень плавным, и цвет чугуна был все еще довольно ярким. Затем производительность доменной печи очень быстро вернули на высокий уровень, причем в течение месяца производитель-

ность составляла примерно 2,2-2,3 т чугуна/ (м<sup>3</sup>·сутки), и давление на колошнике превышало 0,27 МПа. Максимальная суточная производительность составляла 14000 т при давлении на колошнике 0,28 МПа.

Выбор огнеупорной футеровки днища и горна

В начале стадии проектирования посчитали, что продолжительность кампании этой доменной печи должна составлять не менее 20 лет. Поэтому заказчик потребовал, чтобы все элементы и оборудование – такие, как внутренний профиль этой доменной печи и особенно огнеупорная футеровка днища и горна, охлаждающие устрой-

Рис.2. Боковая стена из керамики CORANIT AL, поставленной фирмой Saint Gobain Savoie Refractories

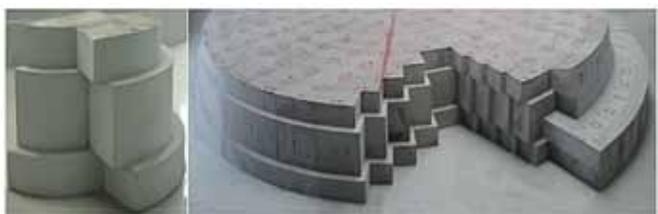


ства и система охлаждения и т.п. – были выбраны таким образом, чтобы они обеспечили выполнение данной задачи.

В целях выбора огнеупорной футеровки днища и горна, позволяющей обеспечить

вания углеродистых блоков или кирпичей пришли к следующему заключению. Следует выбрать углеродистые блоки самого лучшего качества такие, как супермикропористые марки 9RD-N, поставляемые фир-

Рис.3. Двухнаправленная ступенчатая подошва из керамики RL-70MLC, поставленной фирмой REA



проектную продолжительность кампании, провели много исследований. Был осуществлен обмен технической информацией о механизме износа огнеупоров днища и горна, о подходящем качестве огнеупорных материалов и стабильной конструкции футеровки и т.п. при тесном сотрудничестве с заказчиком, проектировщиком футеровки и потенциальными поставщиками материалов. После всеобъемлющего сравнения различных технических решений в области футеровки горна с учетом основных факторов, приводящих к быстрому износу футеровки, и эффективного метода продления времени безопасного функциониро-

мой SGL. Надо также построить керамический колпак со структурой, которая стабильна в течение продолжительного времени, и со способностью «полного уплотнения», позволяющей изолировать эти углеродистые блоки от «не насыщенного углеродом» чугуна. Основная функция этого керамического колпака заключается в обеспечении защиты углеродистых блоков от растворения чугуном. Создание такой комбинации характеристик является оптимальным техническим решением, позволяющим обеспечить реальный продолжительный срок службы горна и, тем самым, удлинить кампанию доменной печи. Поэто-

му решили добиться сочетания супермикропористых углеродистых блоков и «комплексного керамического колпака» с отличной структурной стабильностью. Таблица 1. Физические и химические свойства материалов

Материалы	Единицы	9RD-N	CORANIT AL	RL-70MLC
Химический состав				
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%		89	71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%			0,8
Азот	%		4,8	
Содержание золы				
(включая керамические добавки)	%	23		
Физические характеристики				
Объемная плотность	г/см <sup>3</sup>	1,7	3,2	2,9
Открытая пористость	%	19	14	11
Прочность при сжатии	МПа	50	150	70
Предел прочности при изгибе при 20°	МПа		12	
Удельная теплопроводность				
При 30°	Вт.м <sup>-1</sup> .К <sup>-1</sup>			
При 1000°				
20		2,2		
Огнеупорность при нагрузке 0,2 МПа: 0,5% при			>1700	>1620
Коэффициент теплового расширения	μм/(К.м)	2,7	5	6
Доля пор ≥ 1μм	%	1,7		
Испытание на щелостойкость	классификация	U	U	

ностью, и обеспечение такого сочетания посчитали общим принципом выбора огнеупорной футеровки горна.

В частности, посчитали, что при формировании кладки из эффективных теплоизолирующих кирпичей с продолжительным сроком службы между углеродистыми блоками и чугуном следует не ограничиваться простой установкой слоев стандартных маленьких керамических кирпичей перед горячей (рабочей) поверхностью футеровки из углеродистых блоков. Такая конструкция кладки кирпичей не является стабильной, так что трудно сохранить устойчивость положения кирпичей в течение продолжительного времени. После исчезновения кирпичей больше не существует возможность изолирующего слоя защитить углеродистые блоки. В доменной печи объемом 5800 м<sup>3</sup> применяется специально спроектированное керамическое устройство. Оно известно под названием «комплексный керамический колпак», который состоит из боковой стенки с корундовыми кирпичами CORANIT AL специальной формы на сиалоновой связке, поставляемые фирмой Saint Gobain Savoie

Refractories, и керамической подошвы с муллитовыми блоками RL-70MLC при запатентованной однослойной двухнаправленной ступенчатой конструк-

ции, обеспечиваемой фирмой REAL Nonmetallic Materials Co. в Китае. При такой конструкции эта подошва устанавливается в концентрической круговой системе больших блоков с двухнаправленной ступенчатой формой. На рис. 2 показана боковая стена из керамики CORANIT AL, а на рис. 3 показана двойная ступенчатая подошва из керамики RL-70MLC. На рис. 4 показана общая конструкция футеровки горна.

В табл. 1 приведены основные физические и химические свойства материалов, использованных в горне.

**ПРИМЕНЕНИЕ ФУТЕРОВКИ ДНИЩА И ГОРНА**

Размещение термопар. Чтобы можно было контролировать температуру футеровки и определять характер износа, установили 452 термопары в 12 слоях днища и горна, включая 228 термопар в 4 слоях днища и 224 термопары в 8 слоях горна. Критические положения термопар показаны на рис. 5. На критическом участке термопары расположены в двух кольцах на каждом уровне. Есть 14 точек в каждом кольце с хорошим расположением термопар.

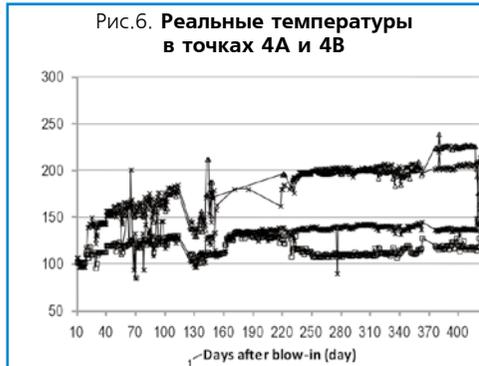
Рис.4. Общая конструкция футеровки горна



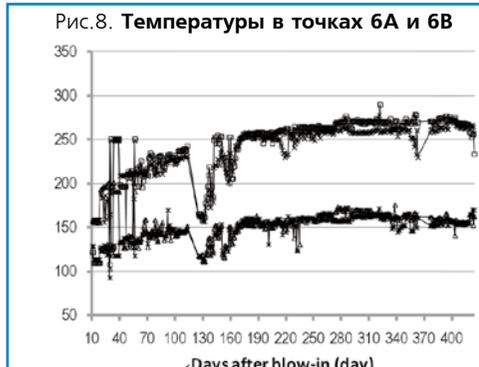
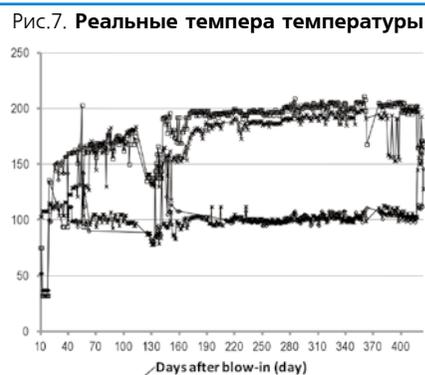
- 1 – двухнаправленная ступенчатая подошва из керамики;
- 2 – боковая стена из керамики CORANIT AL;
- 3 – супермикропористые углеродистые блоки марки 9RD-N;
- 4 – фурменные блоки;
- 5 – микропористые углеродистые блоки;
- 6 – графитовые блоки

Расстояние между А и В на 4-ом и 5-ом уровнях составляет 600 мм, на 6-ом, 7-ом и 8-ом уровнях оно равно 450 мм. На всех уровнях расстояния от точки А до холодной поверхности углеродистых блоков составляют примерно 410-490 мм.

Распределение температур на участке «слоновой ноги». На рис. 6, 7, 8 и 9 показаны реальные данные термопар, расположенных на двух сторонах участка второго выпускного отверстия на всех четырех уровнях участка «слоновой ноги», отмеченные в течение 400 суток со времени задувки (на этих рисунках по оси ординат отложены температуры, а по оси абсцисс – периоды в сутках со времени задувки. Можно отметить, что на участке «слоновой ноги» даже в положениях, близких к выпускному отверстию, температуры повысились до определенной величины в течение первых трех месяцев после задувки, а затем сохранились на очень стабильных уровнях. Температуры в точках В на 4-ом и 5-ом уровнях постоянно составляли примерно 200°C,



1 – Время после задувки (дни)



1 – Время после задувки (дни)



температура в точке В на 6-ом уровне постоянно составляла примерно 250°C, и температура в точке В на 7-ом уровне постоянно составляла примерно 300°C. Отметим, что точки В расположены на расстоянии примерно 1000 мм от холодной поверхности углеродистых блоков, и при этом можно легко указать, что после 400 суток

работы доменной печи при высокой производительности, как это упоминалось выше, почти не было износа на этом критическом участке.

Изменение температур днища и стены горна. На рис. 10 показано распределение температур в днище и стене горна 20 декабря 2010 г., через 14 месяцев после задувки, на рис. 11 показано распределение температур 31 июля 2011 г., т.е. 7 месяцев спустя. Сравнивая данные на этих двух рисунках, можно отметить следующее:

а. По вертикали вдоль стены горна за 7 месяцев (с 14-го по 21-й месяц после задувки) температуры почти не изменились. Данные термопар показывают, что все температуры находятся на очень низком уровне. Также отметим, что изменение данных различных термопар вдоль стены является очень малым. Это означает, что вся футеровка стены находится в гомогенном состоянии, и почти не было износа после работы доменной печи в течение двух лет при очень высокой эффективности производства.

б. Благодаря двойному расположению термопар на одном и том же уровне по радиальному направлению можно рассчитать (по разнице данных двух



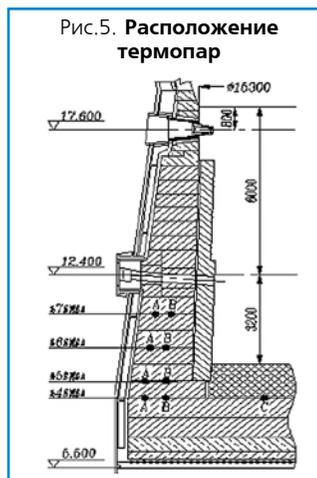
соседних термопар) и температуру горячей поверхности углеродистых блоков, и температуру горячей поверхности керамической стены. Можно отметить, что температура на участке зазора углеродистыми блоками и керамической стеной увеличилась с 390°C до 538°C за эти 7 месяцев, но температура горячей поверхности керамической стены составляет всего 1100°C, и она все еще ниже температуры затвердевания чугуна. Это в основном обусловлено хорошей удельной теплопроводностью супермикропористых углеродистых блоков 9RD-N. Есть некоторая липкая затвердевшая «настыль» на горячей поверхности керамической стены. Эта стена защищена от износа и все еще находится в невзысканном состоянии.

с. В днище температура под двунаправленной ступенчатой подошвой из керамики в центральной позиции составляет 531°C на рис. 10 и 538°C на

рис.11. 800°C – изотерма расположена внутри этой керамической подошвы. За 7 месяцев работы температура изменилась только на 7 градусов, расположение этой изотермы в днище является очень стабильным. На горячей поверхности подошвы предсказанная температура все еще не выше температуры чугуна, поэтому подошва все еще является «новой».

При тепловом расчете по данным термопар можно предсказать перемещение изотермы. Расчет показывает, что скорость перемещения изотермы у горячей поверхности участка «слоновой ноги» составляет менее 3 мм/месяц, и скорость перемещения изотермы по керамической стене составляет менее 2 мм/месяц. Соответственно, эти скорости перемещения можно также считать скоростями износа огнеупорной футеровки.

Эта информация дает хорошее представление о том, что отмечается тенденция к обе-



спечению очень продолжительного срока службы футеровки. Данные о футеровке горна при их сочетании с данными о «комплексном керамическом колпаке и хорошем качестве углеродистых блоков обуславливают данные об отличном результате применения огнеупоров.

**Выводы**

1. Техническое решение, предусматривающее сочетание «комплексного керамического колпака» и супермикропористых углеродистых блоков, было выбрано для случая футеровки днища и стены горна доменной печи объемом 5 800 м3 на предприятии фирмы Shagang Group. Со времени задувки этой доменной печи постоянно отмечалась очень высокая эффективность ее работы, за исключением короткого периода работы при низкой производительности, обусловленного несчастным случаем с трубопроводом горячего дутья. Теплоизолирующая характеристика керамического блока играет важную роль в деле плавного возврата доменной печи к нормальному высокоэффективному производству после того, как она была остановлена примерно на 10 суток.

