

Подшипники рабочих валков воспринимают радиальные и осевые нагрузки, возникающие при прокатке. Радиальная нагрузка, регистрируемая месдозами, не превышает паспортную ($P=18\text{MN}$). В то же время частый выход из строя защелок, фиксирующих подушки от осевых смещений, позволяет заключить, что осевые усилия превышают допустимые для подшипника № 77888. Согласно [2] эти осевые усилия возникают в результате перекосов валков в клетях.

Перекосы валков происходят в результате изменения геометрии бочек рабочих и опорных валков, рабочих поверхностей окон станин, подушек рабочих и опорных валков, направляющих планок в станинах, вызванных их износом. В свою очередь станины имеют смещения относительно оси прокатки.

Из вышеуказанного следует, что перекосы валков в клетях приводит к увеличению осевых нагрузок, превышающих допустимые значения, и к перекосу обойм подшипников, вызывающих заклинивание тел качения. Это вызывает рост сил трения скольжения и большим потерям на их преодоление, приводящим к интенсивному нагреву подшипников и последующему их разрушению («сгорание» подшипника). При этом количество выделяемого тепла возрастает с увеличением скорости прокатки. В итоге подшипники, работающие в клетях с большими скоростями, имеют более низкую надежность и большой процент выхода из строя по причине «сгорания». Эта связь четко прослеживается в клетях № 9-№ 12 (рисунки 2, 3 и таблица 2). При этом максимальная частота вращения подшипников валков не превышает их предельного значения (таблица 2).

Отклонения от правил эксплуатации проявляются в виде нарушений правил сборки, монтажа и эксплуатации опор рабочих валков, а также по организационным причинам.

Рассчитанные показатели $f(t)$, $Q(t)$ (рисунки 2, 3 и

таблица 2) для подшипников рабочих валков клетей № 6-12 можно сравнить, расположив их в порядке уменьшения надежности в следующей последовательности: подшипники валков клетки № 8, затем клетки № 6 и далее – клетей № 7, 9, 10, 11, 12.

С учетом близости расположения кривых $f(t)$, $Q(t)$ (рисунки 2, 3) относительно друг друга, рассматриваемые подшипники можно разделить на группы: первая – подшипники валков клетей № 6 и 8; вторая – клетей № 7 и 9; третья – клетей № 10, 11, 12. У подшипников первой группы преобладают повреждения в виде выкрошивания поверхностей тел качения и беговых дорожек обойм подшипников (таблица 1). Для подшипников второй и третьей групп клетей с увеличением скорости прокатки наблюдается рост процента повреждений в виде «сгорания» (таблица 1).

В результате вышеизложенного можно заключить, что:

- 1) большая часть выхода из строя (отказов) подшипников рабочих валков аварийная;
- 2) причинами выхода из строя подшипников являются перекосы валков в клетях, вызывающие большие осевые нагрузки и недопустимые перекосы внутренних колец подшипников относительно наружных;
- 3) перекосы валков в клетях вызваны износом рабочих поверхностей рабочих и опорных валков, окон станин, подушек рабочих и опорных валков, направляющих планок в станинах и деформациями шеек валков вследствие их перегрева;
- 4) подшипники рабочих валков клетей № 6 и 8 по сравнению с остальными подшипниками клетей чистой группы НШС-1700 обладают более высокой надежностью, так как работают в условиях стабильной смазки при небольших угловых скоростях;
- 5) надежность подшипников рабочих валков клетей № 9-12 снижается с увеличением скорости прокатки, вследствие их перегрева и «сгорания».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. М.: Металлургия, 1983. 415 с.
2. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. М.: Металлургия, 1985. 376 с.

УДН 6217-669.14

**А.З. ИСАГУЛОВ,
В.Ю. КУЛИКОВ,
Е.П. ЩЕРБАКОВА,
А.С. ТУСУПБЕНОВА**

Современные конструкции литейных ковшей

Сталь, выплавляемая в конвертерах, в электродуговых и мартеновских печах, сливается в ковши (сосуды), предназначенные для кратковременного хранения, транспортирования, выпечной обработки, а также для разлива стали в изложницы, промежуточные ковши, литейные формы.

