



Д-р-инж. В. Московчук

Компания «INTECO special melting technologies GmbH»,
г. Брук а. д. Мур, Австрия

УДК 66.041.498.043.1.044.24

МОБИЛЬНЫЙ МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ*

Описан мобильный манипулятор для торкретирования футеровки конвертера, разработанный дочерней компанией «TBR casting technologies» (ТБР), входящей в состав «INTECO special melting technologies GmbH», Австрия. Приведены отличительные особенности торкрет-манипулятора, варианты режима его работы, а также преимущества по сравнению с другими торкрет-машинами, предлагаемыми на рынке.

Ключевые слова: торкрет-манипулятор, компания ТБР, торкретирование, футеровка конвертера.

Компания «INTECO special melting technologies GmbH» — известный игрок на рынке металлургического машиностроения и инжиниринга, лидер в области технологий ЭШП, ВДП, ВИП, процессов вакуумирования стали. Одна из дочерних компаний — австрийская компания «TBR casting technologies» (ТБР) предлагает манипулятор для автоматического торкретирования футеровки конвертера (рис. 1). Сокращение времени на горячий ремонт футеровки — это значительное увеличение срока службы конвертера, а автоматизация процесса — это безопасность обслуживающего персонала и снижение влияния человеческого фактора на технологический процесс.

Отличительные особенности торкрет-манипулятора: режим работы стрелы (рис. 2) — 3-осевая торкрет-насадка с полным выводом стрелы телескопа за 25 с, угол вращения вокруг оси 360°, угол наклона насадки от -30 до $+90^\circ$; каждый компонент приводится в движение электроприводом; дизайн стрелы и насадки не требует водяного охлаждения; задаваемые режимы работы — автоматический, полуавтоматический на дистанционном управлении и ручной на безопасном расстоянии. Стрела телескопа выполнена в массивном дизайне для предотвращения механических повреждений, а сама конструкция манипулятора — в износостойком исполнении, проверенном в течение 1 ч в горячем конвертере в процессе промышленных испытаний. Управление манипулятором осуществляется с применением сенсорной панели с выбором режима процесса торкретирования, процедуры проведения торкрет-операций или фиксации зон торкретирования в полуавтоматическом режиме. Торкрет-манипулятор сохраняет хронологию проведения торкрет-ремонта с ко-

личеством наносимых слоев для более поздней статистической оценки работы.

При разработке модели торкрет-манипулятора компания ТБР ориентировалась на интересы металлурга (потребителя), огнеупорщика (поставщика торкрет-массы) и машиностроителя

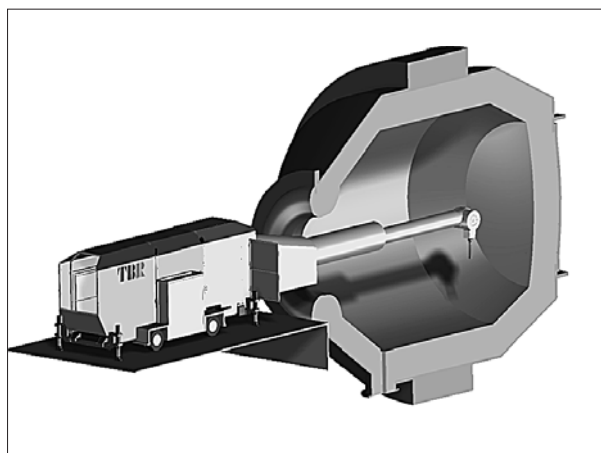


Рис. 1. Торкрет-манипулятор для футеровки конвертера

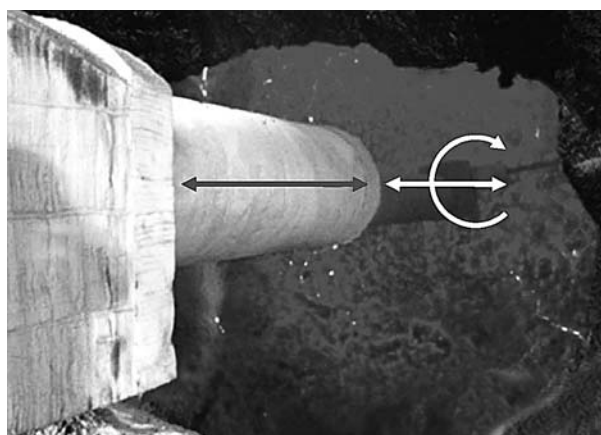


Рис. 2. Стрела телескопа торкрет-манипулятора

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (29–30 марта 2012 г., Москва).