2. Отмеченное оптимальное техническое решение предусматривает выбор углеродистых блоков хорошего качества и строительство стабилизированной конструкции с керамическим колпаком, обеспечивающим «полное уплотнение», чтобы можно было изолировать углеродистые блоки от «не насыщенного углеродом» чугуна в горне, и эти мероприятия имеют важное значение. Однако создание кладки кирпичной путем

простой установки слоев стандартных маленьких керамических кирпичей перед горячей поверхностью углеродистых блоков не приводит к стабильной футеровке. Нужный «комплексный керамический колпак» состоит из боковой стены с корундовыми кирпичами CORANIT AL специальной формы на силановой связке. Также применили керамическую подошву из муллитовых блоков с запатентованной двунаправленной ступенчатой однослойной конструкцией.

3. Чтобы можно было контролировать температуру футеровки и определять характер износа, установили 452 термопары в 12 слоях футеровки днища и стены горна. Данные термопар показывают, что даже на участке «слоновой ноги», близком к выпускному отверстию, температуры сохранялись на очень стабильных уровнях от 200°C до 300°C. После 400 суток работы доменной печи при высокой производительности почти не было износа на этом критическом участке.

4. За период с декабря 2010 г. до июля 2011 г. изменение температур в углеродистой стене было очень малым. Температура горячей поверхности углеродистых блоков составляет примерно 540°C, и предсказывают, что температура горячей поверхности керамической стены равна 1100°C, и она все еще ниже температуры затвердевания чугуна. Это в основном обусловлено очень хорошей удельной теплопроводностью углеродистых блоков, причем может затвердеть липкая «настыль» на горячей поверхности керамической стены. Футеровка стены находится в почти изношенном состоянии после работы доменной печи практически в течение двух лет при очень высокой эффективности производства.

5. В днище температура под двунаправленной ступенчатой подошвой из керамики в центральной позиции составляет 540°C. Положение изотермы в днище является очень стабильным. На горячей поверхности подошвы предсказанная температура все еще не выше температуры чугуна, поэтому почти нет износа подошвы после двух лет работы.



Рис.10. Распределение температур 20 декабря 2010 г.

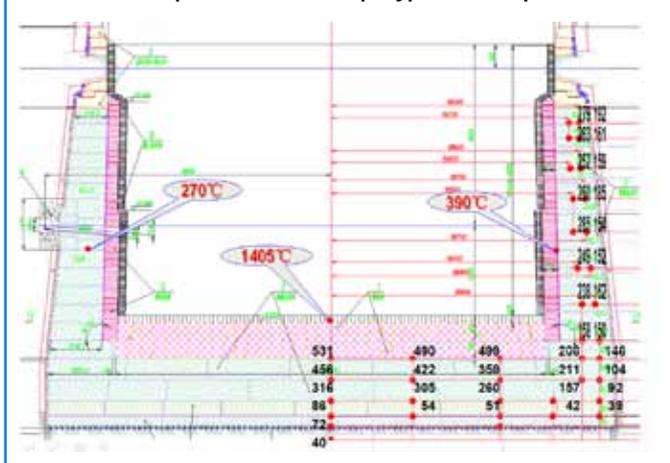
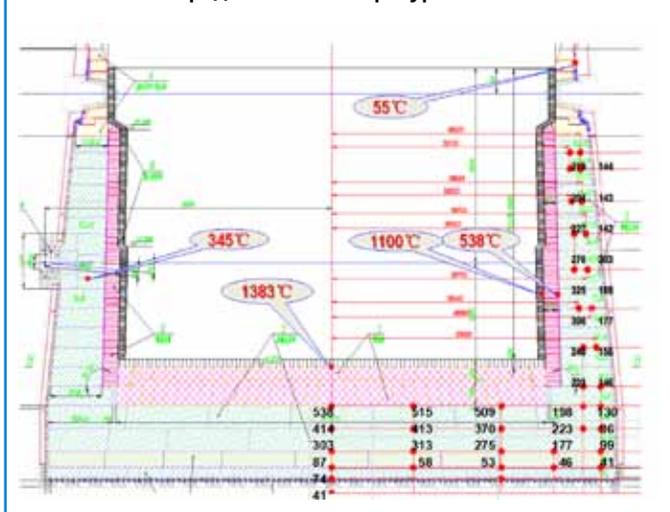


Рис.11. Распределение температур 31 июля 2011 г..





Еще в 1938 году компания Zwick в Ульм-Айнзингене начала производить оборудование для проведения испытаний. За несколько десятилетий она стала ведущим производителем машин для испытания материалов во всем мире. Ассортимент продукции этого предприятия, богатого традициями, включает машины проведения испытаний на растяжение и изгиб, а также испытаний давлением на пробах материалов, узлах и компонентах. Чтобы испытательные системы могли работать круглосуточно и с постоянной точностью, компания Zwick автоматизировала транспортировку проб с помощью роботов KUKA.

# ИСПЫТАНИЕ НА РАЗРЫВ С ТЕХНИКОЙ KUKA

## ПРИ ИСПЫТАНИИ МАТЕРИАЛОВ КОМПАНИЯ ZWICK ПОЛАГАЕТСЯ НА НАДЕЖНОСТЬ РОБОТОВ KUKA

**П**ульты дистанционного управления и мобильные телефоны приятно и удобно лежат в руке именно благодаря скучным процессам в области исследования материалов. Производители определяют свойства, которые должен иметь материал, используемый для производства. Часто нужно провести большое количество испытаний, чтобы достичь требуемых результатов. Среди клиентов Zwick – крупнейшие производители стали в мире и многие производите-

ли пластмасс, ставшие известными именно благодаря своим машинам для испытания материалов.

### НАДЕЖНАЯ ТРАНСПОРТИРОВКА ПРОБ С ПОМОЩЬЮ РОБОТА KUKA

В компании Zwick роботы KUKA используются для транспортировки проб. Робот перемещает пробы из точки А в точку В. Пробой может быть металлическая деталь, стальная полоса, инсулиновый

шприц в виде ручки или даже компонент медицинского прибора. Испытаниям также подвергаются стальные заготовки длиной до 700 мм и весом до 15 кг. Проба разрывается на 80-90%. Получаемые в результате параметры регулирования впоследствии вводятся в производственную установку для дальнейшей оптимизации. И тут совершенно неважно, что это будет: сталепркатный цех, машина для литья под давлением или машина для изготовления инсулиновых шприцов.

## МАКСИМАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ В ИЗМЕРЕНИЯХ

Для испытания материалов нужна максимальная точность. При малейшем отклонении во время движения изменяются показатели материала. Поэтому уже более десяти лет компания Zwick автоматизирует свои машины для испытания материалов с помощью роботов KUKA. С помощью роботизированной испытательной системы специалисты пытаются свести отклонения к минимуму. Основная задача робота KUKA – точная укладка и позиционирование проверяемого материала. Только при наличии роботизированной системы испытание материалов становится по-настоящему воспроизводимым процессом без потери данных с четко определенными циклами.

Доход, который приносят испытания, за последние годы существенно возрос. В то же время количество сотрудников в лаборатории постоянно уменьшается. Теперь освободившиеся сотрудники могут заняться работой, направленной на создание добавленной ценности продукции компании. Монотонные работы и постоянно повторяющиеся процедуры, требующие максимальной точности, надежно выполняются роботом KUKA – если нужно, даже круглосуточно.

## ПРОБА НАДЕЖНО ДОСТАВЛЯЕТСЯ ИЗ ТОЧКИ А В ТОЧКУ В

При испытании материалов в области обработки пластмасс температура имеет решающее значение: При прикосновении к пробе рукой под воздействием температуры тела меняется характеристика материала. Поэтому проведение испытаний вручную всегда проблематично. Специалисты пытаются устранить этот отрицательный эффект, используя роботизированный манипулятор, доведенный до комнатной температуры.

Обычно испытание длится от одной до трех минут. Раньше испытания материалов про-



водились вручную. Разумеется, результаты не всегда были точными. Мы видим, что основное внимание уделяется точности робота. Каждое испы-

тание нормировано, скорость фиксированная. Самое важное, чтобы проба надежно и точно доставлялась из точки А в точку В.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ – ВО ВСЕМ МИРЕ

В большинстве случаев клиенты Zwick проводят стандартизированные испытания. Основная цель – снижение затрат. В испытательных системах Zwick роботы KUKA на 80% используются для разрушающих и на 20% для неразрушающих испытаний материалов. Используются преимущественно роботы типов KR 6, KR 30 и KR 60. Компания Zwick смонтировала около сотни автоматизированных систем, которые сегодня эксплуатируются в разных уголках мира.

С помощью эффективной и открытой концепции управления от KUKA компания Zwick может адаптировать испытательные установки под специфические требования конечных клиентов. Кроме того, имеется множество опций для расширения, с помощью которых роботов можно без проблем адаптировать под изменяющиеся или новые задачи.

Компания Zwick фокусируется на точной работе со стабильной повторяемостью. Сотрудники компании убеждены в том, что, достигнув успеха, они были правы. Покупка роботов KUKA была правильным решением. 



**КУКА**  
Промышленные роботы

**Высокая производительность**  
**Надежность**  
**Гибкость**  
**Грузоподъемность от 3 до 1000 кг**

- Разработка состава и компоновки робототехнического комплекса (РТК)
- Программирование и монтаж РТК
- Обучение персонала и сервисное обслуживание



ООО «КУКА Роботикс Рус»  
107143, г.Москва, ул.Верная, д.8, стр.1, тел.: (495) 781-31-20  
e-mail: info@kuka-robotics.ru, www.kuka-robotics.ru

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ФИРМЫ FUCHS ДЛЯ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

**Повышение расходов на энергию (электроэнергию, а также ископаемые энергоносители) и на сырьевые материалы вызывает потребность в том, чтобы производители стали проводить мероприятия по уменьшению своих расходов на передел с целью обеспечить свою конкурентоспособность. Оказалось, что использование химической и скрытой энергии отходящего газа позволяет уменьшить общие потребности в энергии при эксплуатации электродуговой печи.**

**Х**орошо зарекомендовавшие себя процессы предварительного нагрева лома такие, как процесс Consteel (CS), разработанный фирмой Techint, процесс ECWS (с системой бесконечной загрузки), разработанный фирмой Danieli и процесс FS с печными шахтными системами (с одной шахтой, двойной

шахтой и шахтой с пальцевыми устройствами), разработанный фирмой Fuchs, используются при эксплуатации печей во всем мире. Приблизительно 50 электродуговых печей во всем мире работают с применением систем предварительного нагрева лома.

Фирма Fuchs Technology AG, находящаяся в Швейца-

рии, недавно ввела в эксплуатацию еще одну печь с системой предварительного нагрева лома – Continuous Optimized Shaft System (COSS). Эта система имеет преимущества, присутствующие процессу Consteel (спокойная ванна, повышенная подводимая мощность в начале плавки, низкий уровень шума, меньшая мощность трансфор-

матора, меньшая потребность в компенсации реактивной мощности и короткое время работы без тока), а также преимущества, связанные с более высокой эффективностью предварительного нагрева лома в печи с шахтой. Электродуговая печь и система COSS могут работать в случаях присутствия или отсутствия шахты, которую соединяют с электродуговой печью с использованием удаляемой тележки. Лом можно загрузить в шахту без прерывания подвода электроэнергии. Для системы COSS отмечаются меньшие расходы на техническое обслуживание, чем для систем CS и FS. Все это гарантирует очень низкие расходы на передел и более высокую производительность.

Еще одной печью, недавно разработанной фирмой Fuchs Technology AG, является печь с телескопическим сводом, причем работа электродуговой печи обеспечивается без подвалок шихты. В этом случае также обеспечивается экономия за счет эффекта предварительного нагрева высокогорячего столба лома в кожухе печи горячим газом, образующимся в процессе плавления. Большое преимущество такой печи по сравнению с существующими печами с высоким кожухом, в которые шихта также загружается в один прием, заключа-

## ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

В возрасте 28 лет Герхард Фукс создал фирму Fuchs Rohrleitungsapparatebau, в которой было 10 работников. Позже она стала называться Fuchs Systemtechnik, когда Фукс расширил свою фирму с преобразованием ее из поставщика деталей в мировую фирму, обеспечивающую системные решения.

### Годы создания новшеств Герхардом Фуксом:

- 1975 г. – создана водоохлаждаемая панель для боковой стенки;
- 1977 г. – создан водоохлаждаемый свод;
- 1984 г. – созданы электрододержатели, проводящие ток;
- 1989 г. – создан водоохлаждаемый манипулятор фурмы для вдувания O<sub>2</sub>+C;
- 1991 г. – созданы шахтные системы печей (с одной шахтой, двойной шахтой и шахтой с пальцевыми устройствами);
- 2008 г. – создана система «COSS»;
- 2010 г. – создана электродуговая печь с телескопическим сводом.

В 1995 г. фирма Voest Alpine купила 44% акций, а через 6 лет получила остальные 56% акций.

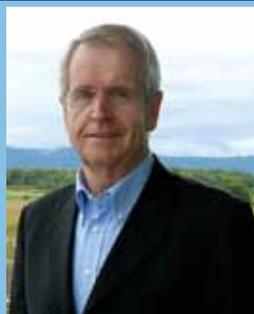
В 1969 г. была создана фирма FUCHS Systemtechnik GmbH, которая затем стала фирмой VAI Fuchs, и в настоящее время она называется Siemens VAI.

В 2001 г. фирма впервые в Германии получила медаль Тадеуша Сендзимира за инновацию в области производства стали.

В 2006 г. создана фирма FUCHS Technology.

