



It is shown that immersed glasses Fosulis of construction of TECHCOM considerably improve quality of special steels.

Э. ШУМАХЕР, В. ЭНДЕРС, TECHCOM GMBH, И. БОНДАРЕНКО, ОАО «БМЗ»

УДК 669.21

ПОГРУЖНЫЕ СТАКАНЫ FOSULIS КОНСТРУКЦИИ TECHCOM УЛУЧШАЮТ КАЧЕСТВО СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

В настоящее время вопросы снижения загрязненности стали неметаллическими включениями, повышения структурной и химической однородности и улучшения качества поверхности непрерывнолитого слитка наиболее актуальны при производстве качественного конструкционного металла, для изготовления рельс, шарикоподшипников, металлокорда. Особенно важно обеспечить условия технологии, направленные на нивелирование процессов перехода неметаллических включений в металл и развитие ликвационных процессов на последнем этапе производства стали – при непрерывной разливке, так как этот технологический этап заканчивается кристаллизацией слитка и все негативные эффекты фиксируются в готовом продукте. Задача в большей мере решается путем торможения центрального потока металла, поступающего в кристаллизатор, организацией гидродинамики потоков металла минимизирующих вовлечение включений и шлакообразующей смеси вглубь слитка, равномерно распределяющим объемы металла по сечениям заготовки. Главным образом, в современной практике это успешно решается с помощью электромагнитного перемешивания (ЭМП). Однако реализация данного метода требует дорогостоящего оборудования, а при последующей установке в процессе модернизации МНЛЗ в некоторых случаях и изменений конструкции кристаллизатора и стола качания. Известны другие предложения по решению данной задачи в дополнение к ЭМП: организация вихревого движения жидкого металла на стадии его нахождения в канале погружного стакана за счет извне прикладываемого магнитного поля с переносом вращательного движения в объем кристаллизатора [1], применение глуходонного стакана с веерообразным расположением выходных каналов [2]. Недостаток первого способа – низкая эффективность из-за ма-

лого количества вращательного движения, вносимого потоком. В числе недостатков второго способа можно назвать ускоренное гашение вращения металла в кристаллизаторе не круглого сечения, а также появление бурлящего возмущения поверхностных слоев мениска, особенно в угловых зонах кристаллизатора. В целом попытки заменить ЭМП при непрерывной разливке до настоящего времени не нашли широкого применения. Немецкая фирма Techcom GmbH совместно с Московским Институтом стали и сплавов (МИСиС) разработала новый способ непрерывной разливки стали из промежуточного ковша в кристаллизатор с помощью погружного стакана конструкции Fosulis [3].

В этом способе потоку стали придают вращательное движение в ограниченном объеме кристаллизатора и в таком состоянии подают в объем металла кристаллизатора. Погружной глуходонный стакан снабжен юбкой, закрепленной на нижней наружной части стакана выше выходных боковых каналов, расположенных веерообразно по периметру поперечного сечения стакана. При этом юбка имеет внутреннюю цилиндрическую (или другую) поверхность и ее нижний край находится ниже дна стакана (рис. 1).

В этом случае значительный объем стали в состоянии вращения подается в объем жидкого ме-

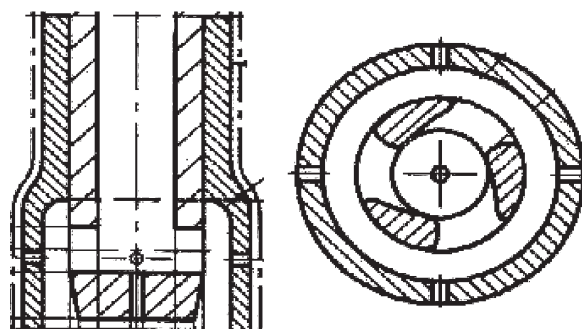


Рис. 1. Общий вид стакана Fosulis

талла кристаллизатора, тем самым, существенно увеличивается количество движения вращения, вносимое в кристаллизатор. Гидродинамическая ситуация при использовании стакана Fosulis детально изучена на холодной водной модели [4]. В экспериментах фиксировали угловую скорость и направление вращения воды в различных участках кристаллизатора и глубину проникновения задействованного вращательным движением объема в объем кристаллизатора в зависимости от формы и размеров юбки, осевого отклонения выходных отверстий, глубины погружения стакана и др. Наибольшие значения начальной угловой скорости вращения воды в объеме кристаллизатора имеют место сразу на выходе вращающегося потока из-под юбки. Это вращение по мере перемещения вглубь кристаллизатора вначале частично затухает, затем стабилизируется примерно на постоянном уровне, характерном для соответствующего диаметра юбки. Движение вращения потока воды с относительно стабильной угловой скоростью охватывает всю глубину кристаллизатора (800 мм). Отмечено полное торможение потока воды в кристаллизаторе благодаря переводу поступательного его движения во вращательное.

