

**Министерство образования и науки
Республики Казахстан**

**Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова**

**Временные инструкции по организации проведения
экзаменационной сессии (ЭС) и итоговой аттестации (ИА)
по дистанционным образовательным технологиям
в период пандемии коронавируса COVID-19**

«22» апреля 2020 года

Каждый преподаватель и сотрудник ПГУ имени С. Торайгырова, продвигая принципы академической честности и студенториентированного обучения, в период пандемии коронавируса COVID-19, прилагает все усилия для успешной реализации образовательной и научной деятельности.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1) Сдача экзаменационной сессии и проведение итоговой аттестации в период пандемии коронавируса COVID-19 организуется дистанционно (в он-лайн и офф-лайн режиме) в соответствии с требованиями СО ПГУ 9.01.5-19 «Контроль и оценка учебных достижений обучающихся».

Контроль за ходом проведения экзаменационной сессии возлагается на Офис регистратора.

К проведению экзаменационной сессии, в рамках проекта «ВУЗ-РЕГИОН» привлекаются стейкхолдеры (работодатели, общественность и т.д.)

2) Формами приема экзаменов являются:

- письменный с онлайн-прокторингом;
- тестирование с онлайн-прокторингом;
- экзамен с «открытой книгой» (take-home open book exam), т.е. выполнение проекта в домашних условиях с защитой проекта через ZOOM и аналогичные системы;
- устный онлайн-экзамен через ZOOM и аналогичные системы;
- суммативное оценивание знаний (выставление оценок за экзамен по текущей успеваемости в соответствии с силлабусом).

Суммативное оценивание применяется только в период экзаменационной сессии.

3) Формами проведения итоговой аттестации являются:

- комплексный экзамен с «открытой книгой», т.е. выполнение проекта в домашних условиях с защитой проекта через ZOOM и аналогичные системы;
- защита дипломной/магистерской работы/проекта в виде онлайн-защиты через ZOOM и аналогичные системы.

4) В случае невозможности сдать экзамен / защиту выпускной работы из-за отсутствия доступа к интернету у обучающегося или других технических причин, экзамен переносится на более поздний срок, не превышающий 20 сентября 2020 г., а студенту выставляется оценка «не завершено» («I»).

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5) Формы приема экзамена по отдельным дисциплинам определяются кафедрами, утверждаются Проректором по академической работе и доводятся до обучающихся не позднее 30 апреля 2020 года.

6) Перечень дисциплин с формой экзамена в виде тестирования с онлайн-прокторингом (цикл ООД):

- Современная история Казахстана;
- Информатика;
- Философия;
- Модуль социально-политических знаний: социология, политология, культурология, психология;
- Иностранный язык (английский, немецкий языки);
- Казахский (русский) язык.

7) Перечень дисциплин с формой экзамена в виде экзамена с «открытой книгой» (выполнение проекта в домашних условиях) с защитой проекта через ZOOM и аналогичные системы:

- дисциплины цикла БД, ПД и Безопасность жизнедеятельности (цикл ООД, вузовский компонент).

Специальные дисциплины цикла БД и ПД по творческим и языковым образовательным программам допускается сдавать в виде устного онлайн-экзамена через ZOOM (или аналогичные системы) или письменный с онлайн-прокторингом.

8) С целью снижения нагрузки на ППС, аппаратное и сетевое оборудование университета допускается оценка достижений результатов обучения по дисциплинам на основе выставленных текущих оценок, в соответствии с программой дисциплины (силлабусом) и академической политикой вуза при наличии заявления обучающегося поданного до начала сроков экзаменационной сессии (до 10 мая 2020 года).

Заявление подается в виде сканированной копии или фото рукописного заявления, написанного самим обучающимся, и заверяется заведующим кафедрой / деканом факультета и Офисом регистратора.

Форма заявления приведена в Приложении 1.

9) В случае невозможности сдать экзамен / защиту выпускной работы из-за отсутствия доступа к интернету у обучающегося или других технических причин обучающийся подает заявление по форме указанном в Приложении 2.

Заявление подается в виде сканированной копии или фото рукописного заявления, написанного самим обучающимся, и заверяется заведующим кафедрой / деканом факультета и Офисом регистратора.

Экзамен переносится на более поздний срок, не превышающий 20 сентября 2020 г., а обучающемуся выставляется оценка «не завершено» («I»).

10) Все экзаменационные материалы рассматриваются и утверждаются на заседаниях соответствующих кафедр и должны быть доступны в личном кабинете студента на сайтах университета (dot.psu.kz, psu.kz). Преподаватель обеспечивает прозрачность инструментов оценивания знаний обучающихся.

Срок публикации экзаменационных материалов по дисциплинам для обучающихся на сайтах университета dot.psu.kz и psu.kz не позднее 5 мая 2020 года.

11) Экзамен в форме тестирования с онлайн-прокторингом / письменного с онлайн-прокторингом проводится в следующем порядке:

11.1) преподаватель подключает студентов к платформе онлайн-прокторинга для организации контроля проведения экзамена за 30 минут до начала экзамена.

11.2) преподаватель знакомит студентов с правилами проведения экзаменов с онлайн прокторингом, требованиями Кодекса Академической честности, идентифицирует личность каждого студента.

Каждый студент должен иметь при себе удостоверение личности (паспорт) для идентификации личности.

11.3) преподаватель формирует тестовые / письменные задания на экзамен в личном кабинете на сайте dot.psu.kz.

11.4) студенты заходят в личный кабинет на сайте dot.psu.kz в курс по данной дисциплине и начинают выполнять тесты / письменный ответ.

Количество тестовых заданий для каждого студента не более 30. Время на тестирование 45 минут. Объем письменных заданий должен позволять выполнить задание за период не более 60 минут.

11.5) Студент при попытках списывать, пользоваться гаджетами и т.п. удаляется с экзамена и ему выставляется оценка «неудовлетворительно».

Далее студент может заново изучить дисциплину в летнем семестре.

11.6) Студент при технических неполадках или отключении интернета во время экзамена сообщает преподавателю о своих проблемах и подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 3.

Заявление подается в виде сканированной копии или фото рукописного заявления, написанного самим обучающимся, и заверяется деканом факультета и Офисом регистратора.

Далее студенту предоставляется возможность сдать экзамен повторно, сроки доводятся до студента через деканат.

11.7) Преподаватель при технических неполадках, отсутствии интернета в период проведения экзамена (или его срыве) сообщает об этом факте в деканат или Офис регистратора. В таком случае экзамен организуется повторно (при этом задания студентов остаются прежними).

11.8) Преподаватель по окончании экзамена в обязательном порядке озвучивает обучающемуся оценку и выставляет ее в электронный журнал через личный кабинет на портале университета (psu.kz) в течении суток после окончания экзамена.

11.9) Студент не согласный с оценкой, полученной на экзамене подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 4.

11.10) Для успешной организации экзамена преподавателям необходимо в срок до 10 мая 2020 года провести пробный экзамен (стресс-тест) для студентов с целью ознакомления с форматом проведения экзамена и выявления недоработок работы аппаратного и программного обеспечения.