Создание региональных фирм:

- в 1979 г. создана фирма FUCHS Systems Inc. в США;
- в 1980 г. создана фирма FUCHS SA в Южной Африке;
- в 1987 г. создана фирма FUCHS UK в Великобритании;
- в 1995 г. создана фирма FUCHS de Mexico в Мексике;
- в 1995 г. создана фирма FUCHS Russia в России;



**ФИРМА  
«FUCHS TECHNOLOGY AG».**
**ПЕРЕДОВЫЕ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

**ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ПЕЧИ  
ОБЫЧНАЯ ПЕЧЬ  
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
СИСТЕМА «COSS»  
УСТАНОВКИ КОВШ-ПЕЧЬ  
ТОКОПРОВОДЯЩИЕ  
ЭЛЕКТРОДОДЕРЖАТЕЛИ  
СИСТЕМЫ КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНЫХ  
ГОРЕЛОК  
СТАЛЕВОЗНЫЕ ТЕЛЕЖКИ  
И ПОВОРОТНЫЕ СТЕНДЫ  
АГРЕГАТЫ ВНЕПЕЧНОГО  
РАФИНИРОВАНИЯ  
ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ  
ПЕЧЕЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА  
АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ОБУЧЕНИЕ  
УСЛУГИ**

**FUCHS TECHNOLOGY AG  
GRABENHOFSTRASSE 6  
CH-6010 KRIENS  
TEL.: + 41 41 5440400  
FAX.: + 41 41 5440401  
INFO@FUCHSTECHNOLOGY.NET**



ется в том, что для нее не требуются более длинные, а для исключения поломок и более толстые электроды. Телескопический свод позволяет иметь печной объем в зависимости от количества и плотности лома и исключает потребность в более длинных электродах.

Печь с телескопическим сводом имеет более высокую производительность по сравнению с обычными электродуговыми печами благодаря отсутствию подвалок и требует меньше время подвода и меньший расход электроэнергии благодаря предварительному нагреву лома.

■ ■ ■

Фирма FUCHS TECHNOLOGY AG со штаб-квартирами, расположенными в Швейцарии и Германии, является лидером в

области разработки технологии для производства стали в электродуговых печах в течение более 40 лет.

Фирмой разработано несколько сотен электродуговых печей.

Наши революционные новшества будут продолжаться, и при этом будут определяться самые высокие стандарты технологии для производства стали в электродуговых печах также и в будущем.

Наш богатый опыт в разработке специальных высококачественных систем, позволяет выполнить самые строгие требования наших заказчиков.

Наша цель заключается в повышении конкурентных преимуществ наших заказчиков и обеспечении устойчивого развития рынка.

IP

# ДОЛГОСРОЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ФИРМЫ TECHCOM GMBH С МЕТАЛЛУРГАМИ

ТЕКСТ ЭДГАР ШУМАХЕР,  
КОНСТАНТИН ДОРН,  
Фирма Techcom GmbH

## ФИРМА TECHCOM ПРЕДЛАГАЕТ ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Компания TECHCOM GmbH, Германия, уже более двадцати лет ведет успешную деятельность на рынке металлургического оборудования, огнеупорной продукции, металлургических технологий и инжиниринговых услуг. За этот период накоплен большой опыт работы на европейском и азиатском рынках. Сложилась долговременные деловые отношения с металлургическими предприятиями стран СНГ и ЕС. На заводы были осуществлены многочисленные поставки оборудования, запасных частей, огнеупорных материалов. Реализовано более ста проектов, включая комплексные решения вопросов модернизации, — от разработки инжиниринга сталеплавильного производства до комплектной поставки оборудования, монтажа, наладки и ввода в эксплуатацию.

TECHCOM следует принципам долговременного сотрудничества, обеспечения комфортных условий для своих заказчиков в сочетании с качественным исполнением обязательств. Практика совместной работы с большинством немецких, итальянских и швейцарских фирм, специализированных на металлургических направлениях, позволяет находить оптимальные решения и поставлять заказчикам оборудование, максимально соответствующее назначению и отличающееся высокой эксплуатационной надежностью.

Примером может служить совместная работа с немецкой

фирмой BK-SERVICES, специализирующейся на производстве оборудования и запасных частей для сталеплавильных цехов и предоставлении инжиниринговых услуг. В числе заказчиков этой фирмы — ведущие компании мировой металлургии, такие как Voest alpine, Corus (Tata Steel), Thyssen Krupp, SSAB, SIDENOR, Peiner Trdgger (Salzgitter), а также российские «Северсталь» и ОЭМК. BK-SERVICES и представляющая ее интересы TECHCOM осуществляют управление проектом на всех стадиях исполнения. Сюда входит обследование объекта реконструкции, разработка базового и детального инжиниринга, изготовление и поставка оборудования, монтаж и наладка, ввод в эксплуатацию. Это позволяет своевременно вносить необходимые коррективы и решать задачи, поставленные заказчиком, с высоким качеством, в самые короткие сроки, а значит и с минимальными затратами.

С 2004 года TECHCOM реализует совместные проекты со швейцарской фирмой MAERZ, мировым лидером в производстве печей для обжига извести, которые отличаются экономичностью, надежностью и высоким качеством получаемого продукта. Печи MAERZ установлены на большинстве металлургических предприятий Европы. Известны они и в России, других странах СНГ. Так, на Нижнетагильском металлургическом комбинате печь обжига эксплуатируется уже в течение 11 лет без капитального ремонта.

В 2007 году две печи производительностью 400 т извести в сутки были построены на Магнитогорском металлургическом комбинате. В настоящее время ведется строительство 400-тонной печи на Белорусском металлургическом заводе.

Перед началом проектирования исследуется сырье и топливо, разрабатывается оптимальный технологический режим. В конструкции печи учитываются все особенности производственных условий заказчика, что позволяет в короткие сроки выводить печь на проектные показатели и получать качественную металлургическую известь даже из известняков с малой механической прочностью. Большая часть комплектующих узлов и конструкций для печи может быть приобретена и изготовлена на территории заказчика, что существенно снижает стоимость.

TECHCOM тесно сотрудничает и с ведущими изготовителями огнеупорной продукции: RHI, Группа «Магнезит», PAHAGE. Знание ассортимента большинства европейских производителей позволяет в короткое время подготовить технико-коммерческое предложение и осуществить комплектную поставку огнеупоров.

В результате совместной работы TECHCOM с ведущими изготовителями оборудования и огнеупорной продукции были созданы предпосылки для разработки и доведения до промышленного использо-

вания собственных технологических продуктов. Технологии перемешивания жидкого металла в сталеплавильных агрегатах, на установках внепечного рафинирования и непрерывной разливки уже длительное время являются традиционными направлениями. Сочетание высокоэффективных технологий TECHCOM с использованием высококачественных огнеупорных материалов и оборудования обеспечили прочные позиции фирмы на рынках Европы и Азии.

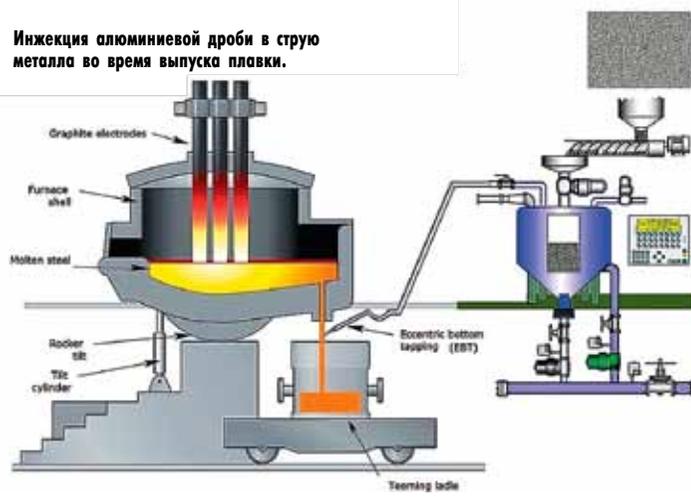
Примером эффективных решений могут служить такие запатентованные технологии, как DVS, ASIS, APS и FOSULIS.

Технология DVS заключается в перемешивании ванны плавильной печи инертным газом через продувочные узлы, устанавливаемые в подине. Продувочный узел DVS представляет собой огнеупорный блок с вваренной трубкой из жаропрочной стали, оснащенной противопорывным устройством разработки фирмы TECHCOM и индикатором критического износа. Такая конструкция обеспечивает возможность постоянного контроля состояния продувочного узла и его безопасную эксплуатацию в течение рабочей кампании печи. Продувочные блоки DVS обеспечивают высокую стабильность рабочих параметров и меньше изнашиваются в сравнении с дутьевыми устройствами других конструкций. Технология успешно используется на «Молдавском металлургическом заводе», LSW в Германии, HСММЗ, НКМЗ.

Технология ASIS представляет собой процесс инъекции алюминиевой дроби в струю металла во время выпуска из печи. Дувание материала осущест-



Ковш для альтернирующей продувки, оборудованный двумя продувочными пробками.



Инжекция алюминиевой дробы в струю металла во время выпуска плавки.

вляется при помощи специального пневмокамерного насоса, оснащенного системой взвешивания и автоматической загрузки. Такой способ предварительного раскисления стали обладает рядом преимуществ перед традиционной присадкой кускового алюминия в ковш. Возрастает степень усвоения, сокращение расхода алюминия может достигать до 25 %. За счет выноса экзотермической реакции взаимодействия алюминия с расплавом из ковша в струю на 6--10 % повышается стойкость футеровки. Обеспечивается возможность точного регулирования активности кислорода стали, в зависимости от его исходного содержания. Кроме поставки технологии и необходимого оборудования, по желанию заказчика, TECHCOM может обеспечить предприятие алюминиевой дробью или представить технологию для ее производства. Технология ASIS используется на заводах MM3 (Молдавия), Peiner Tüdger (Германия), Gerlafingen (Швейцария).

Суть технологии APS, или альтернирующей продувки, состоит в перемешивании стали в разливочном ковше нейтральным газом, который подается через два продувочных узла, установленных в днище, по определенному алгоритму. Этот алгоритм рассчитывается для ковша определенной емкости и конфигурации и может изменяться в зависимости от технологической задачи – усреднения химического состава и температуры, десульфурации, удаления неметаллических включений. Альтернирующая продувка обеспечивает более интенсив-

ное перемешивание металла в сравнении с классической продувкой через один продувочный узел, при одинаковой интенсивности подачи газа. В два раза сокращается время, необходимое для усреднения металла по температуре и химическому составу. Обработка металла ведется без нарушения сплошности шлакового покрова. Исключается контакт металла с атмосферным кислородом, создаются благоприятные условия для дугового нагрева металла. Технология APS используется в производстве высококачественного сортамента на Молдавском металлургическом заводе, LSW в Германии, на Белорусском металлургическом заводе, Выксунском металлургическом заводе.

Непрерывная разливка стали через погружной стакан FOSULIS обеспечивает целый ряд преимуществ. За счет особенностей конструкции стакана происходит преобразование кинетической энергии вертикального потока металла, поступающего из промежуточного ковша в кристаллизатор, во вращательное движение в горизонтальной плоскости. Горизонтальные потоки формируются в ограниченном объеме, при этом полностью исключаются воздействие струй на стенки кристаллизатора и возмущения мениска. Создаются благоприятные условия для формирования бездефектной поверхности отливаемой заготовки. Сокращается протяженность жидкой фазы в кристаллизующемся слитке, достигается существенное улучшение его структуры, особенно в осевой зоне. Эта сравнительно новая технология используется на

заводе LSW в Германии и готовится к опробованию в ОАО «Евраз 3СМК».

Все предлагаемые технологии испытаны в производственных условиях, доведены до промышленного уровня и могут быть внедрены в короткое время в сталеплавильном производстве любого предприятия. Для их внедрения не требуется дорогостоящей модернизации оборудования, и в то же время в результате их использования

достигается существенное снижение производственных издержек и улучшение качества выпускаемой продукции.

Следует отметить, что на металлургических заводах Европы преимущества технологий фирмы TECHCOM оцениваются довольно быстро: от принятия принципиального решения об их использовании до промышленного внедрения, как правило, проходит не более 4 месяцев. IP

**DVS**  
Технология перемешивания ванны сталеплавильной печи инертным газом

**APS**  
Технология перемешивания стали в ковше инертным газом

**ASIS**  
Инжекция алюминиевой дробы в струю металла во время выпуска из печи

**FOSULIS**  
Технология непрерывной разливки высококачественной стали через погружной стакан специальной конструкции

[www.techcom-gmbh.de](http://www.techcom-gmbh.de)

# Технология Digit@l Furnace®

С целью обеспечения оптимального равномерного нагрева с оптимальным расходом топлива была разработана новая технология для нагревательной печи, которую назвали Digit@l Furnace®. Базовая концепция нагревательной печи Digit@l Furnace® была разработана в конце 1990-х годов с использованием принципа двухпозиционной регулировки горения (включение/выключение) и технологии широкопламенных горелок. Эти инновации были добавлены к уже разработанным системам смещенного расположения балок, оптимизации управления нагрева уровня 2 и управления с нечеткой логикой. Кроме того, численное моделирование позволило осуществить детальный анализ характера движения потока отходящих газов внутри печи, что и привело к разработке печного профиля с плоским сводом и подтвердило преимущества использования боковых горелок. Нагревательная печь Digit@l Furnace® или технология Digit@l Furnace® является результатом сочетания всех этих разработок.

Конструктивными особенностями печи Digit@l Furnace® являются:

- Автономная регулировка горелок
- Боковые горелки
- Широкопламенные горелки с регулированием пламени или без него
- Оптимальное расположение балок

- Система оптимизации уровня 2

- Нечеткая логика
- Плоский свод.

## АВТОНОМНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА

Главным принципом нагревательной печи Digit@l Furnace® является автономная регулировка горелок. В отличие от традиционного управления, в котором газовые и воздушные клапаны регулируют поток в соответствии с тепловым запросом зоны, в технологии Digit@l Furnace® происходит управление периодом времени рабочего состояния горелок, при этом нагрев всегда происходит при 100% мощности горелки.

## БОКОВЫЕ ГОРЕЛКИ

Печь Digit@l Furnace® оснащена боковыми горелками, каждая из которых имеет клапаны включения/выключения на воздушной и газовой линиях. Горелки сгруппированы в пары, при этом каждая пара образует одну зону управления. На рисунке ниже показана разница между традиционной печью с пропорциональным управлением, когда горелки сгруппированы и образуют одну зону управления, и печью Digit@l Furnace®, в которой каждая пара является одной зоной управления. Поэтому, иллюстрируя эту конструктивную особенность, печь с шагающими балками для нагрева слябов должна иметь примерно 18 зон управления.

## ШИРОКОПЛАМЕННЫЕ ГОРЕЛКИ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПЛАМЕНИ

Широкопламенные горелки разработаны для установки на боковой стороне печи. Их разработка непосредственно связана с технологией Digit@l Furnace®. Форма пламени плоская и широкая, как показано ниже. На рисунке показан один блок горелки и вид сверху компьютерной модели формы пламени в виде рыбьего хвоста.

## ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ БАЛОК

Конструкция со смещенным расположением балок была разработана компани-

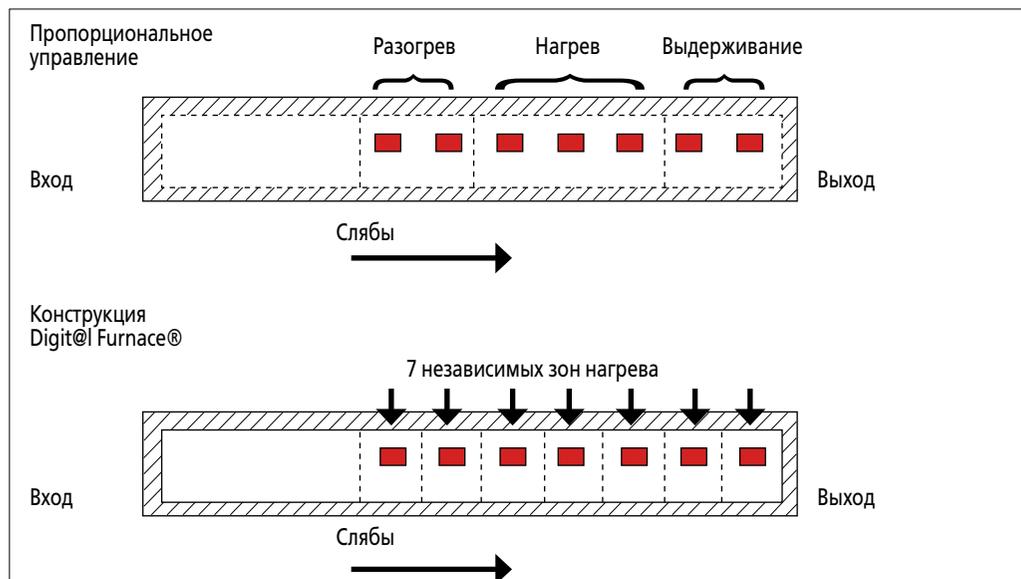


Рис. 1. Распределение зон в печи Digit@l Furnace® по сравнению с печью с пропорциональным управлением

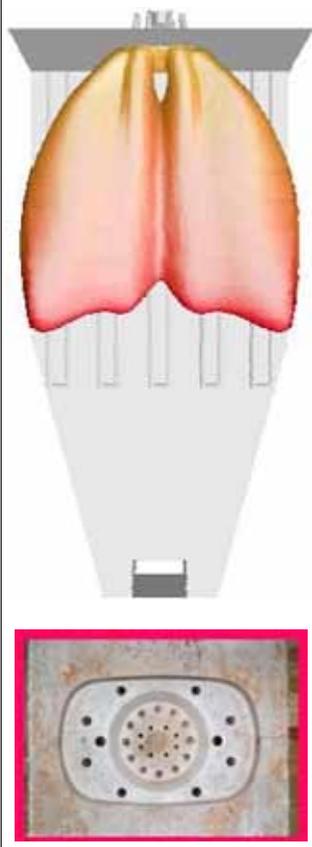


«ОМК», стан МКС-5000, РФ: две нагревательные печи с шагающими балками Digit@l Furnace® производительностью 200 т/ч. Пуск печей произошел в ноябре 2011 года.

- ОАО «НЛМК», РФ (2009): термическое оборудование для линии непрерывного горячего цинкования.

- ОАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», Украина, (2009): нагревательная печь с шагающими балками Digit@l Furnace® производительностью 350 т/ч для стана горячей прокатки «1700».

Рис. 2. Широкопламенная горелка



ей Fives Stein, в то время Stein Heurtey, около 20 лет назад. В печи со смещенными балками точка опоры заготовок изменяется по длине печи, при этом нижняя поверхность изделия, закрытая балками, освобождается и открывается для воздействия окружающей среды печи, благодаря чему сводятся к минимуму глосажные метки. В хорошо спроектированной печи точка смещения балок выбрана точно, чтобы максимально использовать преимущества данной технологии.

### СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ НАГРЕВА УРОВНЯ 2

Система оптимизации нагрева уровня 2 является «оператором» печи Digit@l Furnace®. Она управляет процессом работы печи непрерывно от смены к смене, рассчитывая оптимальные параметры для каждой зоны в зависимости от типа заготовок и в соответствии с необходимым для прокатного стана качеством нагрева.

### СИСТЕМА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Вследствие характера процесса нагрева сложно определить идеальные настройки пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования (ПИД) контроллеров, которые могли бы обеспечить эффективное управление зон печи в широком диапазоне производительности, необходимом для прокатного стана. Для решения этой проблемы была разработана система нечеткой логики. Эта система интегрирована в систему управления уровня 2 и выполняет регулировку настроек ПИД в соответствии с конкретными условиями работы печи.

### ПЛОСКИЙ СВОД

Численное моделирование позволяет провести детальный анализ потока отходящих газов внутри нагревательной печи. Профиль свода печи Digit@l Furnace® – результат обширных исследований в этой области, что и привело к разработке плоского свода и плоского пода, как показано ниже. Использование боковых горелок, плоского пола и плоского пода обеспечивает рав-

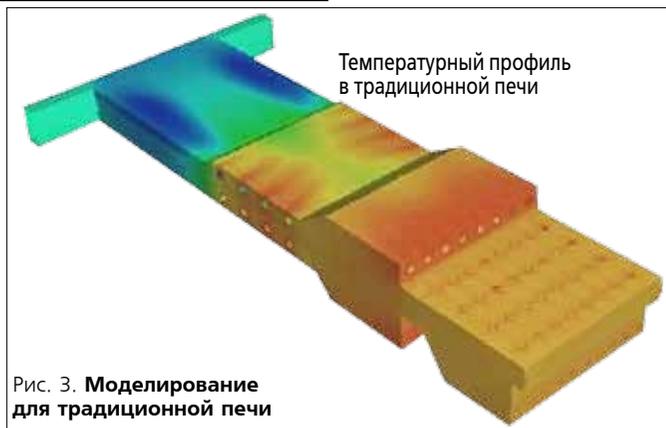


Рис. 3. Моделирование для традиционной печи

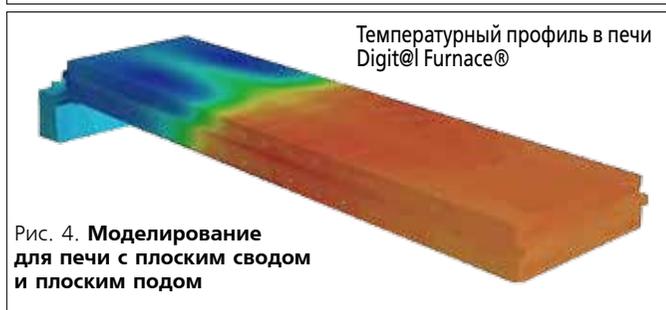


Рис. 4. Моделирование для печи с плоским сводом и плоским подом

номерную оптимальную температуру, как показано в моделях печи Digit@l Furnace® ниже, где профиль распределения температур передан различным цветом.

### ПОСЛЕДНИЕ РЕФЕРЕНЦИИ FIVES STEIN В РОССИИ И СНГ

- ОАО «Выксунский металлургический завод», группа

- ОАО «ММК», РФ (2008): нагревательная печь Digit@l Furnace® производительностью 425 т/ч для стана горячей прокатки «2000».

©Все права защищены. Digit@l Furnace® и Digit@l Furnace® Technology являются зарегистрированными торговыми знаками компании Fives Stein. IP

#### КОНТАКТЫ:

#### FIVES STEIN

ТЕЛ.: +33 160 91 12 55

E-MAIL: FIVESSTEIN-STEEL@FIVESGROUP.COM

WWW.FIVESGROUP.COM

#### ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО «ФИВ» В РОССИИ И СНГ

ТЕЛ.: +7 495 745 56 47

E-MAIL: FIVESRUSSIA@FIVESGROUP.COM

WWW.FIVESGROUP.COM



# ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОКАТНОГО ЦЕХА В КАЗАХСТАНЕ

ТЕКСТ АНДРЕЙ МИРСКИЙ,  
Менеджер проекта

Советом директоров компании Evraz Group S.A. в ноябре 2010 г. было принято решение о реализации проекта по строительству мелкосортного прокатного стана в Казахстане. Проект было решено реализовать в рамках совместного предприятия с Казахстанской группой АО Caspian Group. Для строительства была выбрана площадка Костанайского завода дизельных двигателей, принадлежащая партнерам. Заказчиком по проекту выступает совместное предприятие ТОО «Евраз Каспиан Сталь», г. Костанай

На конкурсной основе были выбраны: поставщик основного технологического оборудования – Siemens VAI Metals Technologies S.r.l., Марнате (Италия) и Генеральный проектировщик – ГП «УкрГипроМез», Днепропетровск (Украина).

Планируемый объем производства – 450 тыс. т. в год арматуры всех классов. В качестве методической печи была выбрана печь с шагающим подом производства Forni e Combustione S.r.l., Генуя (Италия) – (субпоставщик Siemens).

Советом директоров компании Evraz Group S.A. в ноябре 2010 г. было принято решение о реализации проекта по строительству мелкосортного прокатного стана в Казахстане. Проект было решено реализовать в рамках совместного предприятия с казахстанской группой АО Caspian Group. Для строительства была выбрана площадка Костанайского завода дизельных двигателей, принадлежащая партнерам. Заказчиком по проекту выступает совместное предприятие ТОО «Евраз Каспиан Сталь», г. Костанай.

На конкурсной основе были выбраны: поставщик основного технологического оборудования – Siemens VAI Metals

Technologies S.r.l., Марнате (Италия) и генеральный проектировщик – ГП «УкрГипроМез», Днепропетровск (Украина).

Планируемый объем производства – 450 тыс. т. в год арматуры всех классов. В качестве методической печи была выбрана печь с шагающим подом производства Forni e Combustione S.r.l., Генуя (Италия) – (субпоставщик Siemens).

На стадии проработки базового инженеринга комплекса мелкосортного прокатного стана поставщик основного технологического оборудования (Siemens) предложил типовое компоновочное решение для размещения своего оборудования. При этом корпус получил два пролета одинаковой

высоты – становой и складской. Расположение головки рельсов пути электромостовых кранов как в становой так и в складском пролетах + 14 метров (рис. 1).

Таблица 1. Сопоставление проектных решений по строительству прокатного цеха в г. Костанай (Казахстан)

	Типовое решение	Оптимальное решение
Габаритная высота печи, м	11,4	10,08
Отметка головки рельса подкранового пути, м	14,0/14,0	11,0/14,0
Минимальная внутренняя высота здания, м	17,9	13,8/16,9
Максимальная внутренняя высота здания, м	20,4	17,9

Таблица 2. Снижение затрат на СМР по строительству прокатного цеха в г. Костанай (Казахстан)

Наименование	Кол-во	Цена, долл.	Стоимость, тыс. долл.
Металлические конструкции, трубопроводы, т	294,4	3 900	1 148
Стеновое ограждение, м <sup>2</sup>	1 850	93	172
Свайное поле, м <sup>3</sup>	100	550	55
Ростверки, м <sup>3</sup>	150	270	40
Кабели, канаты, пог. м	400	25	10
Арматура, т	5,5	1 200	7
ИТОГО			1 432

Рис. 1.