(создателя торкрет-манипулятора). В качестве ожидаемых интересов металлурга были определены следующие, порой взаимоисключающие показатели:

- компактность размеров машины (чем меньше, тем лучше?);
- универсальность применения с учетом площади обслуживания, типа конвертера;
- производительность (покрытие большей поверхности футеровки в единицу времени);
- точность (торкретирование именно изношенных участков);
- результативность (независимо от типа смеси минимум отскока, максимум прилипания и стойкости наносимого слоя);
- воспроизводимость результатов (стабильное качество выполнения операций в пространстве и времени);
- безопасность использования для персонала (вода, масло в горячей среде);
- свобода выбора поставщика торкрет-смеси (тип торкрет-смеси, воды, давление сред);
- свобода выбора поставщика оборудования (по показателям машины, бункеров питателей, шлангов, торкрет-насадок);
- высокая стойкость оборудования, торкрет-массы и, соответственно, футеровки конвертера;
- низкая стоимость оборудования и расходных материалов при закупке;
- низкая удельная стоимость оборудования и торкрет-массы при суммировании всех затрат.

Интересы металлурга (А), огнеупорщика (Б) и машиностроителя (В) оценивались как заинтересованность в показателе (+1), нейтральность к нему (0) и непродуктивность (–1) (табл. 1). Судя по табл. 1, наблюдается четкое совпадение интересов А, Б и В по следующим показателям: производительности, результативности, воспроизводимости и безопасности использования, высокой

жизнестойкости, низкой удельной стоимости. Нейтральными оценены факторы компактности машины и универсальности ее применения, противоположными — интересы, касающиеся типов торкрет-смеси и машины, а также их стоимости, а именно:

- тип смеси (огнеупорщик заинтересован в эксклюзивных поставках только своего материала);
- тип машины (машиностроитель заинтересован в эксклюзивных поставках только своего оборудования. Если машина реализуется огнеупорщиком пакетно, то интерес в эксклюзивности поставки машины имеется и со стороны огнеупорщика);
- стоимость оборудования (низкая цена интересует только металлурга). Интересы огнеупорщика и машиностроителя обратные, если машина соответствует приведенным выше совпадаемым интересам (в конечном итоге соотношение цена : качество и сравнение конкурентных преимуществ через удельную стоимость. В данном случае интересы А, Б и В опять совпадают).

Таким образом, на основании табл. 1 можно сделать первый предварительный вывод: тип машины — самый неоднозначный фактор оценки, который через универсальность дизайна и удовлетворение требований потребителя влияет на успешную реализацию основной задачи металлурга — повышения стойкости футеровки конвертера. При выборе концепции и дизайна в ходе конструирования торкрет-оборудования машиностроитель решает следующие задачи:

- создание такой конструкции, которая бы удовлетворяла интересам металлурга и огнеупорщика;
- универсальность концепции с целью снижения затрат на собственный инжиниринг;
- универсальность конструкции для различных типов конвертеров и площадок обслуживания (гусеничный ход, колеса, монорельс, рельсы, шарнир, подвесная конструкция) для снижения затрат на изготовление и складские запасы запчастей.

С учетом этих задач компания ТБР выбрала 2-блочную концепцию размещения и модульный дизайн конструкции торкрет-манипулятора для футеровки конвертера: 1 — устройство подачи огнеупорной смеси с бункерами давления и загрузки; 2 — торкрет-манипулятор на самоходном шасси. Стрела телескопа торкрет-манипулятора разработана для длительного использования внутри горячего конвертера и располагается по его оси; используются специальная изоляция и воздушное охлаждение; компактность исполнения и длина телескопа подбираются под габариты конвертера. Для автоматического режима работы манипу-

Таблица 1.

Показатели	А	Б	В	Σ
Компактность машины	1	0	0	1
Универсальность применения	1	0	0	1
Производительность	1	1	1	3
Результативность	1	1	1	3
Воспроизводимость	1	1	1	3
Безопасность использования	1	1	1	3
Тип торкрет-смеси	1	–1	0	0
Тип машины	1	0 (–1)	–1	0 (–1)
Высокая жизнестойкость	1	1	1	3
Низкая стоимость	1	–1	–1	–1
Удельная стоимость	1	1	1	3

лятора программа учитывает следующие базовые параметры программирования (рис. 3): J — геометрия линии подачи готовой смеси; K — термодинамика сред; L — матрица смеси; M — матрица режима работы; N — контроль исполнения.