12) Экзамен с «открытой книгой» (take-home open book exam, выполнение проекта в домашних условиях с защитой проекта через ZOOM и аналогичные системы) / устный онлайн-экзамен через ZOOM и аналогичные системы проводится в следующем порядке:

12.1) Преподаватель в срок до 5 мая 2020 года готовит перечень заданий в виде кейсов, эссе и т.п. (*вопросы кейсов, эссе выявляют исследовательские или аналитические навыки у обучающихся*), позволяющих оценить достижение результатов обучения заявленных в силлабусе дисциплины.

Для подготовки кейсов и эссе необходимо воспользоваться рекомендациями экспертов (*например: <https://www.youtube.com/watch?v=xunTybis3ZU> или Приложение 5*).

Объем заданий должен позволять выполнить и оформить их в виде пояснительной записки объемом до 3 страниц (дополнительно приветствуется презентация объемом не более 3 слайдов) за один рабочий день. Пример задания и оформления кейса приведен в Приложении 5 и 6. **Для устного экзамена подготовка письменного ответа не требуется.**

Перечень кейсов / заданий эссе публикуются преподавателем на сайте dot.psu.kz в соответствующем курсе.

Дополнительно размещаются материалы и рекомендации по методике подготовке эссе, работе с кейсами (*например: <https://www.youtube.com/watch?v=KXgwDroHG8M>, <https://www.youtube.com/watch?v=yZJFMDgwxTM>, <https://www.youtube.com/watch?v=vhpUGxFDExk>*)

12.2) Преподаватель, выдает студентам задания в виде кейсов не менее чем за 1 сутки до начала экзамена (например, на предэкзаменационной консультации).

Задания выдаются в случайном порядке с применением он-лайн генератора случайных цифр (например: <https://randstuff.ru/number/>).

12.3) Преподаватель на предэкзаменационной консультации знакомит студентов с правилами проведения экзаменов, требованиями Кодекса Академической честности и предоставляет ссылку на подключение студентов к видеоконференции через ZOOM или аналогичные системы (ссылка в обязательном порядке размещается в форуме (диалоги) преподавателя на сайте dot.psu.kz).

12.4) Студент, получив задание выполняет его в домашних условиях в электронном виде (разрешается пользоваться любой справочной, учебной литературой и интернетом). Рекомендации по решению кейсов / эссе приведены в Приложении 5 (также ищите в сети Интернет, например: <https://www.youtube.com/watch?v=KXgwDroHG8M>, <https://www.youtube.com/watch?v=yZJFMDgwxTM>, <https://www.youtube.com/watch?v=vhpUGxFDEExk>). Пример решения кейса приведен в Приложении 6. Выполненное и оформленное задание студент прикрепляет на сайте dot.psu.kz в соответствующем форуме дисциплины не позднее чем за 2 часа до экзамена. **Для устного экзамена подготовка письменного ответа не требуется.**

12.5) Преподаватель скачивает работу студента, проверяет правильность выполнения и отсутствие плагиата и других нарушений академической честности.

При выявлении плагиата студент не допускается к защите кейса / эссе и ему выставляется оценка «неудовлетворительно». Преподаватель доводит до сведения деканата факт нарушения принципов академической честности, который передается на рассмотрение Комитета по академической честности.

12.6) Студент при технических неполадках или отсутствии интернета во время подготовки к экзамену или в процессе экзамена сообщает преподавателю о своих проблемах и подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 3.

Заявление подается в виде сканированной копии или фото рукописного заявления, написанного самим обучающимся, и заверяется деканом факультета и Офисом регистратора.

Далее студенту предоставляется возможность сдать экзамен повторно, сроки доводятся до студента через деканат.

12.7) Преподаватель за 15 минут до начала экзамена подключает студентов к видеоконференции, озвучивает порядок защиты выполненных кейсов / эссе или устных ответов, идентифицирует личность каждого студента.

Каждый студент должен иметь при себе удостоверение личности (паспорт) для идентификации личности.

Процесс проведения экзамена в обязательном порядке записывается на видео и в дальнейшем предоставляется заведующему кафедрой для передачи в IT-HUB / Офис регистратора.

12.8) Студент защищает выполненное задание (доклад не более 3 минут), отвечает на вопросы преподавателя-экзаменатора.

12.9) Преподаватель при технических неполадках, отсутствии интернета в период проведения экзамена (или его срыве) сообщает об этом факте в деканат или Офис регистратора. В таком случае экзамен организуется повторно (при этом задания студентов остаются прежними).

12.10) Преподаватель по окончании экзамена в обязательном порядке озвучивает обучающемуся оценку и выставляет ее в электронный журнал через личный кабинет на портале университета (psu.kz) в течении суток после окончания экзамена.

12.11) Студент не согласный с оценкой, полученной на экзамене подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 4.

12.12) Для успешной организации экзамена преподавателям необходимо в срок до 10 мая 2020 года провести пробный экзамен (стресс-тест) для студентов с целью ознакомления с форматом проведения экзамена и выявления недоработок работы аппаратного и программного обеспечения.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

13) Комплексный экзамен с «открытой книгой» (take-home open book exam, выполнение проекта в домашних условиях с защитой проекта через ZOOM и аналогичные системы) проводится в следующем порядке:

13.1) Кафедра в срок до 5 мая 2020 года готовит перечень заданий в виде кейсов (задания кейсов выявляют исследовательские или аналитические навыки у обучающихся), позволяющих оценить достижение ключевых результатов обучения заявленных в модульной образовательной программе **и выдает их обучающимся не менее чем за 7 дней до комплексного экзамена.**

Для подготовки кейсов необходимо воспользоваться рекомендациями экспертов (например: <https://www.youtube.com/watch?v=xunTybis3ZU> или Приложение 5).

Объем заданий должен позволять выполнить и оформить их в виде пояснительной записки объемом до 7 страниц и презентации объемом не более 5 слайдов за 7 рабочих дней. Пример задания и оформления кейса приведен в Приложении 5 и 6.

Перечень кейсов публикуется кафедрой на сайте dot.psu.kz в соответствующем курсе (допускается в курсе преддипломной практики).

Дополнительно размещаются материалы и рекомендации по методике работы с кейсами (например: <https://www.youtube.com/watch?v=vhpUGxFDExk>).

13.2) Задания кейсов выдаются в случайном порядке с применением он-лайн генератора случайных цифр (например: <https://randstuff.ru/number/>).

Список заданий кейсов с данными обучающихся передаются в Офис-регистратора.

13.3) Кафедра на предварительных консультациях знакомит обучающихся с правилами проведения экзаменов, требованиями Кодекса Академической честности и предоставляет ссылку на подключение к видеоконференции через ZOOM или аналогичные системы (ссылка в обязательном порядке размещается в форуме (диалоги) преподавателя на сайте dot.psu.kz).

13.4) Обучающийся, получив задание выполняет его в домашних условиях в электронном виде (разрешается пользоваться любой справочной, учебной литературой и интернетом). Рекомендации по решению кейсов приведены в Приложении 5 (также ищите в сети Интернет, например: <https://www.youtube.com/watch?v=KXgwDroHG8M>, <https://www.youtube.com/watch?v=yZJFMDgwxTM>, <https://www.youtube.com/watch?v=vhpUGxFDExk>). Пример решения кейса приведен в Приложении 6. Выполненное и оформленное задание обучающийся прикрепляет на сайте dot.psu.kz в соответствующем форуме курса (допускается в курсе преддипломной практики) не позднее чем за 1 сутки до комплексного экзамена.