Сталеразливочный ковш представляет собой стальную сварную или клепаную емкость, выложенную изнутри огнеупорным кирпичом или огнеупорной массой и имеющую приспособления для транспортирования, рафинирования и разлива стали.

Технологические функции ковшей значительно расширились. Наряду с общепринятыми процессами раскисления и легирования в ковшах проводят такие металлургические операции, как обработка металла инертными газами и различными порошковыми материалами, жидкими шлаками, вакуумированием, а также при необходимости применяют подогрев или охлаждение расплава.

Ковши различают по конструкции и разливке. По способу транспортирования ковши подразделяют на ручные, монорельсовые, крановые; по способу раз-

ливки стали – с верхней разливкой (через носок), с нижней разливкой со стопорными и скользящими затворами; по конструкции – конические, барабанные, чайниковые, секторные. Основными эксплуатационными параметрами ковшей считают их емкости и коэффициент тары. Под емкостью (вместимостью) ковша понимают массу жидкой стали и шлака, которая вмещается до уровня нижней кромки сливного носка.

Геометрические размеры ковшей должны быть достаточными, чтобы вместить всю расплавленную сталь и часть шлака выпускаемой плавки. Количество шлака устанавливается расчетом для каждой емкости с учетом относительных потерь тепла и продолжительности разливки. Для ковшей малой емкости (1-50 т) относительное количество шлака составляет 10,0-6,0 % от массы стали в ковше, для средней емкости (70-250 т) изменяется в пределах 5,7-2,6 % от массы стали в ковше, для ковшей большой емкости (250 – 480 т) – в пределах 2,6-3,0 %.

Ковши состоят из кожуха, шлакового желоба или носка, стопорного устройства со стопором или в виде скользящего затвора, кантовального устройства, футеровки. Ковши конвертерного производства шлакового желоба не имеют, так как количество шлака регулируется наклоном конвертера. Ковши, в которых производится продувка металла газом, имеют пористую вставку.

Широкое распространение получили сталеразливочные ковши, имеющие форму усеченного конуса с большим основанием вверху. Круглое сечение конуса обеспечивает минимальную поверхность охлаждения, способствует снижению тепловых потерь в окружающую среду и на аккумуляцию. Поэтому при проектировании ковшей отношение среднего диаметра к высоте принимают близко к единице, в ковшах для внепечной обработки нераскисленных сталей для предотвращения переливания металла через край несколько увеличивают высоту на 1-1,3 м, соблюдая указанное отношение равным 0,8. Конусность отдельных ковшей может быть в пределах от 1:25 до 1:4, чаще кожух ковша имеет конусность от 1:12 до 1:17. Наибольшая конусность положительно влияет на стойкость футеровки, упрощает удаление застывших шлаков, «козлов», настывшей, уменьшает опасность повреждения кладки, облегчает удаление изношенной футеровки.

Сталь из ковшей выпускают с помощью разливочных устройств, которые должны удовлетворять определенным требованиям, в частности, надежно удерживать жидкую сталь в ковше, формировать струю, регулировать интенсивность истечения, надежно управлять струей в период пуска, прерывания, прекращения истечения. При дискретной разливке одного ковша в изложницы сверху, в изложницы снизу через сифонную проводку, при литье в формы количество перекрытый струи достигает 40-50 и более. Разливка в емкости для внепечной обработки стали, а также в промежуточные ковши требует меньшего количества перекрытий устройств.

Разливочные устройства ковшей подразделяют на стопорные и более современные скользящие затворы. Широкое применение находят скользящие шиберные

затворы двух основных видов: с возвратно-поступательным перемещением подвижной плиты в горизонтальном направлении и скользящие поворотные затворы. Принцип действия скользящих затворов заключается в том, что истечение стали происходит при совмещении сквозных отверстий в двух сопрягающихся плитах или другой формы деталях.