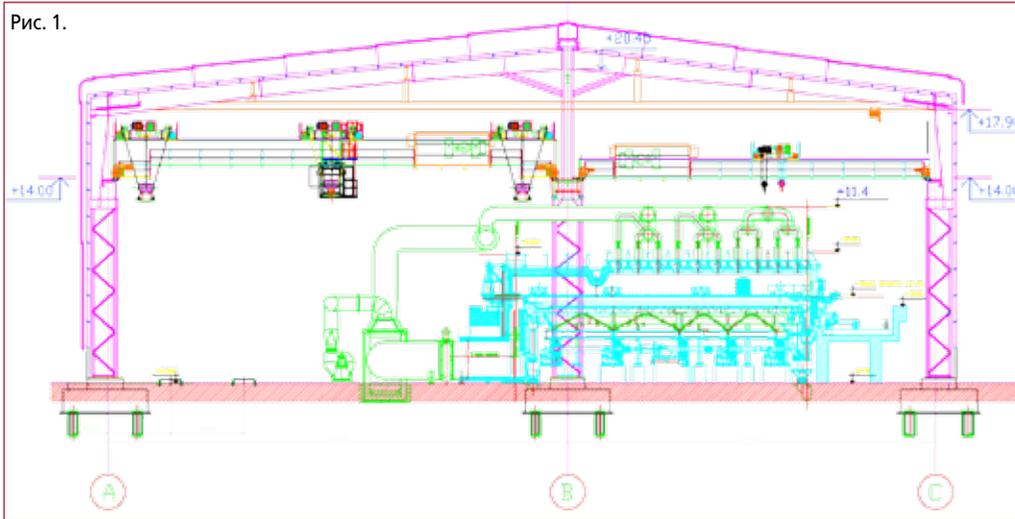


Рис. 2.

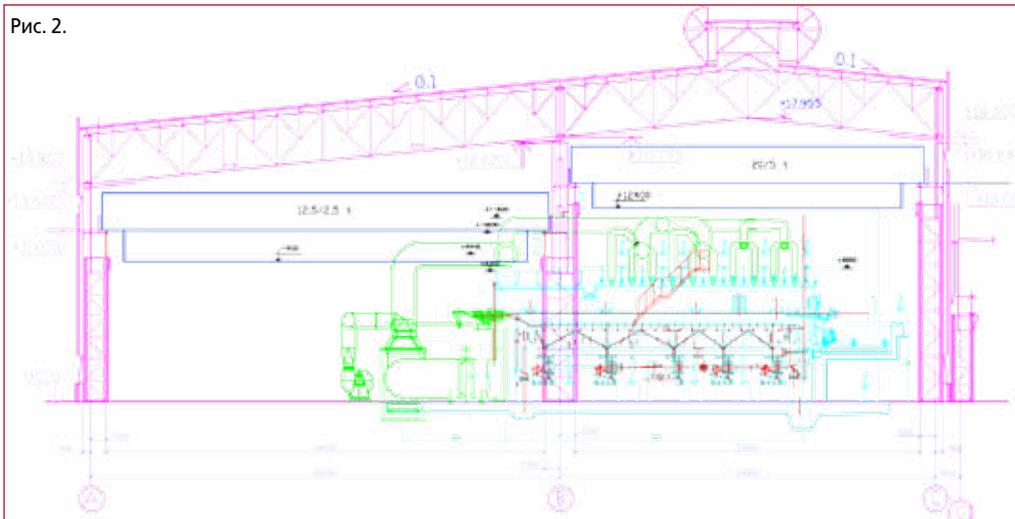
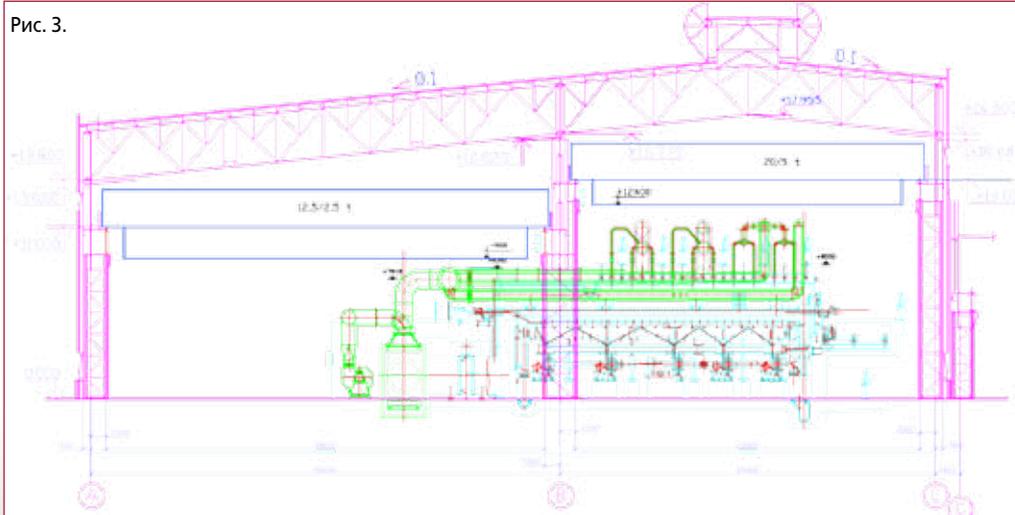


Рис. 3.



Генеральный проектировщик «Укрспромез» посчитал расточительным принять предложенную компоновку как исходную для разработки проекта металлических конструкций главного корпуса и дал свое предложение по проекту прокатного цеха. Это предложение предусматривало разновысокую конфигурацию пролетов главного корпуса +14 метров для станочного пролета и +11 метров для складского пролета (рис. 2).

Подобное решение позволило бы уменьшить высоту главного корпуса и не поднимать металлические конструкции на 3 метра (табл. 1).

Такое уменьшение высоты пролетов дало бы существенную экономию по СМР за счет уменьшения СМР по целому ряду позиций (табл. 2).

К тому же в дальнейшем, во время эксплуатации предприятия, не пришлось бы нести расходы на отопление главного корпуса в объеме 22 000 кубических метров, что весьма существенно. Операционные расходы ( $O_{\text{рех}}$ ) уменьшились бы соответственно.

В то же время данное предложение создало ряд проблем для компании Siemens VAI и их субподрядчика фирмы «Forni e Combustione», основная из которых:

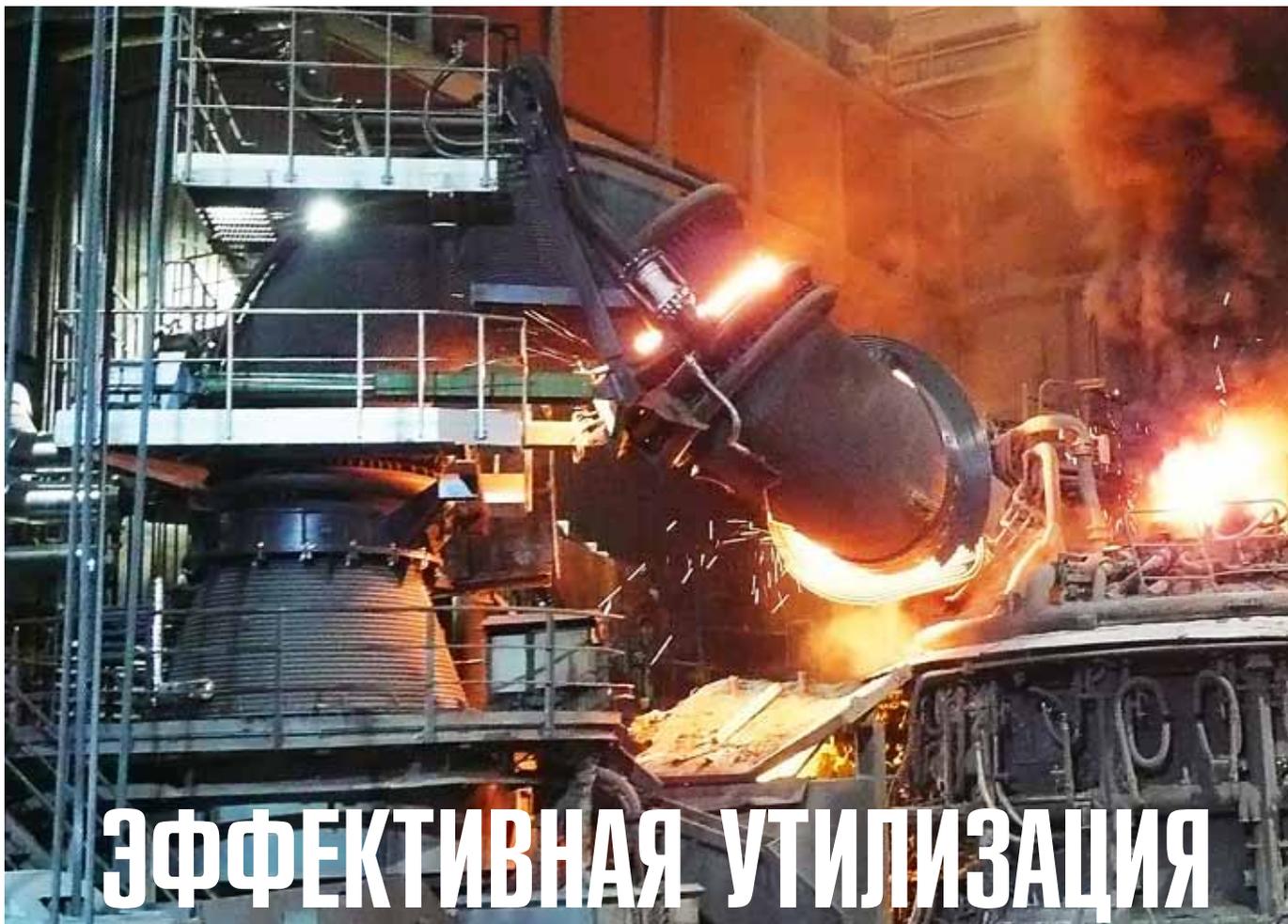
- электромостовой кран складского пролета 12,5+12,5 тн при движении над печью, что технологически необходимо, «сносит» воздухопроводы, которые проложены от рекуператора через коллектор до форсунок печи (рис. 2).

Для реализации предложения Укрспромеза, разработчиком печи – «Forni e Combustione» прежде всего пришлось бы уменьшить габаритную высоту печи почти на полтора метра.

Тем не менее, инженеры ГП «Укрспромез», «Siemens VAI» и «Forni e combustion» совместно нашли уникальное техническое решение, в результате которого появилась вновь разработанная конструкция печи с шагающим подом, у которой система прокладки воздухопроводов впервые для компании «Forni e combustion» была выполнена с боковой стороны (рис. 3).

Подобное сотрудничество благотворно повлияло, как на инженерную сторону проекта, так и на экономическую. **IP**





# ЭФФЕКТИВНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНОГО ТЕПЛА СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

ТЕКСТ Д-Р ХЕННИНГ ШЛИПХАКЕ, *Georgsmarienhütte GmbH*  
КАРСТЕН БОРН, РАЛЬФ ГРАНДЕРАТ, *Tenova Re Energy GmbH*  
ФРАНЧЕСКО МЕМОЛИ, ДЖИМ СИММОНС, *Tenova Core*

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНОГО ТЕПЛА

Целью любого проекта оптимизации работы ДСП или иных промышленных печей является либо повышение качества продукции, либо снижение энергопотребления. В сегодняшних дискуссиях четко прослеживается, что основное внимание уделяется сокращению затрат на электроэнергию. Уже достигнут большой прогресс в минимизации потребления энергии от первичных источников. Разработаны такие технологии, как управление процессом шлако-

образования, оптимизированные схемы загрузки печи и интеллектуальные системы управления работой печи (например, EFSOP).

Пока не совсем ясно, насколько существенны полученные результаты и каковы перспективы данных разработок, однако очевидно, что большие потери энергии, подаваемой на ДСП, происходят в системах отведения газов и водяного охлаждения. Утилизацию тепла следует рассматривать как второстепенное решение, отдавая приоритет снижению потребления энергии. Лучше использовать на 1 кВт·ч меньше подводимой энергии, чем утилизиро-

вать 1 кВт·ч энергии вторичных источников.

На рис. 1 показано, что энергия, содержащаяся в отходящих газах ДСП, составляет не менее 25 % (для печей с оптимизированным использованием химической энергии) и даже до 30 %, благодаря чему отходящие газы являются самым большим источником вторичного тепла. Однако это верно не для всех агрегатов. Например, в больших нагревательных печах с шагающими балками основные потери энергии имеют место в системе водяного охлаждения.

При оценке экономической эффективности нужно

проанализировать, является ли проект по снижению энергопотребления слишком затратным по сравнению с установкой системы утилизации тепла при одинаковых итоговых показателях энергосбережения. Если на ДСП недавно проводилась модернизация, то будет намного сложнее и дороже внести даже незначительные усовершенствования для повышения эксплуатационной эффективности печи. В таком случае наибольший потенциал улучшения эффективности работы ДСП имеет внедрение системы утилизации тепла отходящих газов.

**УРОВЕНЬ ТЕМПЕРАТУРЫ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Типовая современная ДСП имеет водоохлаждаемый контур отходящих газов, где температура газов снижается примерно до 600 °С, а вода нагревается с 20 °С до 40 °С, иногда с 70 °С до 90 °С. Если температура отходящих газов ниже 600 °С, они обычно охлаждаются приблизительно до 200–250 °С в охлаждающей башне. Нагретая вода охлаждается с выделением тепла в атмосферу. Охлаждающая вода нагревается до 40 °С, и пока не разработаны дешевые технологии, которые могли бы обеспечить снижение ее температуры до 20 °С и утилизацию ее тепловой энергии.

Если температура охлаждающей воды составляет около 90 °С, ее можно использовать для систем отопления. Утилизация тепловой энергии отходящих газов возможна при выполнении двух следующих условий:

- а) на заводе нет других источников горячей воды;
- б) имеется потребность в отоплении на протяжении всего года.