13.5) Секретарь комиссии по Итоговой Аттестации (ИА):

- скачивает работу обучающихся;
- проверяет правильность оформления работы;
- проверяет работу на наличие плагиата через систему Turnitin;
- отправляет работу обучающегося и отчет по проверке на плагиат для ознакомления всем членам комиссии по ИА.

При выявлении плагиата обучающийся не допускается к защите кейса и ему выставляется оценка «неудовлетворительно». Секретарь комиссии по ИА доводит до сведения председателя ИА, заведующего кафедрой и деканата факт нарушения принципов академической честности, который передается на рассмотрение Комитета по академической честности.

13.6) Обучающийся при технических неполадках или отсутствии интернета во время подготовки к комплексному экзамену или в процессе защиты сообщает секретарю комиссии по ИА и заведующему кафедрой о своих проблемах и подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 3.

Заявление подается в виде сканированной копии или фото рукописного заявления, написанного самим обучающимся, и заверяется деканом факультета и Офисом регистратора.

Далее обучающемуся предоставляется возможность сдать экзамен повторно, сроки доводятся до обучающегося через деканат.

13.7) Секретарь комиссии по ИА за 15 минут до начала экзамена подключает обучающихся к видеоконференции, озвучивает порядок защиты выполненных кейсов, идентифицирует личность каждого обучающегося.

Каждый обучающийся должен иметь при себе удостоверение личности (паспорт) для идентификации личности.

Процесс проведения экзамена в обязательном порядке записывается на видео и в дальнейшем предоставляется заведующему кафедрой для передачи в IT-HUB / Офис регистратора.

Ответственность за идентификацию личности каждого обучающегося несет заведующий кафедрой / декан факультета.

13.8) Обучающийся защищает выполненную задание, используя подготовленную презентацию (доклад не более 3 минут), отвечает на вопросы преподавателя-экзаменатора.

13.9) Члены комиссии по ИА при технических неполадках, отсутствии интернета в период проведения экзамена (или его срыве) сообщают об этом факте в деканат или Офис регистратора. В таком случае экзамен организуется повторно (при этом задания обучающихся остаются прежними).

13.10) Председатель комиссии по ИА по окончании экзамена в обязательном порядке озвучивает обучающемуся оценку и выставляет ее в электронный журнал через личный кабинет на портале университета (psu.kz) в течении суток после окончания экзамена.

13.11) Обучающийся не согласный с оценкой, полученной на экзамене подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 4.

13.12) Для успешной организации экзамена кафедре необходимо в срок до 10 мая 2020 года провести пробный экзамен (стресс-тест) для обучающихся с целью ознакомления с форматом проведения экзамена и выявления недоработок работы аппаратного и программного обеспечения.

14) Защита дипломной/магистерской работы/проекта в виде онлайн-защиты через ZOOM и аналогичные системы проводится в следующем порядке:

14.1) Кафедра на предварительных консультациях знакомит обучающихся с правилами проведения защиты, требованиями Кодекса Академической честности и предоставляет ссылку на подключение к видеоконференции через ZOOM или аналогичные системы (*ссылка в обязательном порядке размещается в форуме (диалоги) преподавателя на сайте dot.psu.kz*).

14.2) Обучающийся предварительно готовит презентацию для защиты проекта (не более 5 слайдов). Далее обучающийся прикрепляет презентацию на сайте dot.psu.kz в соответствующем форуме курса (допускается в курсе преддипломной практики) не позднее чем за 1 сутки до защиты.

14.3) Секретарь комиссии по Итоговой Аттестации (ИА):

- скачивает презентацию обучающихся;
- проверяет правильность оформления презентации;

- отправляет дипломную/магистерскую работу/проект и презентацию обучающегося для ознакомления всем членам комиссии по ИА.

14.4) Секретарь комиссии по ИА за 15 минут до начала защиты подключает обучающихся к видеоконференции, озвучивает порядок защиты, идентифицирует личность каждого обучающегося.

Каждый обучающийся должен иметь при себе удостоверение личности (паспорт) для идентификации личности.

Процесс проведения защиты в обязательном порядке записывается на видео и в дальнейшем предоставляется заведующему кафедрой для передачи в ИТ-HUB / Офис регистратора.

Ответственность за идентификацию личности каждого обучающегося несет заведующий кафедрой / декан факультета.

14.5) Обучающийся защищает проект, используя подготовленную презентацию (доклад не более 3 минут), отвечает на вопросы членов комиссии. Общее время защиты не должно превышать 20 минут.

Допускается одновременно в период заседаний комиссии по ИА проводить защиту дипломных/магистерских проектов и комплексного экзамена.

14.6) Обучающийся при технических неполадках или отключении интернета во время защиты сообщает секретарю комиссии по ИА и заведующему кафедрой о своих проблемах и подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 3.

14.7) Члены комиссии по ИА при технических неполадках, отсутствии интернета в период проведения экзамена (или его срыве) сообщают об этом факте в деканат или Офис регистратора. В таком случае экзамен организуется повторно (при этом задания обучающихся остаются прежними).

14.8) По окончании защиты проектов:

- секретарь комиссии по ИА отключает от видеоконференции обучающихся;
- комиссия по ИА обсуждает результаты защиты в закрытом режиме;
- каждый член комиссии по ИА в обязательном порядке озвучивает свою оценку по каждой защите;
- секретарь комиссии по ИА подсчитывает средний балл за каждую защиту и озвучивает их членам комиссий по ИА;
- по окончании обсуждения результатов защиты проектов, секретарь комиссии по ИА подключает к видеоконференции обучающихся.

14.9) Председатель комиссии по ИА по окончании защиты в обязательном порядке озвучивает обучающемуся оценку по результатам защиты и выставляет ее в электронный журнал через личный кабинет на портале университета (psu.kz) в течении суток после окончания заседания комиссии по ИА.

14.10) Обучающийся не согласный с оценкой, полученной на защите подает заявление на апелляцию в деканат в течении 2 суток с момента окончания экзамена. Форма заявления приведена в Приложении 4.

14.11) Для успешной организации защиты проектов кафедре необходимо в срок до 10 мая 2020 года провести пробную защиту (стресс-тест) для обучающихся с целью ознакомления с форматом проведения заседания комиссии по ИА и выявления недоработок работы аппаратного и программного обеспечения.

Проректор по АР

П. Быков

**Форма заявления обучающегося
по оценке достижений обучающимся результатов обучения по дисциплинам на
основе выставленных текущих оценок в соответствии с программой дисциплины
(силлабусом) и академической политикой вуза**
*(высылается на электронную почту или WhatsApp деканата, делается звонок по
телефону)*

Проректору по АР

Быкову П.О.

от обучающегося группы _____

(Ф.И.О.)