Основные параметры для программы работы торкрет-манипулятора (габариты конвертера и расстояние от манипулятора до конвертера) задаются металлургом на сенсорной панели (маркировка на площадке обслуживания облегчает задачу повторного позиционирования манипулятора). Дополнительно задаются варианты режима работы торкрет-манипулятора, в том числе автоматического (рис. 4): размеры и положение участка; число наносимых торкрет-слоев; схема нанесения торкрет-слоя; специальная программа (под дизайн футеровки) для торкретирования донного шва и нижнего конуса; внутренняя поверхность конвертера (может быть разной для каждого в случае конструктивных различий) картируется по чертежу футеровки; определяются зоны и программа торкретирования; задаются блокируемые зоны (без торкретирования) для всех режимов работы.

Изначально концепцию торкрет-манипулятора разрабатывали для крупнотоннажных конвертеров. Первая опытная версия манипулятора была опробована и внедрена на комбинате Таранто в Италии (рис. 5, а, крайняя правая модель). В современной конструкции (см. рис. 5, а, модель слева) были усовершенствованы приводы шасси, стрелы, насадки, проверено взаимодействие приводов для ускорения движений. Универсальность дизайна проверялась для типоразмеров конвертеров, известных на рынке. «Экзотические» варианты (типа 7-т конвертеров в Китае, рис. 5, б) заведомо не принимались во внимание. Исходя из разброса соотношения высота:диаметр конвертера (в пределах от 1,2 до 1,7) и вместимости конвертеров возможен вариант из четырех моделей.

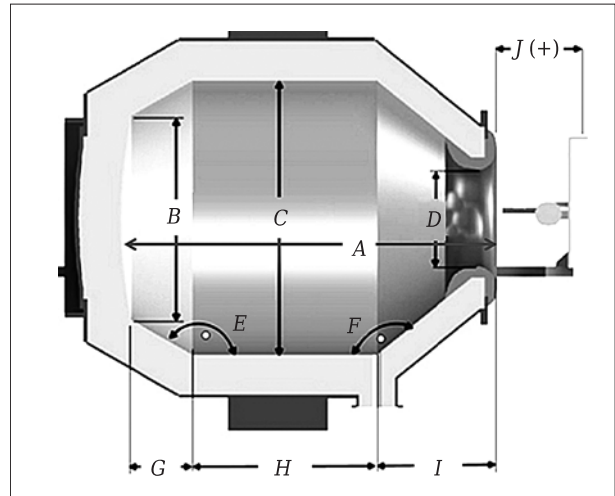


Рис. 3. Основные параметры программирования работы торкрет-манипулятора

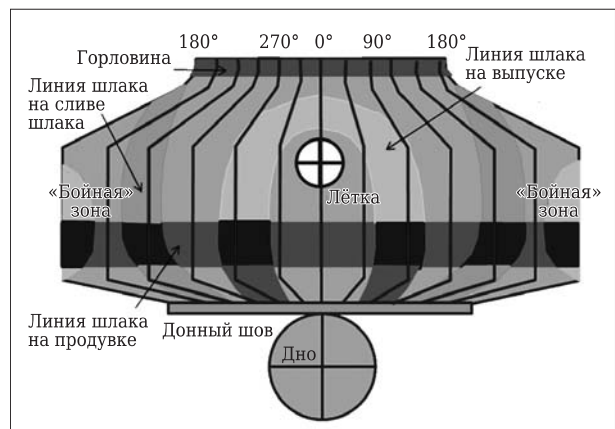


Рис. 4. Установка вариантов для автоматического режима работы торкрет-манипулятора

Тип торкрет-массы — фактор, который по-своему ограничивает универсальность применения торкрет-машин на рынке. Крупнозернистая матрица порошков дешевого сегмента повышает производительность установки, но одновременно и