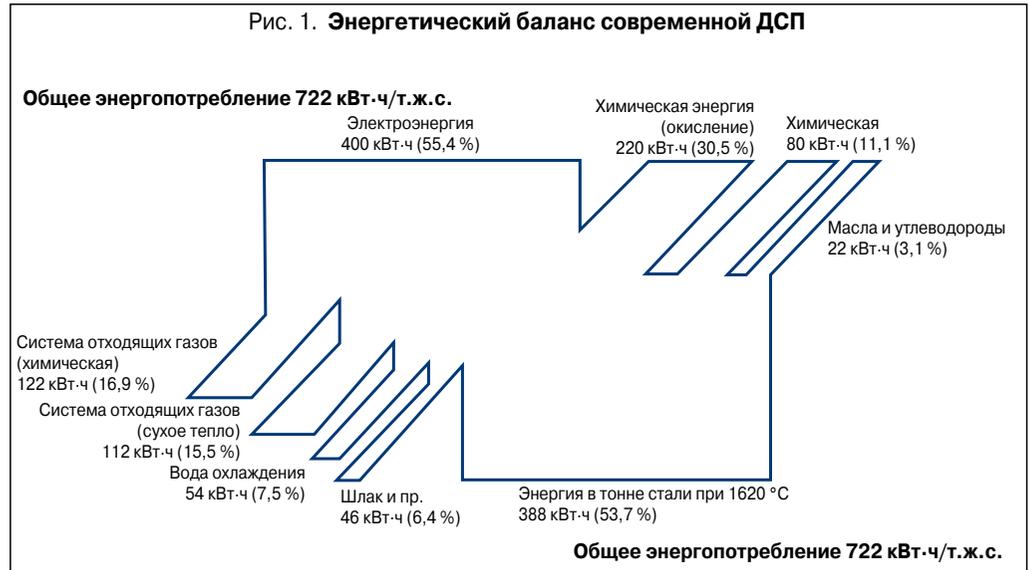
На многих заводах существует избыток горячей воды в сравнении с потребностью в ней. Это несоответствие может быть еще больше с учетом географического расположения предприятия. Некоторые из них нуждаются в непрерывной подаче горячей воды, например, для подогрева питательной воды соседней электростанции, но такие заводы являются исключением из общего правила.

На рис. 2 представлен типовой график потребности в горячей воде на обычном европейском сталеплавильном заводе.

**ПОЛУЧЕНИЕ ПАРА ПОСРЕДСТВОМ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Существуют несколько причин, по которым выработка пара является наилучшим вариантом для утилизации вторичного тепла. В частности:

- пар можно использовать в разных целях (технологический пар для обогрева, для обеспечения рабо-

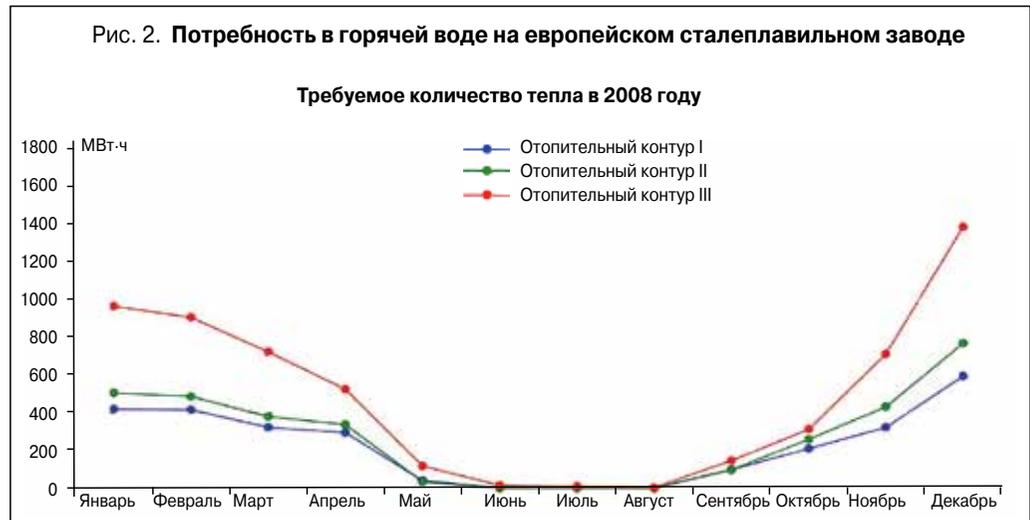


ты компрессора и выработки электроэнергии);

- широкий температурный диапазон (по аналогии с температурой отходящих газов температура пара может варьироваться);
- относительная простота транспортировки;
- вода является недорогим и нетоксичным сырьем для выработки пара;

– проверенная технология. Технология, используемая для превращения энергии отходящих газов в пар, носит название ECS (Evaporative Cooling System – система испарительного охлаждения). Газоход с такой системой представляет собой конструкцию «труба в трубе», которая очень похожа на традиционный охлаждающий

канал. Основное различие между ECS и традиционной системой охлаждения заключается в том, что вода под давлением при температуре кипения подается по трубопроводам. Выбранная комбинация температуры и давления определяется требуемыми параметрами пара в заводской системе, типовые значения находятся в диапазоне между



13 бар/192 °С и 28 бар/230 °С, более высокое давление обеспечивает работу паровых турбин. Почти кипящая вода поглощает энергию отходящих газов посредством испарения. Физический процесс испарения требует намного больше энергии, чем нагрев воды, например, на 20о.

Система испарительного охлаждения предусматривает частичное испарение воды, обычно не более 5–12 % в нормальных рабочих условиях, а значит, система имеет резерв производительности. На рис. 3 показано, что ECS с массовой долей пара 12,5 % в обратном контуре требует приблизительно на 35 % меньше воды, чем система водяного охлаждения. Это означает, что потребуется меньше трубопроводов и можно использовать насосы меньшей мощности.

Технология испарительного охлаждения была одобрена и внедряется на кислородных конвертерах и нагревательных печах с шагающими балками с 80-х годов. Эта технология стала применяться в силу наличия стабильных рабочих условий:

- постоянная температура во всей системе охлаждения (насыщенный пар и вода имеют одинаковую температуру);
- меньше проблем с коррозией и другими химическими реакциями за счет закрытой системы с чистой котловой водой;
- устойчивость системы при пиковых значениях энергии/температуры;
- устойчивость системы при прерывании подачи воды (замкнутая система практически исключает утечки, если из нее не выпущен пар).

Утилизация тепловой энергии является основной причиной, по которой технология испарительного охлаждения приобретает все большую популярность и применяется на других типах печей, в частности, на дуговых сталеплавильных печах. Прочие преимущества системы испарительного охлаждения для ДСП в дополнение к главной задаче утилизации вторичного тепла рассматриваются как второстепенные.

Газоходы с системой испарительного охлаждения за счет радиационного теплообмена в состоянии охладить газы приблизительно до 600 °С. При более низкой температуре эффектив-

нее использовать конвекционный теплообмен. Другими словами, котел-утилизатор необходимо применять для утилизации тепловой энергии в температурном диапазоне от 600 °С до температуры на входе фильтра 180–250 °С. Ввиду крайне высокой запыленности отходящих газов ДСП необходимо тщательно рассчитать конструкцию котла-утилизатора; аналогичные решения можно увидеть на установках сжигания отходов. На рис. 4 представлена схема двух ступеней утилизации вторичного тепла ДСП.

### ПРОЕКТ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНОГО ТЕПЛА ДСП НА ЗАВОДЕ GEORGS MARIENHÜTTE

Компания Georgsmarienhütte GmbH (GMH) эксплуатирует ДСП постоянного тока производительностью 140 т/ч, установленную на заводе в г. Георгсмаринхютте, Германия. Когда компания GMH в 1996 году перешла от доменно-конвертерного способа к электросталеплавному производству стали, некоторые основные компоненты прежней

системы охлаждения были сохранены. Поскольку ранее кислородный конвертер был снабжен системой испарительного охлаждения, она поначалу использовалась и для новой ДСП. В 90-е годы модернизации подверглась только первая секция канала системы испарительного охлаждения, где было применено традиционное водяное охлаждение. Однако пар не использовался ввиду нестабильности его выработки. Пар для вакууматора и других агрегатов цеха подавался с бойлерной.

В 2007 году GMH решила заменить систему охлаждения, эксплуатировавшуюся непрерывно почти 25 лет и имевшей значительный износ. Компания намеревалась отказаться от пара из бойлерной, работающей на газе, и использовать пар, получаемый в новой системе испарительного охлаждения.

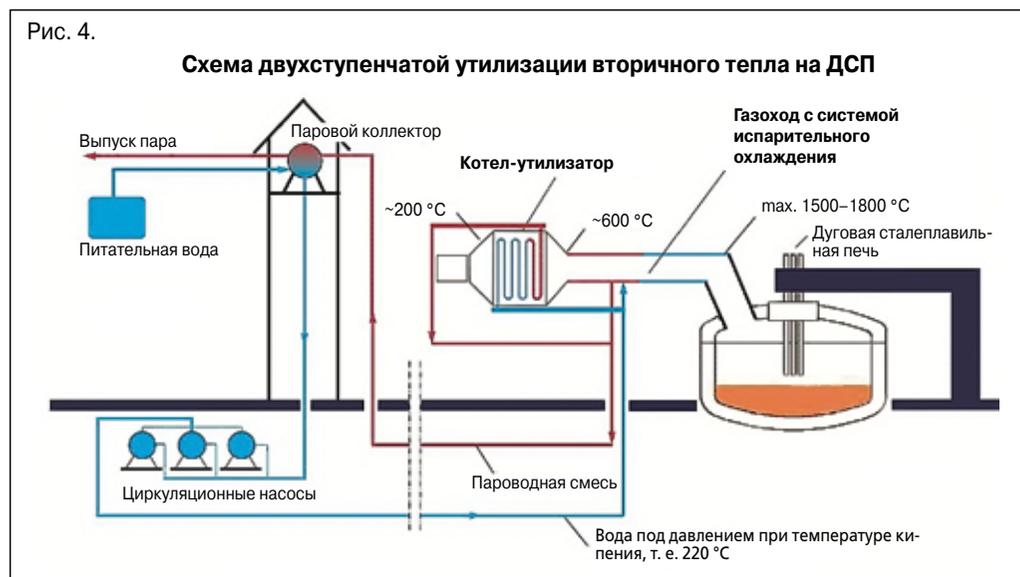
Одной из основных проблем было обеспечение стабильной выработки пара и эффективной работы при пиковых энергетических нагрузках. На рис. 5 представлен упрощенный график производства пара за четыре

цикл отличается от других плавков. Кратковременные пиковые нагрузки в размере 75 т/ч более чем в три раза превышают среднюю выработку пара в 20 т/ч.

Обычно пиковая нагрузка в процессе утилизации вторичного тепла снижается за счет освобождения части энергии. Однако на заводе GMH каждая пиковая нагрузка должна обеспечивать стабильное производство пара.

В нормальных условиях процесс работы ДСП предполагает отключение подачи электропитания на 10–20 минут, в течение которых практически не вырабатывается пар. Установка вакуумной дегазации является основным потребителем стали в сталеплавильном цехе и работает в порционном режиме без синхронизации с ДСП. Кроме того, вакууматор работает с задержкой в 1 цикл от ДСП: когда печь останавливается, остается одна плавка, выпущенная с ДСП, которую необходимо обработать на вакууматоре. Компания GMH нуждалась в гарантированной подаче достаточного объема пара для такой ситуации.

Указанные задачи были решены за счет нескольких кон-





**Основные данные проекта утилизации вторичного тепла ДСП на заводе Georgsmarienhütte**

Тип агрегата	Газоход с системой испарительного охлаждения для ДСП производительностью 140 т/ч
Начало реализации проекта	Октябрь 2007 года
Ввод в эксплуатацию	Январь 2009 года
Максимальное производство пара	75 т/ч
Среднее производство пара	20 т/ч
Параметры пара	Насыщенный пар, скользящее давление 13–20 бар
Вместимость парового буфера	8 т
Основной потребитель пара	вакууматор, Ш 7 т/ч

струкционных элементов:

- вся система испарительного охлаждения была спроектирована с некоторым запасом, поэтому дополнительный объем воды позволял аккумулировать дополнительную энергию;

- в систему были встроены два буфера Рута (Ruth buffers) – сосуды высокого давления, заполненные горячей водой, которая превращается в пар при падении давления;

- скользящее давление от 13 до 20 бар. Когда электропитание подается на ДСП, давление растет, при этом часть потребляемой энергии идет на нагрев воды, которая может испаряться при более низкой температуре. В то время, когда электроэнергия не подается, давление будет падать, в результате чего будет происходить испарение, хотя новая энергия не будет поступать в систему;

- переменная температура питательной воды. Типовая температура воды для котельных систем составляет 105 °С. В системе компании GMH температура

варьируется от 105 °С до 159 °С. При пиковых нагрузках во время подачи электроэнергии происходит нагрев питательной воды, благодаря чему меньше энергии требуется для ее испарения в паровом коллекторе во время снижения объема выделяемой энергии на ДСП.

Как результат, в конце каждой плавки в буфер поступает 8 т пара.

В табл. 1 представлены основные параметры проекта.

### **СЛЕДУЮЩАЯ ЦЕЛЬ – ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Потребление природного газа в бойлерной завода GMH для обеспечения работы вакууматора сократилось почти до нуля, что подтверждает экономический успех проекта. Но хотя проект и является рентабельным с точки зрения экономики, остается вопрос, как полностью использовать потенциал системы.