Заявление

Прошу Вас выставить экзаменационные оценки на основе выставленных текущих оценок в соответствии с программой дисциплины (силлабусом) по следующим дисциплинам весеннего семестра 2019-2020 учебного года:

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) ...

(Подпись обучающегося, дата)

Форма заявления обучающегося

о невозможности сдать экзамен / защиту выпускной работы из-за отсутствия доступа к интернету или других технических причин

(высылается на электронную почту или WhatsApp деканата, делается звонок по телефону)

Проректору по АР

Быкову П.О.

от обучающегося группы _____

(Ф.И.О.)

Заявление

Прошу Вас перенести на более поздний срок экзамен (защиту выпускной работы) из-за отсутствия доступа к интернету (отсутствия компьютера и т.п.) в период весенней экзаменационной сессии (итоговой аттестации) 2019-2020 учебного года:

- 1) _____
(указывается наименование экзамена)
- 2)

(Подпись обучающегося, дата)

**Форма заявления обучающегося
на апелляцию экзамена по техническим причинам**
(высылается на электронную почту или *WhatsApp* деканата, делается звонок по телефону)

Проректору по АР

Быкову П.О.

от обучающегося группы _____

(Ф.И.О.)

Заявление

В связи с техническими неполадками (отключением интернета) во время экзамена (защиты выпускной работы) по дисциплине « _____ » (дата и время экзамена, ФИО экзаменатора) прошу Вас допустить меня до повторной сдачи экзамена в период весенней экзаменационной сессии (итоговой аттестации) 2019-2020 учебного года.

(Подпись обучающегося, дата)

**Форма заявления обучающегося
на апелляцию экзамена**

(высылается на электронную почту или WhatsApp деканата, делается звонок по телефону)

**Председателю
апелляционной комиссии,
проректору по АР
Быкову П.О.**

**Заявление
на проведение апелляции**

ФИО _____
 Специальность _____
 Курс _____ Группа _____ Семестр _____ 20____ - 20____ учебный год
 Дата проведения экзамена _____ время начала экзамена _____
 Дисциплина _____

Подпись студента _____ Дата _____

ПРОТОКОЛ № _____

Заседания апелляционной комиссии

« _____ » _____ 20____ г. с _____ час. _____ мин. до _____ час. _____ мин

Присутствовали: Председатель апелляционной комиссии, Быков П.О., проректор по АР

Члены комиссии: _____

о сдаче экзамена по дисциплине _____

Апеллируется _____

(фамилия, имя, отчество)

Форма проведения экзамена _____

Причина, по которой обучающийся апеллирует шифруется буквой:

A – если задания имеют некорректную формулировку;

B – если тестовые задания не содержат правильного ответа или содержат несколько правильных ответов, а в инструкции студенту предлагается выбрать единственно правильный ответ;

C – если задание выполнено, но оценено некорректно;

D – если тестовые задания или содержание билетов устного и письменного экзаменов выходят за пределы тем, отраженных в syllabusе.

Решение:

№ вопроса	Шифр А, В, С, D	Удовлетворить Да (+), нет (-)		№ вопроса	Шифр А, В, С, D	Удовлетворить Да (+), нет (-)

Количество баллов за экзамен до апелляции _____ после апелляции _____

Председатель апелляционной комиссии _____ П. Быков

Члены апелляционной комиссии _____

Методические рекомендации по решению кейсов

(Преподавателем публикуется перечень заданий кейсов / эссе и рекомендаций по их решению на сайте dot.psu.kz в соответствующем курсе)

Почему кейс?

Кейс — это специально подготовленный учебный материал, который отражает конкретную проблему, требующую решений со стороны студента.

Успешность кейса зависит от трёх критериев:

- 1) Достаточный объём первичных и статистических данных;
- 2) Участие работодателей в ходе написания кейса;
- 3) Наличие захватывающей ситуации, позволяющей применить разнообразные методы анализа при поиске решения.

Кейс требует от учащихся демонстрировать навыки мышления более высокого порядка (создание, оценка, синтез, анализ, применение), а не навыки, которые демонстрируют запоминание (определение, отзыв, признание).

Структура кейса

- 1) Наименование кейса
- 2) Описание текущей (проблемной) ситуации
- 3) Постановка задачи (проблемы)

Методические рекомендации по решению кейса

1) После ознакомления с текстом задания необходимо провести краткий литературный обзор с использованием справочников, интернет-ресурсов, документации предприятия и другой научно-технической информации с целью выявить теоретические и технологические основы, новейшую информацию по теме кейса.

2) Вначале необходимо продумать порядок поиска и приступить к составлению списка литературных источников по теме. Рекомендуется в начале провести обзор по учебникам, монографиям, справочникам, ГОСТам и другим стандартам, потом провести обзор периодической литературы (научные журналы, авторефераты диссертаций, патенты и т.д.).

3) Обзор следует делать как по бумажным источникам, так и посредством интернет-ресурсов.

4) Основным источником информации должны быть электронные библиографические и реферативные базы данных Web of Science (WoS), Web of Knowledge (WoK), Scopus, Springer, Google Scholar и другие.

5) После окончания литературного обзора следует выявить материалы, которые станут основой для написания аналитической записки.

6) При составлении текста аналитической записки необходимо формировать текст кратко и лаконично.

7) Текст аналитической записки должен включать следующие основные части: анализ проблемы с указанием возможных факторов, вызвавших её и ссылками на литературу; варианты решения проблемы с ссылками на литературу; анализ вариантов с выбором наиболее приемлемого для конкретных условий производства, возможные технико-экономические показатели, список использованных источников;

8) Список использованных источников не должен быть слишком объёмным, достаточно 3 - 5 ссылок.

9) После окончания составления аналитической записки оформляется презентация.

Пример оформления кейса для технических образовательных программ

Кейс

"Снижение содержания азота при выплавке высококачественных низколегированных сталей в условиях ПФ ТОО "KSP Steel"

Авторы:

- к.т.н., профессор кафедры "Металлургия" ПГУ имени С. Торайгырова Быков П.О.
- начальник технологического управления ПФ ТОО "KSP Steel", магистр Бегалиев Р.А.

1. Описание текущей (проблемной) ситуации

ТОО «KSP Steel», первое казахстанское предприятие по производству стальных бесшовных труб для нефтегазовой отрасли, было основано в начале 2007 года.

Основная деятельность KSP Steel связана с производством стальных бесшовных труб различного диаметра и назначения.

Завод KSP Steel включает в себя несколько основных цехов: цех подготовки шихты (ЦПШ), электросталеплавильный цех (ЭСПЦ), трубопрокатное производство (ТПП), машиностроительный комплекс (МК), ферросплавное производство (ФП), шаропркатное производство (ШП).

Технология выплавки стали в ТОО "KSP Steel". Выплавка сталей обыкновенного качества (Ст. 5), конструкционных (Сталь 20) и низколегированных сталей (35ГС, 70Г и других) в электросталеплавильном цехе (ЭСПЦ) осуществляется в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) емкостью 60 тонн одношлаковым процессом с доводкой стали в агрегате ковш–печь (АКП). В процессе эксплуатации печи проводят чередование двух методов выплавки стали: с завалкой шихты на «сухую» и на «болото».