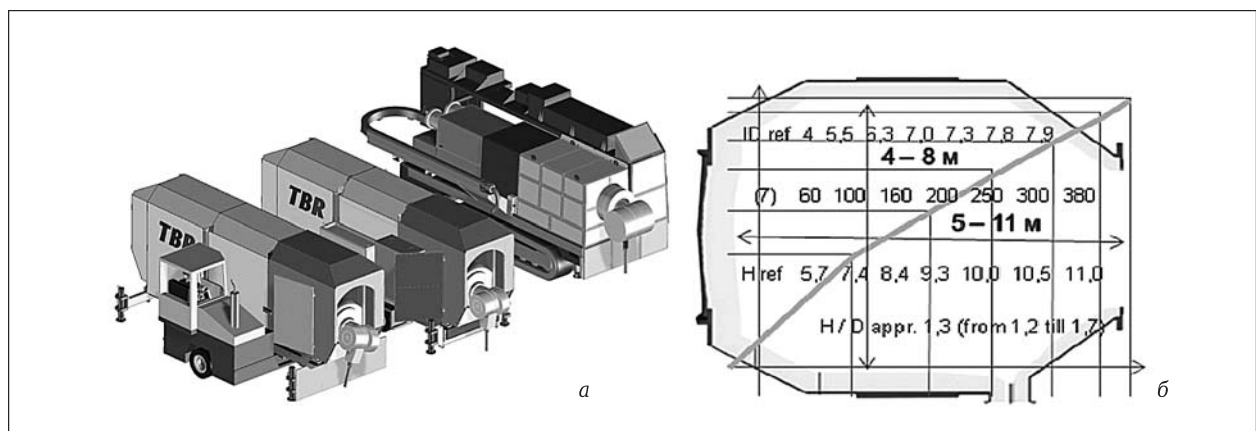


Рис. 5. Варианты конструкции торкрет-манипулятора

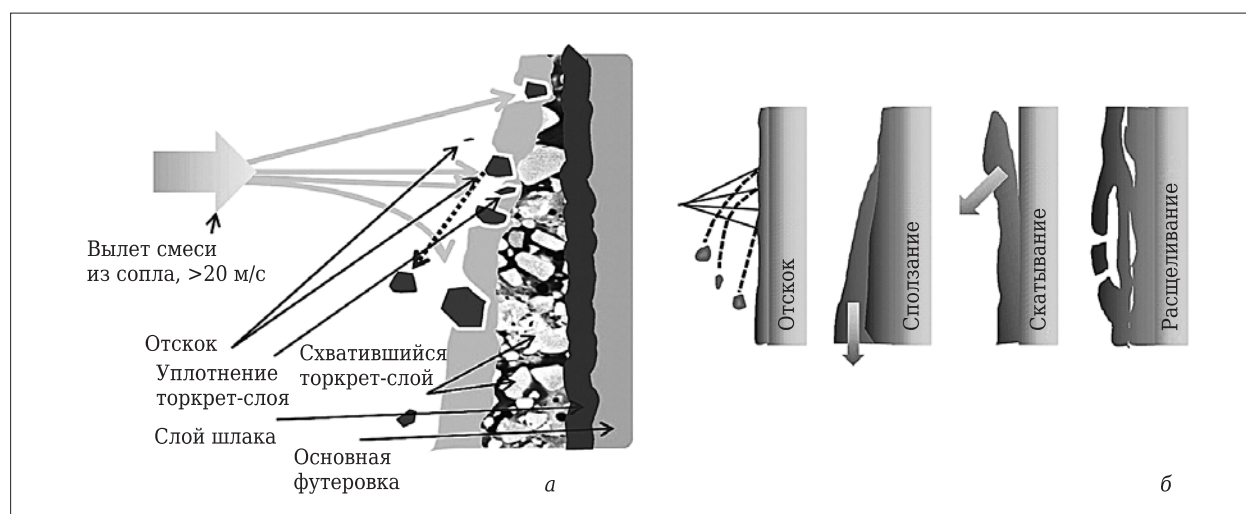


Рис. 6. Механизм процесса торкретирования (а) и типичные проблемы (б)

потери материала при отскоке. Механизм процесса торкретирования и виды потерь торкрет-массы известны еще с 80-х годов прошлого столетия из работ скоростной проходки альпийских туннелей (рис. 6). Уникальность предлагаемой ТБР модели торкрет-манипулятора:

- торкрет-насадка в состоянии «достать» любой участок поверхности футеровки конвертера под оптимальным углом атаки 90°;
- скорость торкретирования выбирается в зависимости от состава торкрет-смеси (образование слоя, различные типы слоев в зависимости от соотношения вода : воздух);
- воспроизводимость результатов не зависит от квалификации оператора.

В результате этого снижение количества пористых участков и повышение плотности футеровки конвертера ведут к росту ее стойкости; временные затраты на торкретирование манипулятором составляют примерно 20 % от затрат времени

на торкретирование вручную; наблюдаются высокая точность и воспроизводимость качества торкретирования. Структура торкрет-слоя и зерновой состав торкрет-смеси влияют на кинетику реакций, проходящих в процессе торкретирования, а также на механизм формирования связующей матрицы, износа торкрет-слоя и, соответственно, на стойкость футеровки.