Имеется большой объем избыточного пара: в среднем, система производит 20 т/ч при средней потребности 7 т/ч. Почти две трети энергии теряется, несмотря на то, что первая ступень процесса позволяет ее утилизировать. В этом нет ничего необычного: как правило, вакууматор потребляет лишь треть всего пара, который можно получить на ДСП. В то время как на других заводах есть сети пароснабжения, обеспечивающие различные агрегаты, на таких заводах, как GMH, вакууматор является практически единственным потребителем пара.

Следует изучить возможность выработки электроэнергии. На первый взгляд, наличие в среднем 13 т/ч свободного пара предполагает целесообразность производства электроэнергии. Однако существует ряд стандартных факторов, характерных также для завода GMH, которые необходимо учитывать:

- нестабильность объема свободного пара, что отмечалось выше;

- приоритетная потребность в технологическом паре. Использовать его дешевле, чем вырабатывать электроэнергию и производить технологический пар в бойлерной. В результате почти невозможно предсказать количество избыточного пара, поскольку для обеспечения надлежащего КПД паровые турбины должны работать постоянно;

- остановки ДСП случаются чаще, чем остановки электростанций, нефтехимических производств и установок сжигания отходов. Большое количество энергии требуется для пуска и остановки стандартных паровых турбин, вырабатывающих электроэнергию;

- пар можно удерживать в буфере, но перегретый пар нельзя поместить в буфер. Паровые турбины с высоким КПД нуждаются в перегретом паре. Это значит, что во время выключения подачи питания на ДСП должен работать внешний пароперегреватель. Такой вариант приведет к дополнительным затратам, поскольку для пароперегревателя необходимо топливо – газ, мазут или уголь.

В поисках решения данных проблем рассмотрен вариант использования турбины Рэнкина (Organic Rankine Cycle – ORC). Органическая рабочая жидкость имеет меньшую плотность энергии с относительно большим массовым расходом, благодаря чему система может иметь относительно простую конструкцию с отличным коэффициентом частичной нагрузки. Пар не пропускается через турбину, а передает свою энергию органической жидкости через теплообменник, следовательно, отпадает необходимость в перегретом паре.

Номинальный КПД турбины Рэнкина ниже, чем у паровой турбины такой же мощности. Но благодаря более высокому коэффициенту частичной нагрузки фактический КПД в рассматриваемых рабочих условиях, по крайней мере, равен КПД паровой турбины. Это преимущество в сочетании с автоматизированной процедурой пуск-остановка и практически «безлюдная» технология делают турбины Рэнкина привлекательным решением для всех ситуаций, где имеются существенные объемы избыточного вторичного тепла.



# 5:0 В ПОЛЬЗУ TIMKEN

По словам создателей, новый подшипник Timken ADAPT для установок непрерывного литья заготовок превосходит традиционные тороидальные сразу по нескольким показателям. Революция в технологии или громкая реклама? Разберемся вместе с экспертами.

**В** 2011 году компания Timken, ведущий мировой разработчик и производитель подшипников, вывела на рынок подшипник ADAPT, назвав его конструкцией революционной. В чем принципиальное отличие? В традиционном тороидальном подшипнике ролик опирается на две вогнутых поверх-

ности – наружного и внутреннего кольца. В новом ADAPT поверхность внутреннего кольца цилиндрическая, а с наружным кольцом ролик соприкасается не в одной, а в двух точках (профили ролика и наружного кольца – патентованная разработка Timken). Разработчики утверждают, что такая конструкция сочетает преиму-

## ДВА - НОЛЬ: ПЕРЕКОС ВАЛА

Обычный подшипник приемлемо работает, только если нагрузка направлена по оси



щества шариковых и роликовых подшипников, значительно повышая надежность, ресурс и эффективность подшипника.

## ОДИН - НОЛЬ: ОСЕВОЕ СМЕЩЕНИЕ

При осевом смещении вала нагрузка на ролики традиционного подшипника становится неравномерной. Повышается износ подшипника и риск поломки. В новом ADAPT за счет ровной поверхности внутреннего кольца нагрузка при смещении распределяется по-прежнему равномерно. Осевое смещение внутреннего кольца может составлять от 6 до 8 мм в обе стороны, не влияя на эффективность, надежность и срок службы подшипника.

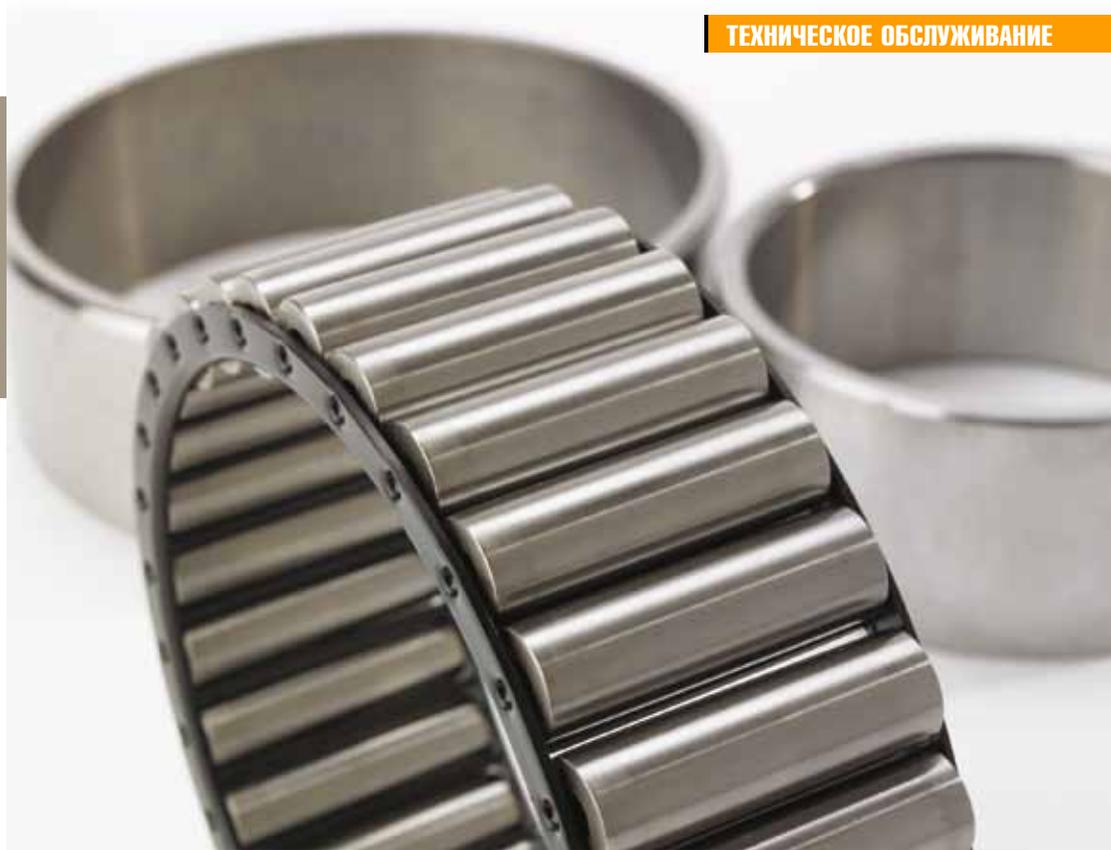
дорожки качения. Однако в нефиксированной позиции перекос – частое явление, наряду с осевым смещением снижающее эффективность и ресурс подшипника. ADAPT допускает перекос в 0,5° (30 угловых минут!) без потери производительности. Более того, новый подшипник продолжает эффективно работать при одновременном перекосе и осевом смещении, причем ролики выравниваются автоматически.

## ТРИ - НОЛЬ: ТЕМПЕРАТУРНОЕ РАСШИРЕНИЕ

При установке традиционных подшипников учитывается сразу несколько моментов. Необходимо (по крайней мере, по

**TIMKEN**

- Ведущий мировой разработчик и производитель подшипников качения и высококачественных легированных сталей
- 20000 сотрудников в 30 странах мира
- Объем продаж в 2010 г. – более 4 млрд долларов



рекомендациям разработчиков-производителей) провести замеры рабочих параметров установки, вычислить степень температурного расширения подшипника при работе, точно выставить зазоры и смещение колец при монтаже, а затем не допускать, чтобы установка отклонялась от расчетного режима работы. Выполняется ли это на практике? Чаще всего нет, отсюда повышенные износ и сокращение срока службы подшипников.

Оказалось, что при эксплуатации нового ADAPT ничего этого учитывать не надо. Температурное расширение на его работе не сказывается.

**ЧЕТЫРЕ - НОЛЬ: БЫСТРАЯ УСТАНОВКА БЕЗ ОШИБОК**

Установка традиционных подшипников занимает достаточно много времени. Нередко допускаются ошибки, начиная от неточностей в замерах и заканчивая элементарным «поставили не той стороной» (глупо, но встречается сплошь и рядом). В отличие от обычных, ролики ADAPT закреплены в держателе и устанавливаются одним блоком, а не по отдельности, и ошибиться здесь физически невозможно – подшипник симметричен.

Дополнительным плюсом стало удобство инспектирования. Подшипник можно быстро снять, проверить, установить обратно.

**ПЯТЬ - НОЛЬ: НАДЕЖНОСТЬ**

Мы уже касались этого преимущества выше, осталось вынести его за скобки и подчеркнуть отдельно. Благодаря устойчивой работе при перекосе, смещении и повышении температуры значительно снижается риск поломки подшипника

и, следовательно, вероятность сбоев в процессе литья и простаива оборудования.

**АДАПТИРУЕМСЯ?**

Технологические преимущества очевидны, но выгоден ли переход на ADAPT экономически? Мы задали этот вопрос эксперту, старшему сервис-инженеру компании «Инпромсервис» Николаю Стовяге.

– Давайте обратимся к цифрам. Во-первых, в ходе полевых испытаний на сталелитейном заводе в Линце новые подшипники уже преодолели рубеж в 1 000 000 тонн и продолжают работать без каких-либо отклонений. При этом ADAPT не дороже традиционных аналогов, а в ряде случаев и дешевле. Во-вторых, не будем забывать, что непрерывное

Компания «Инпромсервис» – ведущий авторизованный дилер TIMKEN в России и СНГ. С 1992 года поставляет подшипники ведущих мировых и отечественных марок предприятиям всех регионов России, Армении и Казахстана. Помимо поставок, обеспечивает гарантийную поддержку, техническое сопровождение и обслуживание заказчиков в соответствии с международными стандартами качества. Контактная информация – на [www.inpromservice.ru](http://www.inpromservice.ru)

литье – один из самых напряженных для оборудования процессов. А значит, особую роль играет надежность в условиях предельной нагрузки, и здесь ADAPT безусловно на высоте и способен уберечь от многотысячных, если не миллионных, затрат. Ведь речь идет не только о стоимости самого подшипника, но и о ремонте, временных затратах, простое оборудования – это все потерянные деньги! В-третьих, важно и качество обслуживания: например, мы как авторизованный дистрибьютор TIMKEN, обеспечи-

ваем не только поставку нового ADAPT, но и всестороннюю поддержку заказчика, начиная с консультаций и участия в монтаже и заканчивая гарантийными обязательствами. Спроситесь, это на порядок экономичнее и оперативнее, чем работать с несколькими подрядчиками по отдельности.

**ПОБЕДА ВСУХУЮ**

Объективное сравнение двух технологий похоже на матч команды-чемпиона с любительской сборной. Результаты говорят сами за себя.

Вряд ли имеет смысл срочно менять все подшипники на производстве. Но установить новые ADAPT при плановой замене или вместо вышедших из строя традиционных – бесспорно, выгодное и дальновидное решение для тех, кто ориентируется на долговременную перспективу.



# СТАРОСТЬ БЕЗ ДЕНЕГ ХУЖЕ СМЕРТИ

## ИЛИ КАК РЕГУЛЯРНЫЕ СБЕРЕЖЕНИЯ МОГУТ СПАСТИ ВАШЕ БУДУЩЕЕ

**З**а прошедший век в восприятии людей концепция пенсионного обеспечения трансформировалась из предмета роскоши в ожидаемое право. При этом продолжительность жизни значительно выросла. Согласно исследованию 99/111 подготовленному для Палаты общин в Великобритании (<http://www.parliament.uk/documents/commons/lib/research/rp99/rp99-111.pdf>), в 1901 году ожидалось, что родившиеся мальчики проживут в среднем 45 лет, а девочки 49. Текущие ориентировочные цифры Национального бюро статистики Великобритании устанавливают продолжительность жизни для мужчин на уровне 78,1 года, а для женщин – 82,1 года. Такая тенденция прослеживается во всех развитых странах.

Увеличение продолжительности жизни однозначно является хорошей новостью, но в тот же самый момент приходится с сожалением отмечать, что пенсионные системы к этому процессу не адаптировались. Все это указывает на важность создание индивидуального/личного пенсионного фонда. В опросе, проведенном Allianz, был задан вопрос: «Чего вы больше боитесь: остаться без денег на пенсии или смерти?». На удивление, 61% респондентов больше боятся финансовой несостоятельности в старости.

### КРАХ ПЕНСИОННОГО НАСЛЕДИЯ БИСМАРКА

Истоки современных пенсионных проблем восходят к XIX веку, когда канцлер Германии Отто фон Бисмарк ввел первую национальную систему социального обеспечения. С того вре-

мени, концепция пенсионного обеспечения по старости претерпела ряд изменений, но в целом действующие модели имеют общие черты. Государственные пенсионные системы используют налоги, полученные от доходов молодого населения, для выплат пенсионерам. Одновременно с падающей рождаемостью, люди живут все дольше, и все меньше остается молодых работающих граждан, способных поддерживать выплаты возрастающему числу пенсионеров. Ввиду этого давление на пенсионные системы во многих странах с каждым годом увеличивается.