Дуговые печи емкостью 60 тонн, оснащены стеновыми газокислородными горелками, угольными фурмами, системой эксцентричного донного выпуска, системой бункеров для хранения, взвешивания и присадки необходимых материалов при выпуске металла из печи.

Футеровка рабочего слоя печей выполнена из периклазоуглеродистых огнеупорных материалов, которые обеспечивают межремонтный срок службы стен более 250 плавов.

Установка АКП предназначена для окончательной точной доводки стали по химическому составу и температуре; десульфурации стали; удаления неметаллических включений; гомогенизации; модифицирования и микролегирования. Установка «ковш–печь» также выполняет буферные операции между ДСП и МНЛЗ при организации разливки большими сериями.

Установка оборудована системой бункеров для хранения, взвешивания и присадки ферросплавов, трайбаппаратами для ввода в металл проволоки с различным порошкообразным наполнителем, установкой для вдувания порошкообразных материалов (коксик, известь) в металл и на шлак. Аргон для перемешивания (ГОСТ 10157 – 79) подается через 2 щелевые продувочные пробки, установленные в днище сталеразливочного ковша. Футеровка сталь–ковшей выполняется из штучных периклазоуглеродистых изделий.

Металлошихта для ДСП принимается и перерабатывается в цехе подготовки шихты (ЦПШ).

Для науглероживания металла применяют: углеродсодержащий материал; коксовая мелочь по ГОСТ 11255–75; электродный бой (куски размером не более 50мм); бой чугуновых деталей.

В качестве окислителя применяют железорудные окатыши с содержанием железа не менее 60%.

В качестве шлакообразующих используют известь свежесоборуженную с содержанием активных окисей CaO+MgO не менее 85%, плавиковый шпат по ГОСТ 29220–91. Разрешается применять бой шамотного кирпича, бывшего в употреблении (крошка, фракция 0–5мм).

Для раскисления и легирования используют ферросиликомарганец по ГОСТ 4756–91 (FeMnSi), ферросилиций по ГОСТ 1415–93 (FeSi 75A11), силикокальций по ГОСТ 4762–71 (СК20 и т.п.). Для трубных марок стали также используют: ферромарганец по ГОСТ 4755 – 91, алюминий АВ – 97 ГОСТ 295 – 98, отсев АКС (алюмокорундовая смесь), карбид кремния SiC, катанку алюминиевую ГОСТ 13843 – 78.

Фракция материалов подаваемых через систему их подачи должна быть 5 – 50 мм. Содержание влаги в шлакообразующих материалах и твердых окислителях должно быть не более 1,5%. Содержание влаги в ферросплавах, коксовой мелочи присаживаемой в сталь–ковш и при вдувании в печь в потоке газа должно быть не более 0,5%.

Процесс выплавки стали в ДСП осуществляется следующим образом. Плавку шихтуют из расчета получения в металле к началу окислительного периода, содержания углерода выше нижнего предела заданной марки стали на 0,20–0,30%.

Для получения необходимого содержания углерода в металле по расплавлению в печь, перед первой подвалкой присаживают коксовый орешек (коксовую мелочь) в количестве определенном регламентом по шихтовке плавов в зависимости от выплавляемой марки стали.

После расплавления 80–90% завалки отбирается проба, на содержание углерода, по анализу которой сталевар производит корректировку содержания углерода.

Для подогрева и подрезки лома, продувки металла кислородом и вдувания кислородсодержащего материала для вспенивания шлака используют кислородные трубки диаметром 20 мм (три горелки–фурмы и две фурмы для вдувания углеродсодержащего материала).

Для раннего наведения шлака через отверстие в своде печи производится присадка

шлакообразующих материалов – извести, углеродсодержащего материала, окатышей. Общее количество присаживаемой извести и углеродсодержащего материала в период плавления 30–35 кг на тонну металлошихты. По расплавлению 90 – 95% металлошихты отбирают пробу металла на полный химический анализ.

После проплавления колодцев производят вспенивание шлака вдуванием углеродсодержащего материала через фурму либо присадками углеродсодержащего материала с одновременной продувкой шлака кислородом. Жидкоподвижность шлака поддерживают присадками плавикового шпата.

Удаление первичного шлака производят при температуре 1520–1540 °С. При этой температуре удаляют 60–70% печного шлака.

При низком содержании углерода по расплавлению металл науглераживают вдуванием графита (коксовой мелочи) в струе азота, либо присадкой в печь электродного боя, графита, кокса.

Началом окислительного периода считается момент достижения температуры ванны 1540 – 1560 °С.

Окисление углерода производят газообразным кислородом, вводимым в печь через кислородные фурмы. В процессе продувки кислородом вспененный шлак максимально удаляется самотёком, не допуская схода металла.

Продолжительность окислительного периода и интенсивность обезуглераживания определяется из расчета получения при температуре 1630–1650 °С заданного для данной марки стали содержания углерода.

Массовая доля серы и фосфора в металле перед выпуском должна обеспечивать попадание в заданные пределы для данной марки.

После получения заданного содержания углерода и температуры производят выпуск плавки.

За 3 – 5 минут до выпуска металла к печи подается сталеразливочный ковш на сталеvoзе. Ковш под плавку подается очищенный от остатков шлака и скрапа. Допускается наличие незначительного шлакового гарнисажа в районе шлакового пояса, выступающего внутрь ковша не более чем 50 мм (определяется визуально). Ковш должен иметь температуру внутренней поверхности футеровки не менее 800 °С.

Температура металла перед выпуском должна быть в пределах 1620–1650°С зависимости от марки стали.

Присадку ферросплавов и шлакообразующих материалов производят во время выпуска плавки через систему подачи сыпучих материалов. Легирование стали на выпуске производят на нижний предел содержания легирующих элементов.

Присадку ферросплавов начинают после выпуска 3 – 5 тонн металла для ДСП-60. Присадка шлакообразующих материалов производится после присадки ферросплавов.

Для наведения шлака под струю металла при выпуске присаживают шлаковую смесь: известь – 200–300 кг; плавиковый шпат в количестве 40–80 кг.

Выпуск металла из печей производят без шлака. Толщина шлака в ковше 80–100 мм. Температура металла до начала обработки плавки на печь–ковш должна быть 1560–1580°С. Недолив сталь–ковша до верха должен составлять 300–350 мм.

Разрешается производить корректировку содержания углерода присадкой графита (коксовой мелочи) на выпуске плавки.

Обработка стали на агрегате ковш–печь осуществляется следующим образом.

Обработка металла на установке «ковш–печь» преследует следующие цели: корректировка металла по температуре; корректировка металла по химическому составу; усреднение металла по температуре и химическому составу; удаление серы; удаление неметаллических включений; дегазация стали; согласование работы электропечи и МНЛЗ.

Время обработки металла на установке «ковш–печь» определяется необходимостью решения тех или иных задач. Рекомендуемое время обработки металла 30 – 40 минут.

Минимальное время обработки определяется необходимостью усреднения по температуре и химическому составу, должно составлять не менее 15 минут от момента начала и до окончания продувки. Длительность обработки свыше 50 минут не рекомендуется из–за снижения стойкости элементов футеровки стальной ковшей.