Производственные испытания разработанного стакана начались в 2009 г. на металлургическом заводе LSW Lech-Stahlwerke GmbH (Германия), специализирующемся главным образом на производстве высококачественных и специальных сталей для автомобильной промышленности. Опробование проводили на 4-ручьевой криволинейной МНЛЗ со стопорной регулировкой истечения металла при формате заготовки 240×240 мм, скорость разливки 0,8–0,9 м/мин. Основываясь на результатах и выводах исследований на холодных моделях, были разработаны погружные стаканы-моноблоки для условий LSW. Первая серия предусматривала подтверждение соответствия нового погружного стакана условиям техники безопасности, при этом пробы для определения технологического эффекта не отбирались. В этих целях была выбрана конструкционная сталь марки 33MnCrB5. Погружным стаканом FOSULIS был оборудован один ручей. Промежуточный ковш с рабочим огнеупорным слоем из сухих масс был в течение 2 ч нагрет до 1300 °С. Погружные стаканы-моноблоки при этом были дополнительно изолированы минеральной ватой. Перед началом разливки изоляция была удалена. Старт в автоматическом режиме, как и разливка серии из четырех плавков длительностью по 60 мин, прошли без замечаний. Результаты визуального обследования погружного стакана по окончании серии, учитывая агрессивность разливаемой

стали, показали удовлетворительное его состояние и было принято решение об опробовании стаканов на дорогих марках стали. На следующем этапе опробования разливали подшипниковую сталь марки 100Cr6. Формат заготовки 240×240 мм, скорость разливки 0,75–0,8 м/мин. Погружными стаканами Fosulis были оборудованы два ручья, на двух других устанавливали ранее применявшиеся стаканы, и тем примечательны сравнительные результаты этого этапа опробования. Промежуточный ковш, футерованный сухими массами, разогревали в течение 2,5 ч до температуры 1300 °С. Разлит был один ковш с отбором проб по всем четырем ручьям на первых трех заготовках. Пробы исследовали по технологии ультразвукового просвечивания под водой и методом металлографии. Результаты приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Результаты микро- и макроанализа конструкционного металла

Показатель	Индекс	VAPEX	FOSULIS
Макро.- RG	USTT	1,9	0,7
Микро.- RG	K1	5,8	1,9
	M	7,0	5,0

Результаты опробования указывают на уменьшение количества неметаллических включений при использовании погружных стаканов технологии Fosulis практически в 1,4 и 3,0 раза. Это является следствием торможения продольных потоков и переводом их в потоки вращательные, вследствие чего уменьшаются ликвационные процессы в кристаллизующейся стали и улучшается теплоотвод в поперечном направлении. При следующих опробованиях уже все четыре ручья оборудовали погружными стаканами Fosulis. По двум сериям получены результаты лабораторных исследований. В первой серии были разлиты две плавки стали марки 100Cr6. Продукт проката этих плавков (круг 33,5 мм) в 100%-ном объеме контролировали ультразвуковым методом. Результат – 0% выбраковки (при обычных до 6%). Вторая серия состояла из четырех плавков: первая плавка – сталь ZF7, остальные три плавки – сталь 20MnCr5 +НН.

Со всех шести плавков были взяты пробы после обжарки и исследованы ультразвуковыми методами на нарушения сплошности. Для определения микроскопической степени чистоты К3 (К4) по DIN50602 с конечного продукта каждой плавки были взяты по шесть шлифов. Применение погружных стаканов Fosulis показало на всех шести плавках очень хорошие результаты по степени чистоты как в макро-, так и микроскопическом диапазоне.

Таблица 2. Результаты микро- и макроанализа шарикоподшипникового и конструкционного металлов

Позиция	Плавка	Марка	USTTE, мм/дм ³	Степень чистоты по оксидам DIN50602
1	3.1	100Cr6	2,32	K3 = 0,0
2	3.2	100Cr6	2,25	K3 = 0,0
3	4.1	ZF7B	3,02	K4 = 0,0
4	4.3	20MnCr5 +HH	0,67	K3 = 3,9
5	4.4	20MnCr5 +HH	2,93	K3 = 0,5
6	4.5	20MnCr5 +HH	7,06	K3 = 0,0

В настоящее время ведутся более масштабные испытания стакана на ряде металлургических заводах Европы.