Благодаря особенностям конструкции торкрет-манипулятор компании ТБР показывает очевидные преимущества по сравнению с другими торкрет-установками (табл. 2). Преимущества применения торкрет-манипулятора ТБР:

- увеличение ресурса конвертера через сокращение времени горячих ремонтов футеровки;
- повышение стойкости футеровки, особенно за счет целенаправленного торкретирования зон ускоренного износа в комплексе с лазерным замером состояния футеровки;

Таблица 2.

Показатели	Ручной режим (копье)	Торкрет-установка («Shooter» и т. д.)	Торкрет-манипулятор ТБР
Массоперенос, кг/мин	80–100	100–300	150–600
Длительность торкретирования (т. е. остановка конвертера), %	Референс*	40	20
Качество:			
плотности слоя	»	+5 %	+10 %
пористости слоя	»	–16 %	–48 %
Точность торкретирования (угол, дистанция, адгезия)	Низкая	Средняя	Высокая
Воспроизводимость результатов	0	Условная	100 % (в автоматическом режиме)
Стойкость, плавки (частота) (пример одного материала)	8–12 (3 раза/сут)	10–20 (2–3 раза/сут)	30–35 (1 раз/сут)

* Уровень (100 %), от которого измеряются все остальные.

Таблица 3.

Раздув шлака	Торкретирование с применением торкрет-манипулятора ТБР
Неравномерность создаваемого слоя (передув азотом, верхняя часть менее защищена, нарастание днища)	Конструкция сопла позволяет торкретировать любую зону футеровки
Частично — запечатывание канала летки и фурм шлаком	Область летки и донных фурм блокируется программой управления манипулятора от торкретирования
Может приводить к образованию «закозлений» на кислородной фурме с необходимой последующей зачисткой фурмы	Во время торкретирования кислородная фурма находится вне конвертера, в положении парковки
Технология газодинамического раздува шлака в конвертере требует обеспечения соответствующими оборудованием и средами	Модификаций на конвертере для установки манипулятора не требуется, кроме места для парковки и установки узла обеспечения — для огнеупорного порошка, воды и сжатого воздуха

Таблица 4.

Модель	Зерно, мм, мельче	Производительность	
		т/ч	кг/мин
A2*	4	22,0	367
D5	4	15,0	250
D6	12	9,0	150
J1*	4	4,5	75
D3	4	19,8	330
S2	6	12,0	200
A3*	4	12,0	200
U1*	6	12,0	200
TBR	4	36	600

— снижение расхода на огнеупорные порошки для ремонта благодаря более точному торкретированию, и прежде всего снижению отскока массы;

— повышение стойкости торкрет-слоя за счет увеличения его плотности и снижения пористости и в результате — снижение нежелательных эффектов сползания, скатывания или расщеливания.

Условия проведения испытаний торкрет-манипулятора на комбинатах в Зальцгиттере и Линце пока не позволяют провести детальный качествен-

ный сравнительный анализ торкретирования с технологией газодинамического раздува шлака. Но уже сегодня отдельные технологические показатели процесса торкретирования определяют главную особенность применения торкрет-манипулятора — более полное соответствие технологии «cleen steel» (шлак предыдущей плавки меньше влияет на материальный баланс плавки, чем при раздуве шлака, табл. 3).

Сравнивая производительность торкрет-манипулятора и торкрет-машины, предлагаемых на рынке (табл. 4), следует отметить, что примерно половина предлагаемых моделей связана «эксклюзивными правами на сбыт» через огнеупорные компании (отмечены звездочками), т. е. изготавливаются для определенного типа торкрет-смесей, что должно обеспечивать рост производительности (как в модели A2 с ручным режимом торкретирования). Тем не менее разработанная модель торкрет-манипулятора компании ТБР с автоматическим режимом торкретирования из одной точки установки машины перед конвертером — самое технологичное сегодня решение и альтернатива существующим технологиям торкретирования. ■

Получено 10.05.12
© В. Московчук, 2013 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



RIO 2013

CARBON

14-19 JUL, 2013

COPACABANA, RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Первая всемирная конференция по углероду (CARBON RIO 2013)

14-19 июля 2013 г.

г. Рио-де-Жанейро, Бразилия