Подачу аргона через пористую пробку производят на протяжении всего цикла обработки металла на установке.

Регулирование расхода аргона производят таким образом, чтобы недопускать сильного оголения металла в районе продувочного пятна и бросков тока по фазам. В то же время продувочное пятно должно отчетливо наблюдаться.

При подаче аргона на пробку кратковременно устанавливают максимальное давление аргона 1 – 2,5 МПа для пробивания продувочного блока, после чего производится переключение на давление до 0,3 МПа. Визуальный контроль продувки проводят каждые 5 – 8 минут. После этого разрешается включение нагрузки.

Степень дугового нагрева выбирают исходя из требуемой скорости нагрева металла. При продувке без дугового подогрева снижение температуры составляет 0,5 – 1,0 °С/мин. Скорость нагрева определяется так же количеством и состоянием шлака, интенсивность продувки аргона, количество присаживаемых материалов.

Наведение рафинирующего шлака производят присадкой извести и плавикового шпата. При обработке стали на АКП при наведении рафинирующего шлака дополнительно используют АКС.

Для раскисления и вспенивания шлака используют порошок кокса, присаживаемый на поверхность шлака. Допускается использование, в качестве раскислителя шлака, кускового силикокальция в количестве до 1,0 кг/тн жидкой стали. Шлакообразующие материалы присаживаются через отверстие в своде. Материалы подаются на печь–ковш по конвейерам системы подачи и дозирования материалов. После наведения рафинировочного шлака он должен быть белым, саморассыпающимся и иметь основность не менее 2,2.

Корректировку состава металла проводят в следующем порядке: добиваются получения однородного жидкоподвижного шлака в ковше; начинают присадки порций ферросплавов, контролируя их прохождение и усвоение визуально. Корректировка содержания углерода в металле производится присадками коксовой мелочи, УСМ или графита.

Количество присаживаемых ферросплавов рассчитывают исходя из следующих коэффициентов усвоения элементов: марганец 100%; кремний 90%; углерод коксика 50%.

При выплавке грубных марок стали для ввода алюминия используется трайб-аппарат, который подает в ковш алюминиевую катанку, через него также при необходимости подают порошковую проволоку для доводки химического состава по другим легирующим элементам (ванадий, молибден, ниобий и т.д.). После ввода алюминия проводится усреднительная продувка металла аргоном в течение 3 – 4 минут, после чего производится обработка металла проволокой силикокальция. При выплавке стали с нормируемым содержанием титана, он вводится в виде проволоки с ферротитановым наполнителем после обработки силикокальцием.

Контроль температуры стали в ковше производится после начала продувки металла. Последний замер температуры производится непосредственно перед подачей ковша на разливку. Промежуточный контроль температуры металла рекомендуется проводить через каждые 5 – 10 минут работы под током, и через 10 минут, при работе без дугового подогрева.

Последовательность технологических операций:

1. После установки ковша на стенд печь–ковша немедленно начинают продувку металла аргоном через продувочный блок.

2. Производят замер температуры и отбор пробы металла.

3. Производят включение нагрузки.

4. Начинают производить наведение рафинирующего шлака.

5. В ожидании результатов химического анализа пробы, проводят корректировку состава металла на рекомендованное содержание элементов.

6. По получении результатов химического анализа пробы проводят корректировку состава металла на рекомендованное содержание элементов.

7. Производят расчет необходимой скорости нагрева и устанавливают соответствующую ступень напряжения.

8. При необходимости производятся повторные корректировки химического состава металла по результатам анализа пробы №2(3) отбираемых через 5 минут, после присадки последней порции ферросплавов. Корректировку химического состава стали производят до получения заданного для данной марки химического анализа за исключением содержания кремния, который присаживают на содержание ниже нижнего предела с учетом кремния присаживаемого в виде проволоки.

9. После получения заданного химического состава стали производят глубинную раскисление стали вводом в металл проволоки с порошковым силикокальцием. Проволока вводится при помощи трайб-аппарата. Количество вводимой проволоки определяется регламентом для различных марок стали.

10. За 3–5 минут до окончания доводки нагреть металл на 3–5 ° С выше заданной температуры отключить дуговой подогрев и охлаждать до заданной температуры продувкой аргоном, регулируя ее интенсивность.

11. По окончании обработки отбираются проба шлака на химический анализ, количество проб шлака в течение смены определяется регламентом.

Далее сталь – ковш направляется на МНЛЗ или, при необходимости, на вакууматор.

Обработка стали на вакуумном дегазаторе. Сталеразливочный ковш мостовым краном подают на установку ВД и устанавливают в камеру, к стальковшу присоединяется аргонопровод, включается подача аргона через пористые пробки в днище ковша с интенсивностью 60 Нл/мин. Если при этом происходит оголение зеркала металла (контролируется визуально) расход аргона снижается.

Накатывается и опускается крышка вакуумной камеры и включается парожетторный насос.

Измерение температуры, взятие пробы на химический состав, определение содержания кислорода производятся при помощи автоматического манипулятора после закрытия вакуумной камеры, до начала набора вакуума. В случае нефункционирования автоматического манипулятора замеры и взятие пробы производится вручную до накачивания крышки.

Порядок набора вакуума.

Положение 1 – снижение давления до 175 мбар (130 торр).

Положение 2 – снижение давления до 65 мбар (50 торр). При возникновении «кипения» металла, давление удерживают на уровне около 133 мбар (100 торр) до успокоения ванны.

В случае бурного кипения ванны производят переключение на предыдущее положение насоса (положение 1) и давление поддерживается до успокоения металла.

Положение 3 – снижение давления до 5 мбар (4 торр). При вскипании удерживается давление на уровне около 27 мбар (20 торр) либо производится переход на предыдущее положение насоса с целью предотвращения перелива стальной ковша.

Положение 4 – снижение давления до уровня менее 1,33 мбар (менее 1 торр). Время удержания низкого давления составляет от 20 до 25 минут и в этих пределах зависит от времени необходимого для удаления водорода, азота, кислорода из стали, времени отправки стали на МНЛЗ, температуры металла.

При достижении давления менее 1,33 мбар увеличивается расход аргона до 270 Нл/мин для поддержания максимально возможного вспенивания – должен быть задействован весь свободный борт ковша.

После проведения вакуумирования закрывается отсечной клапан и выключается насос. Для разбавления скопившегося в камере СО в камеру закачивают азот, так как при смешивании СО с воздухом в объеме 12,5-74,2% СО, смесь самовоспламеняется.

После окончания нагнетания азота в бак вводится воздух до достижения атмосферного давления.

Расход аргона на продувочную пробку снижается до 60 Нл/мин.

Производится замер температуры, определение содержания кислорода и отбор пробы металла при помощи автоматического пробоотборника.

Поднимается крышка бака.

Окончательная доводка металла производится присадкой алюминиевой катанки и проволокой с порошковыми наполнителями (С, FeTi, FeV, FeNb, SiCa и др.) с помощью трайбаппарата в количестве, оговоренном в НТД.

После присадки проволоки не менее 5-7 минут производится продувка металла аргоном, при этом расход устанавливается на уровне 30 Нл/мин или меньше, не допуская оголения зеркала металла.