В ближайшие годы мы неизбежно станем свидетелями серьезных реформ во многих странах. К примеру, в Великобритании к октябрю 2020 году пенсионный возраст будет повышен до 66 лет, а эксперты предупреждают, что к 2027 году он может подняться до 68 лет. В Новой Зеландии люди выходят на пенсию в 65 лет, но ведется обсуждение о повышении этой планки до 67 лет. Ирландия увеличит пенсионный возраст до 67 лет к 2021 году и до 68 лет к 2028 году. США, Австралия, Дания и Голландия повышают и повысили возраст выхода на пенсию до 67 лет. В группе развивающихся стран можно также заметить серьезные пробле-

мы. Китай в результате слишком жесткой реализации недальновидной «политики одного ребенка» находится на грани серьезнейшего демографического провала, до которого странам Старого света еще далеко.

Не надо думать, будто европейские и американские пенсионеры живут хорошо именно благодаря государственной пенсионной системе. Модель «государства всеобщего благосостояния» начинает давать трещину. Правительства развитых стран уже не в силах обеспечивать индексацию пенсионных выплат, сравнимую с инфляцией, чтобы не попасть в еще большую долговую яму.

### «ПРОВАЛ В ПЛАНИРОВАНИИ – ЭТО НЕ ЧТО ИНОЕ, КАК ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОВАЛА»

Все эти изменения указывают на то, что о своей пенсии лучше позаботиться самим. И правильнее всего откладывать средства в течение активной трудовой деятельности. Одни финансовые консультанты говорят о том, что необходимо откладывать не менее 10% заработка, другие называют более высокий процент – 15 и даже 20%. На самом деле, все зависит от конкретной ситуации. Для определения разумного уровня сбе-



режений необходимо составить личный финансовый план, и лучше это сделать вместе с финансовым советником.

Одним из эффективных способов решения данной задачи может стать открытие регулярного накопительного плана у оффшорной инвестиционно-страховой компании. Главной задачей является обеспечение прироста капитала и накопления в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Поскольку полисы выпускаются в оффшорной юрисдикции, налог на доход и прирост капитала в этих фондах отсутствует.

Регулярные накопительные планы также способствует выполнению поставленных целей. Клиенты понимают, для чего они это делают, и намного реже останавливаются на полпути к поставленной цели. Ежемесячные взносы не обязательно должны быть крупными: можно начинать и с малых сумм, увеличивая их с течением времени. Эти программы очень гибкие. К примеру, существует возможность изменить регулярность взносов или даже остановить их на какое-то время, если на то будет необходимость. Крупные суммы денег, обычно годовые бонусы, также могут быть добавлены в накопительную программу, придав ей серьезное «инвестиционное ускорение». При увеличенных взносах и длительности программы существует возможность получить существенные бонусы, которые делают данные программы особенно привлекательными.

Все средства, переведенные в рамках накопительной про-

Изменение средней продолжительности жизни

Страна	1960	2009
Япония	67,67	82,93
Швеция	73,01	81,35
Норвегия	73,55	80,8
Великобритания	71,13	80,05
США	69,77	78,09
Саудовская Аравия	44,87	73,63
Китай	43,46	73,06
Иран	44,58	72,49
Россия	67,41	68,6
Индия	42,45	64,78

\* World Bank, World Development Indicators

граммы, инвестируются в портфель фондов, соответствующих степени риска клиента. Многие оффшорные регулярные накопительные планы предлагают широкий список самых разнообразных фондов с разными уровнями риска, валютами, географическими регионами. Все фонды от известных инвестиционных домов – JP Morgan, Fidelity, Barings и других. Обычно список фондов насчитывает более ста позиций. Существует также возможность инвестировать в фонды, соответствующие принципам Шариата и другие

этические фонды (социально ответственные фонды).

### «ЧЕМ МЕНЬШЕ ВЫ ПОТРАТИТЕ СЕЙЧАС, ТЕМ БОЛЬШЕ СМОЖЕТЕ ПОТРАТИТЬ НА ПЕНСИИ»

Разработку инвестиционного портфеля разумнее всего поручить финансовому консультанту, поскольку должно быть учтено много разных факторов. Иногда выполнение этой работы можно бесплатно заказать через интернет.

Реальным преимуществом ежемесячного инвестирования является отсутствие необходимого момента входа в рынок. Если средства инвестируются на регулярной основе, тогда, при падении стоимости паев фондов, клиент приобретет больше паев по более низкой стоимости. Таким образом, инвестор аккумулирует намного больше паев, когда рынки находятся в депрессивном состоянии, и при их восстановлении стоимость всего портфеля резко устремляется вверх. Это явление

называется «усреднением стоимости».

Мало кто имеет привычку откладывать 15-20% своего дохода на будущие цели. Но нужно помнить, что даже на Западе, многие из тех, кто планировал выйти на пенсию в 60-65 лет, вынуждены будут либо намного больше работать, либо намного больше откладывать в течение своей карьеры.

В исторической перспективе, именно сейчас, в наше время, на каждом из нас лежит высокая ответственность за собственную финансовую безопасность. **IP**

## ВЫСТАВКИ В 2012 ГОДУ

Дата проведения	название выставки	Тематика выставки	Выставочный комплекс
2012.05.14 - 2012.05.17	ВСЕРОССИЙСКАЯ МАРКА (III ТЫСЯЧЕЛЕТИЕ). ЗНАК КАЧЕСТВА XXI ВЕКА - 2012 27-я выставка и конкурс	Металлообработка, Машиностроение	Москва, ВВЦ
2012.05.28 - 2012.06.01	МЕТАЛЛООБРАБОТКА - 2012 13-я международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности»	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.05.28 - 2012.05.31	МЕТАЛЛУРГИЯ-ЛИТМАШ - 2012 Международная выставка машин, оборудования, технологий и продукции металлургической промышленности	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.05.28 - 2012.05.31	ТРУБЫ. РОССИЯ - 2012 Международная выставка трубной промышленности и трубопроводов	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.05.28 - 2012.05.31	АЛЮМИНИЙ / ЦВЕТМЕТ - 2012 Международная выставка по алюминию, цветным металлам, материалам, технологиям и продукции	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.06.19 - 2012.06.22	ROSMOULD / ФОРМЫ. ПРЕСС-ФОРМЫ. ШТАМПЫ - 2012 7-я международная специализированная выставка	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Крокус Экспо
2012.09.25 - 2012.09.27	ТЕРМООБРАБОТКА - 2012 Шестая международная специализированная выставка технологий и оборудования для термообработки	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.10.15 - 2012.10.18	СТАНКОСТРОЕНИЕ - 2012 Международная специализированная выставка	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Крокус Экспо
2012.10.22 - 2012.10.25	PCVEXPO - 2012 1-й международный форум	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.10.23 - 2012.10.26	MASHEX / МАШИНОСТРОЕНИЕ - 2012 15-я международная специализированная выставка	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне
2012.10.23 - 2012.10.26	WELDEX / РОССВАРКА - 2012 Международная специализированная выставка	Металлообработка, Машиностроение	Москва, Сокольники, КВЦ
2012.11.13 - 2012.11.16	МЕТАЛЛ-ЭКСПО - 2012 18-я международная промышленная выставка	Металлообработка, Машиностроение	Москва, ВВЦ
2012.11.13 - 2012.11.16	МЕТАЛЛУРГМАШ - 2012 4-я международная выставка	Металлообработка, Машиностроение	Москва, ВВЦ
2012.12.13 - 2012.12.16	ВСЕРОССИЙСКАЯ МАРКА (III ТЫСЯЧЕЛЕТИЕ). ЗНАК КАЧЕСТВА XXI ВЕКА - 2012 27-я выставка и конкурс	Металлообработка, Машиностроение	Москва, ВВЦ

# СМАЗКА ПОДШИПНИКОВ

ТЕКСТ АНДРЕЙ КУДИМОВ,  
специалист по смазочным  
материалам «Шелл»

## С ПОМОЩЬЮ ЛУБРИКАТОРОВ

По статистике примерно 36 % выходов подшипников из строя вызвано отсутствием смазки или ее неправильным применением. Современные лубрикативы позволяют своевременно и эффективно осуществлять смазывание деталей.

Начнем с классификации. В процессах технического обслуживания оборудования применяются несколько видов смазывания подшипниковых узлов.

**Пассивное смазывание.** Подшипник заполнен смазкой на весь срок службы. Такой случай характерен для подшипников закрытого типа, но некоторые их разновидности необходимо повторно смазывать в особо тяжелых условиях эксплуатации.

**Ручное смазывание.** В этом случае обслуживающий персонал должен регулярно осматривать оборудование и смазывать его с помощью механических приспособлений согласно рекомендациям производителей оборудования. Преимуществом данного способа является его простота. Среди недостатков – необходимость контроля за своевременным проведением технического обслуживания, а также невозможность регулярно обслуживать некоторые труднодоступные узлы.

**Автоматическое смазывание.** В этом случае на оборудовании установлена централизованная система смазки, которая подается в заданном количестве через определенные промежутки времени. Работу системы отслеживает блок управления. Присутствие человека необходимо только для контроля за работоспособностью системы. Недостатком таких систем является их сравнительно высокая цена.

**Полуавтоматическое смазывание.** Объединяет достоинства централизованных систем смазывания и процессов смазывания вручную. Снижение затрат обеспечивается за счет применения полуавтоматиче-

ского маслораздаточного оборудования или автоматических лубрикативов.

Далее пойдет речь именно о полуавтоматическом смазывании и предназначенных для этого лубрикативах. Надо сказать, что идея применения автоматических лубрикативов не нова. В течение долгого времени было разработано несколько конструкций таких устройств. Вначале они имели механический привод. При разработке ставилась задача – создать миниатюрную версию пистолета для картриджей со смазкой, которая могла выдавливать смазку в течение продолжительного времени. Поршень приводился в движение сжатой пружиной. Преимуществом такого типа лубрикативов была возможность многократного использования и простота конструкции.

Однако были и недостатки: процедура повторного заполнения лубрикатива смазкой грозила возможным загрязнением окружающего пространства, по мере опустошения емкости со смазкой падало давление, существовала необходимость в частом контроле за работой лубрикатива из-за отсутствия датчиков или сигнализаторов, имели место выходы лубрикативов из строя из-за нестабильного качества пружин. Несмотря на перечисленные недостатки, данный тип устройств получил в свое время широкое распространение, так как позволял существенно снизить трудоемкость работ по техническому обслуживанию.

Следующим этапом «эволюции» стало появление автоматических лубрикативов с газовым приводом. Они отличаются простотой монтажа, позволяют устанавливать режим смазывания в широком диапазоне, не требуют обслуживания в процессе эксплуатации, работоспособны в условиях повышенной запыленности и влажности благодаря герметичной конструкции. Но эти улучшения дали не



так просто. Первоначально в качестве реактивного газа использовался водород, выделявшийся в результате взаимодействия двух реактивов. Технология оказалась не самой надежной: существенное количество лубрикативов не запускалось после монтажа. Поскольку в конструкции не предусматривалось наличие индикаторов, инженеры слишком поздно узнавали, что смазка не поступала в узел смазывания, когда подшипник уже получал необратимые повреждения. Кроме того, применение водорода не позволяло таким устройствам получить допуск к эксплуатации во взрывоопасных средах.

Со временем вместо двух реактивов стали применять одно вещество, из которого под воздействием электрического тока выделялся инертный газ. Надежность лубрикативов значительно возросла, однако они были одноразовыми, а устройства, демонстрирующие работоспособность механизма, не применялись. Требовалось регулярно проводить визуальный осмотр лубрикативов. Максимально возможное давление для таких конструкций так и не превысило 5 бар при полном заполнении. По мере опорожнения резервуара со смазкой и увеличения объема надпоршне-

вой полости, давление в магистрали снижалось.

На данный момент самой современной конструкцией автоматических лубрикативов является лубрикатив с электромеханическим приводом. Он объединяет в себе достоинства механического и газового приводов, среди которых: возможность многократного использования (заменяется только емкость со смазкой); высокое и постоянное давление в магистралях на протяжении всего периода работы (5 бар); возможность удаленной установки (до 3 м от узла смазывания); возможность применения емкостей для смазки различного объема; герметичность; наличие на корпусе индикации о режиме работы. Именно такие лубрикативы специалисты «Шелл» обычно рекомендуют использовать для всех типов оборудования.

В 2011 году ассортимент поставляемых в Россию лубрикативов Shell Tactic EMV пополнился лубрикативами со смазкой Shell Gadus S5 V100 2 и Shell Gadus S3 V220 C2. Смазка Shell Gadus S5 V100 2 для смазывания подшипников качения уже неоднократно применялась на различных предприятиях России. Лубрикативы Shell Tactic EMV Gadus S5 V100 2 также находят широкое применение в электродвигателях, вентиляторах, насосах и ином оборудовании. Смазка Shell Gadus S3 V220 C2 обладает отличительной чертой некоторых пластичных смазок «Шелл» – красным цветом. Изменение цвета на более яркий позволяет эффективнее контролировать смазывание подшипниковых узлов, поскольку смазка красного цвета заметнее на металлических поверхностях. Кроме того, стало гораздо проще визуально различить работавший смазочный материал и свежий. Смазка Shell Gadus S3 V220 C2 рекомендуется для смазывания подшипниковых узлов, эксплуатируемых в более тяжелых условиях. IP