Применение скользящих затворов обеспечивает удобство их установки снаружи кожуха ковша, повышает надежность разливочного устройства, автоматизации дистанционного управления, способствует широкому применению в сталеплавильных и литейных цехах. Преимущества скользящих затворов возрастают при повышенной температуре разливки, вакуумировании, обработке в ковше синтетическими шлаками. Внедрение скользящих затворов наряду с улучшением условий труда, автоматизацией и дистанционным управлением принесет экономическую эффективность за счет снижения удельных расходов огнеупоров с 2,5-3 до 0,2-0,3 кг/т разливаемой стали, исключения расходов металла на стержни стопоров, уменьшения брака из-за аварий при разливке, роста производительности благодаря увеличению емкости ковшей, ускорения их оборачиваемости, увеличения расхода стального лома и др. Указанные преимущества скользящих затворов способствуют снижению себестоимости и улучшению качества стальных слитков.

При высоких температурах (1500-1700 °С) в условиях вакуума несвязанные оксиды магния, кремния, хрома футеровки начинают восстанавливаться и насыщаться кислородом металла, качество стали понижается. Физико-химический процесс протекает по схеме: избирательное испарение оксидных компонентов огнеупорных материалов, дислокации в условиях вакуума $RO_T \rightarrow R_T \cdot 0,5O_{2,T}$. Особенно это характерно для несвязанных оксидов кремния, железа и хрома. Наиболее устойчивыми являются корундовые и цирконовые огнеупоры. Огнеупоры, содержащие свободные оксиды, не применяют в вакуумной металлургии. Для получения более тугоплавких, прочных, устойчивых к испарению в вакууме огнеупоров применяют оксиды SiO_2 и Al_2O_3 .

При плавке металла и выпуске металла в ковш шлак неизбежно попадает в ковш. В дальнейшем возникает опасность его попадания в литейную форму со струей металла.

Основными видами ковшей при заливке являются стопорные, чайниковые и с носиком. При заливке из стопорных ковшей истечение металла происходит из дна ковша. При этом шлак находится на поверхности и поэтому имеется возможность полного истечения металла. При этом известно применение поплавок с широким основанием и узкой вершиной. Поплавок препятствует образованию воронки в металле и попаданию шлака в струю металла [1].

При заливке металла из чайниковых поворотных ковшей вследствие меньшей плотности шлака (по сравнению с плотностью металла) он собирается на поверхности ковша и возникает опасность попадания шлака в форму. Известно, что в производственной практике шлак удаляется скребками с поверхности, но этого недостаточно, так как в процессе заливки шлак

всплывает на поверхность металла со стенок и дна ковша.

Шлак, плавающий на поверхности металла, задерживают также сгребалкой [2]. Также используются чайниковые ковши, имеющие футерованную, не доходящую до дна, перегородку для отделения шлака. Между перегородкой и носиком ковша остается вертикальный канал для металла [2].

Однако при этом невозможно полностью вылить металл из ковша, в противном случае плавающий на поверхности металла шлак через пространство между перегородкой и дном ковша попадет в струю металла.