Производится замер температуры, измерение содержания водорода в металле, отключается подача аргона, отсоединяется система подачи аргона, поверхность металла в сталеразливочном ковше укрывается теплоизолирующей смесью в количестве 40 – 60 кг, после чего ковш отдается на МНЛЗ.

Непрерывная разливки стали. Для производства непрерывнолитых заготовок используются МНЛЗ радиального типа с радиусом изгибающего сектора 10000 мм. Диаметр отливаемых заготовок: от 150 до 300 мм. Длина заготовок от 5 до 12 метров.

Непрерывная разливка осуществляется методом «плавка на плавку».

Разливка производится закрытой струей, через погружные стаканы.

Перед подачей плавки на МНЛЗ сталь-ковш накрывается утепляющей футерованной крышкой. Температура стали в ковше подбирается таким образом, чтобы обеспечить температуру в промежуточном ковше, превышающую температуру ликвидус на 20-25 °С.

Уровень металла в кристаллизаторе поддерживается на высоте 80 – 90 мм от верхней кромки гильзы кристаллизатора. На поверхность металла в кристаллизаторе наводят ШОС.

В промежуточном ковше уровень шлака не должен превышать 50 мм.

При начале разливки (вытягивания заготовки) одновременно включается механизм качания кристаллизатора, подача воды на вторичное охлаждение.

Температуру металла контролируют в промежуточном ковше термопарой погружения каждые 15 минут разливки.

Температура поверхности заготовки перед ножницами должна быть 900 – 950 °С.

На каждой плавке отбирают поперечные темплеты заготовки для контроля макроструктуры, толщина темплета 60 – 70 мм.

При замене стальной ковша не допускается снижение уровня металла в промежуточном ковше менее 250 мм.

3. Постановка задачи (проблемы)

При выплавке ряда высококачественных сталей в условиях ПФ ТОО «KSP Steel» (типа 13ХФА и других) по требованиям заказчиков ограничивается содержание азота в пределах 0,008 % ÷ 0,003 %. Обычно содержание азота в электросталях составляет 0,004 – 0,011 %.

В условиях электросталеплавильного производства по сравнению с кислородно-конвертерным процессом достижение таких пределов довольно сложная задача.

Предложите варианты решения данной проблемы!

Пример решения кейса

(1. преподавателем публикуется перечень заданий кейсов / эссе на сайте dot.psu.kz в соответствующем курсе; 2. обучающийся прикрепляет выполненное задание на сайте dot.psu.kz в соответствующем форуме дисциплины)

Экзамен по дисциплине «Процессы металлургии и рециклинг» специальность 6М070900 – Металлургия

Дата экзамена: 11.05.2020 г.

Группа: _____, магистрант: _____,
(Ф.И.О.)

Наименование задания

При выплавке ряда высококачественных сталей в условиях ПФ ТОО «KSP Steel» (типа 13ХФА и других) по требованиям заказчиков ограничивается содержание азота в пределах 0,008 % ÷ 0,003 %. Обычно содержание азота в электросталиях составляет 0,004 – 0,011 %.

В условиях электросталеплавильного производства по сравнению с кислородно-конвертерным процессом достижение таких пределов довольно сложная задача.

Предложите варианты решения данной проблемы!

Решение кейса

Результаты литературного обзора

При снижении содержания азота в стали отмечается повышение ее механических свойств (например, пластичности, ударной вязкости и др.), снижение чувствительности к трещинообразованию при прокатке, а также снижение содержания нитридных включений в металле, что способствует сокращению брака по поверхностным дефектам и снижению количества переназначений [1].

Обзор научно-технической информации [2 - 6] показал, что на содержание азота в стали оказывает влияние ряд факторов:

- шихтовые материалы;
- материалы, используемые при выплавке и внепечной обработке стали (науглероживающие, шлакообразующие и т.д.);
- чистота кислорода;
- условия горения дуг ДСП;
- режимы продувки и вдувания кислорода и коксика;
- уровень раскисленности металла на выпуске;
- режимы обработки на АКП и вакууматоре;
- защита стали от вторичного окисления при разливке на МНЛЗ и другие факторы.

Влияние шихтовых материалов на содержание азота показаны в таблице 1 и 2 [4].

Таблица 1 – Содержание азота в шихтовых материалах

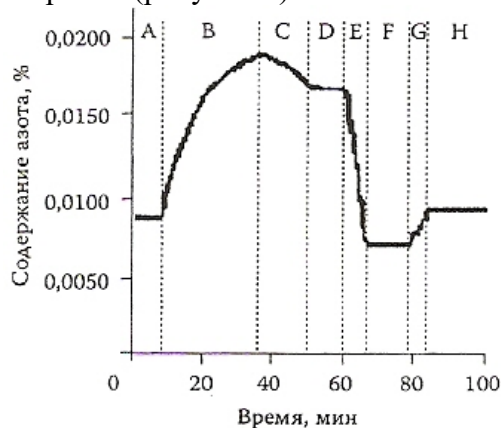
Наименование материала	Содержание азота, %
Лом	0,003 – 0,012
Металлизированное сырье	0,002 – 0,003
Чушковый чугун (4 % С)	0,002 – 0,003
Углеродсодержащие материалы (кокс, антрацит)	0,5 – 1,0
Кислород	0,003 – 0,020
Известь	0,040

Таблица 2 – Содержание азота в материалах, используемых при электроплавке

Материалы	содержание азота, %
Ферросплавы	
Ферросилиций	0,01– 0,032
Ферромарганец:	
- низкоуглеродистый	0,070
- высокоуглеродистый	0,014
- электролитический	0,0045
Селикомарганец	0,0085
Феррохром	0,08–0,17
Феррованадий	0,26
Феррониобий	0,027
Алюминий (проволока и гранулы)	0,001
Углеродсодержащие материалы	
Углеродистая проволока	0,28
Антрацит	0,38–1,0
Электродный бой	0,67
Коксовая мелочь	0,09–1,02
Низкоазотистый кокс	0,07
Шлакообразующие материалы	
Известь	0,40
Карбид кальция	0,130
CaF ₂	0,31

Влияние чистоты кислорода, используемого для продувки ванны. По данным [4] использование для продувки металла кислорода с содержанием азота до 0,5 % может необратимо привести к повышению содержания азота в расплаве на 0,002 – 0,003 %. При содержании азота в кислороде менее 0,01 % он не оказывает существенного влияния на конечное содержание азота в металле.

Влияние этапов технологии выплавки стали в ДСП. По данным [4] изменение содержание азота в металле в различные периоды выплавки стали в ДСП (шихта – 100 % лома) происходит следующим образом (рисунок 2).



А – проплавление «колодцев» в холодной шихте; В – образование жидкой ванны и увеличение ее объема; С – завершение расплавления твердой шихты; D – нагрев ванны до температуры углеродного кипения; E – период углеродного кипения; F – присадка ферросплавов и разогрев ванны до температуры разлива; G – выпуск плавки; H – выдержка стали в ковше

Рисунок 2 – Изменение содержания азота в процессе производства стали в ДСП

Поведение азота в период углеродного кипения. В этот период происходит удаление азота вследствие его абсорбции всплывающими пузырьками СО, в которых парциальное давление азота значительно меньше равновесного. При этом содержание азота уменьшается с увеличением содержания углерода по расплавлению за счет более интенсивного кипения ванны [2, 4, 5].