На предприятии Georgsmarienhutte (Германия) в марте 2012 г. проведены первые испытания глухонного погружного стакана Fosulis. Первые серии испытаний осуществлены при разливке стали качественного сортамента. По предварительным результатам оценки качества стали отмечено существенное снижение количества неметаллических включений, максимально на 90%! Данные по глубокому металлографическому исследованию будут представлены после окончания испытаний в июле 2012 г.

На заводе Donawitz (Австрия) стакан Fosulis испытывали при разливке транспортного рельсового металла. Предварительные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности использования стакана типа Fosulis для разливки транспортного металла.

В связи с данными выводами разрабатывается конструкция стакана Fosulis для разливки рельсового металла в условиях ОАО «ЧМК». Рельсовый металл будет разливаться на новой МНЛЗ-5 на сечения 250×250 и 300×360 мм. ОАО «ЧМК» в сентябре 2012 г. вводит в эксплуатацию рельсобалочный стан (РБС) по производству рельс длиной до 100 м. Это будет первое предприятие такого типа в СНГ. Проблема качества металла и непрерывнолитой заготовки для данного РБС будет стоять достаточно актуально.

Запатентованный фирмой Techcom GmbH и прошедший промышленные испытания стакан Fosulis актуален для разливки сталей с жесткими требованиями по сегрегации химических элемен-

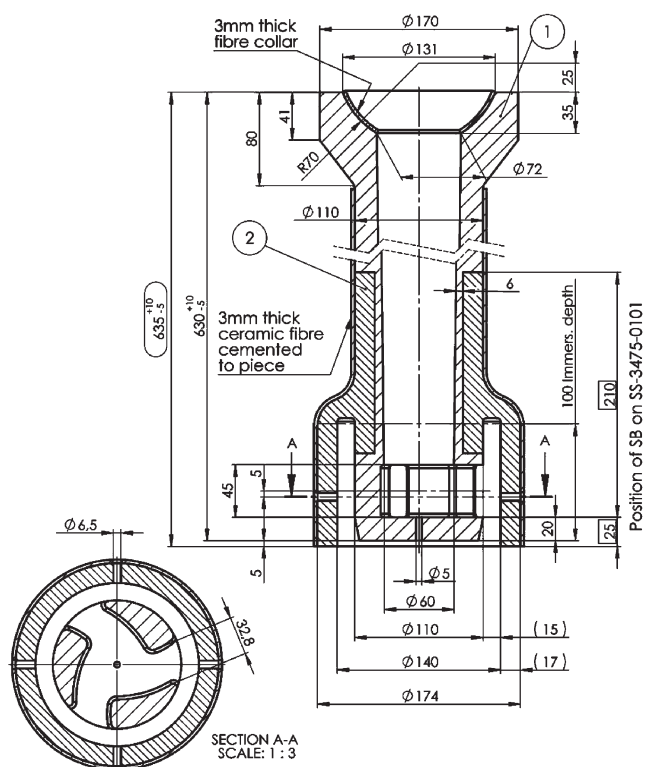


Рис. 2. Погружной стакан Fosulis разливки кордовой стали в условиях ОАО «БМЗ»

тов и содержанию неметаллических включений. В связи с этим для Белорусского металлургического завода, специализирующегося на выпуске качественной кордовой стали, разработан и находится в процессе изготовления погружной стакан Fosulis. В июне-июле 2012 г. на ОАО «БМЗ» планируется крупномасштабное исследование влияния торможения потоков металла в кристаллизаторе при использовании стакана Fosulis на сегрегацию углерода в высокоуглеродистой (до 1% углерода) качественной кордовой стали и снижение загрязненности ее неметаллическими включениями. Исследования будут проведены с применением современных методов оценки сегрегации, состава и количества неметаллических включений на электронных микроскопах по методике, отработанной и действующей на ОАО «БМЗ». Предполагается значительное повышение технологических свойств кордовой катанки вследствие снижения степени сегрегации углерода и количества неметаллических включений.

Литература

1. Бейтельман Л. Улучшение качества сортовых заготовок путем электромагнитного перемешивания стали в кристаллизаторе // Сталь. 1997. № 4. С. 21–24.
2. Коллберг С., Лефгрэн П. Повышение производительности МНЛЗ и качества непрерывнолитых слябов // Черные металлы. 2005. Ноябрь. С. 40–45.
3. Пат. 2236326 РФ.
4. Хлопонин В. Н., Шумахер Э., Зинковский И. В. Механическое перемешивание и торможение металла в кристаллизаторе МНЛЗ. // Сталь. 2010. N1. С. 33–37.