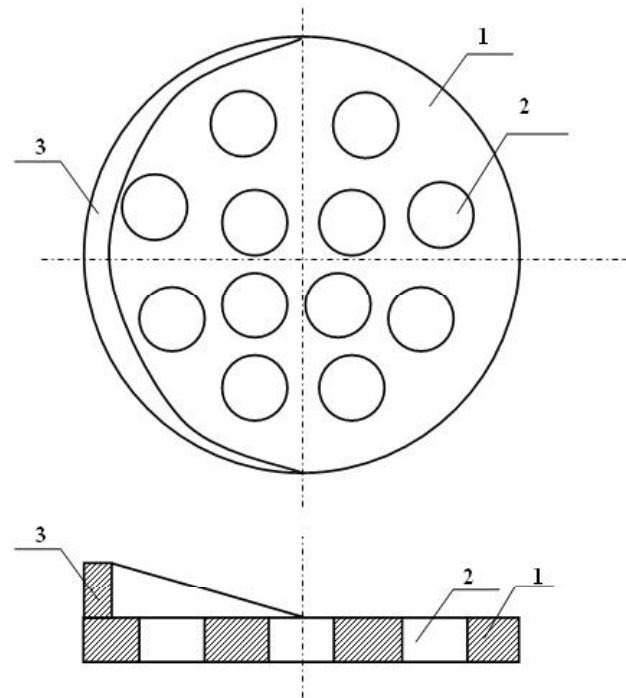
Вследствие этого предлагается использовать свободно плавающую на поверхности жидкого металла разделительную перегородку, которая вместе с наклонным ковшом меняет свое положение, позволяя полностью вылить металл. Перегородка (рисунок) делается из материала, плотность которого находится между плотностями металла и шлака (например, титан), покрытая огнеупорной обмазкой, например, молотым шамотом, смешанным с жидким стеклом или огнеупорной глиной.

Перегородка имеет основное тело 1, отверстия 2 для выхода шлака, поднимающегося со стенок и дна ковша в процессе заливки на поверхность ковша, а также борт 3, обращенный в сторону носика ковша, то есть истечения струи металла из ковша.

Диаметр перегородки d_n немного меньше диаметра ковша d_k ($d_n=0,95 \times d_k$). При этом шлак будет всплывать на свободную поверхность и задерживаться

между отверстиями перегородки или между перегородкой и стенкой ковша.

Таким образом, появляется возможность полного истечения металла из ковша и недопущение его попадания в струю металла.



Вставка для удержания шлака в ковше

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 5044610 США. Способ предотвращения попадания шлака в струю металла, вытекающего из ковша (резервуара). Koffron Robert J. Опубл. 03.09.91.
2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1977. 393 с.

УДК 621-181.4

**А.З. ИСАГУЛОВ,
О.А. ШАРАЯ,
В.Ю. КУЛИНОВ,
Е.П. ЩЕРБАКОВА,
И.В. БАЙДАУЛЕТОВА**

Современное состояние вопроса в области кремнийсодержащих наноматериалов

В настоящей работе методом зонда Ленгмюра исследованы распределения по скоростям ионов в факеле при абляции одной мишени кремния и в плазменном пучке, сформированном пересекающимися факелами при абляции двух мишеней кремния. Получены времяпролетные кривые (ВПК) ионного тока на зонд при расстояниях зонд-мишень в интервале 40-157 мм. Проведена аппроксимация ВПК суммой одномерных распределений Максвелла по скоростям для нескольких групп ионов. Измерено распределение толщины пленки в плоскости осей узконаправленных факелов. Получено распределение времени прихода пика ВПК от координаты относительно биссектральной оси. Получены образцы пленок кремния с шероховатостью поверхности 1 нм.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Эксперименты проводились в ваку-

умной камере, которая откачивалась турбомолекулярным насосом до давления 10^{-6} Торр. Мишени в виде дисков из монокристаллического кремния закреплялись в оправе и вращались для однородности выработки мишени. Лазерная эрозионная плазма от кремниевой мишени образовывалась под действием излучения твердотельного $YAG:Nd^{3+}$ лазера с модуляцией добротности. Длительность импульса по полувысоте составляла 15 нс, энергия в импульсе 300 мДж. Луч делился на два равных, которые затем фокусировались на поверхность мишеней линзами с фокусным расстоянием 30 см. Площадь пятна фокусировки на мишени $0,65 \text{ мм}^2$.

Зонд Ленгмюра длиной 5 мм изготавливался из вольфрамовой проволоки диаметром 0,2 мм, которая помещалась в керамическую трубку. Зонд располагался перпендикулярно оси факела. Перемещение зонда в