Ведение процесса окисления углерода в ДСП на вспененном шлаке позволяет снизить вероятность поступления воздуха в зоны горения электрических дуг и тем самым снизить возможность активирования азота и его последующего перехода в металл из атмосферы.

На практике не удастся поддерживать шлаки во вспененном состоянии в течение всего окислительного периода. Активное поглощение азота в зоне электрических дуг происходит как раз в конце окислительного периода, когда металл имеет наиболее высокую температуру, а защитное действие выделяющегося из металла СО ослабляется, так как кипение ванны постепенно затухает [4].

Выпуск стали из ДСП. Основная доля азота вносится в сталь на стадиях, связанных с контактом открытой поверхности металла с азотом атмосферы – при выпуске и разливке стали.

Поглощение азота на стадии выпуска происходит в пределах 0,0010 – 0,0015 % (для стали 20А) [4]. Для сталей с хромом это значение значительно выше.

Обработка стали в АКП. Для снижения степени поглощения азота лучше раскислять металл после выпуска – в ковше, без прямого контакта с атмосферой, под слоем специально сформированного шлака. Учитывая наличие электродугового нагрева в АКП и возможность интенсивного поглощения азота из газовой фазы, необходимо обработку стали проводить при избыточном давлении аргона под крышкой ковша («подпор»), используя мощность газоотводящего тракта на 30 – 60 % [4]. В АКП снижения содержания азота не происходит, а в ряде случаев (прежде всего при низком начальном содержании азота) имеет место даже повышение его содержания. Так, по данным работы [4], в процессе обработки стали в АКП содержание азота повышается с 0,0045 до 0,0060 %.

В процессе внепечной обработки необходимо выбрать такой режим продувки аргоном, при котором достигается минимальное оголение металла даже при создании восстановительной атмосферы под крышкой АКП.

Вакуумная обработка металла. Снижение содержания азота при вакуумной обработке стали можно обеспечить прежде всего минимальным подсосом (натеканием) воздуха в вакуумную камеру и при возможно более низком содержании поверхностно-активных элементов – кислорода и серы.

Вместе с тем, в отличие от продувки металла аргоном в АКП, при вакуумировании стали имеется возможность интенсифицировать процесс удаления азота за счет одновременной продувки расплава аргоном при давлении 1,0 мм рт. ст., содержании серы 0,010 %, кислорода 0,002 % и скорости продувки 1,8 м³/мин [4].

Целесообразно обеспечить на вакууматоре аргоновую защиту мест подсоса воздуха подобно тому, как это делают на установках непрерывной разливки стали.

Непрерывная разливка стали. Надежная защита металла от контакта с воздухом при непрерывной разливке – использование шлакообразующих смесей, применение защитных труб и погружаемых стаканов с аргоновой защитой мест подсоса воздуха.

Самым опасным является начальный этап разливки первой плавки в серии «плавка на плавку», когда содержание азота повышается в среднем на 0,0001 %, в конце разливки поглощение азота полностью отсутствует [4].

Варианты решения проблемы

Анализ приведенных данных свидетельствует о том, что для достижения низкого содержания азота в стали при ее выплавке в ДСП, обработке в АКП и разливке на МНЛЗ следует использовать следующие мероприятия [2 - 6]:

1 Применять чистые по содержанию азота шихтовые, легирующие, науглероживающие и шлакообразующие материалы. Использование металлизированного железорудного сырья (окатыши и/или брикеты) позволяет снизить содержание азота в конечном металле.

2 Заменить углерод содержащие материалы с высокой концентрацией азота (загружаемый с шихтой кусковой доменный кокс, антрацит и уголь марки АС с 0,5–1,1% азота) низкоазотистым коксом с содержанием азота 0,03–0,1 %, что позволит уменьшить его концентрацию в стали на выпуске на 0,001–0,0015 %.

3 Предусмотреть формирование пенистых шлаков с основностью $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3) = 1,8 \div 2,2$ одновременно с продувкой кислородом и периодическим присаживанием углерод содержащих материалов.

4 При выплавке низкоуглеродистого полупродукта для последующей внепечной обработки необходимо обеспечить содержание углерода по расплавлению не менее 0,8 %. Начало продувки при 1500–1540 °С. Расход кислорода должен обеспечить скорость обезуглероживания не менее 0,06 %/мин, а электрический режим – достижение температуры выпуска при содержании углерода не менее 0,4%. Это позволит исключить работу дуг при слабом кипении ванны в конце обезуглероживания. Таким образом, содержание азота в металле можно понизить с 0,008–0,010 (и более) до 0,005–0,006%.

5 Организация защиты струи металла на выпуске.

6 При обработке стали в АКП основной задачей является исключение возможностей повышения содержания азота. Это может быть достигнуто наведением шлака и осуществлением режимов продувки металла аргоном, не приводящими к оголению поверхности жидкого металла, прежде всего в зоне горения электрических дуг. Присадка ферросплавов и легирующих в АКП под шлак с контролем процесса горения электрических дуг. Раскисление металла по возможности следует производить в ковше под шлаком, в том числе и углеродсодержащей проволокой. Десульфурацию металла следует проводить до достижения содержания серы не более 0,010 %.

7 Осуществлять вакуумирование глубоко раскисленного (до 0,002 % [O]) металла с пониженным содержанием серы при давлении не более 1,0 мм рт. ст. при расходе аргона 0,5 – 0,7 м³/т. При этом необходимо обеспечить высокую герметичность вакуумной камеры для исключения подсоса (натекания) воздуха в процессе вакуумирования.

8 Разливку стали на МНЛЗ следует проводить с защитой струи жидкого металла на выходе из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш и из промежуточного ковша в кристаллизатор. При этом необходимо исключать подсос воздуха в зону истечения струи. Целесообразно использовать промежуточные ковши с герметичными крышками и заполнением их пространства инертным газом.

Список использованных источников

1. Лившиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990. – 236 с.
2. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. – 6-е изд., перераб и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.
3. Одесский П.Д. Микролегированные стали для северных и уникальных металлических конструкций / П.Д. Одесский, Л.А. Смирнов, Д.В. Кулик. Учебное пособие. – М. : Интермет инжиниринг, 2006. – 176 с.
4. Шалимов А. Г. Производство электростали с пониженным содержанием азота. // Металлург. – 2010. – № 4. – С. 45 – 54.
5. Deoxidation and Desulphurization of liquid iron with barium and barium bearing calcium alloys /Y. Kataura, T. Shoji, K. Topawa, T. Takahashi //Trans. Iron and Steel Inst. Japan. – 1980. – Vol. 20, № 12. – P. 801.
6. Feuerfestloesungen zur Verbesserung des Stanhlreinheitsgrades / M. Tomas, M. Kirschen, J. Rotsch et al. /// Stahl und Eisen. 2012. 132. № 8. P. 3 – 45.