

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 23.07.2026 17:48:31
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Запорожский государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И КОМПЛЕКСЫ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль): «Металлургические машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.т.н. , доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Лаговская Е.В.

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № 11 от «10» 06 2026 г.

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9.1 Принимает участие в процессе внедрения нового технологического оборудования
ОПК-11 Способен применять методы контроля качества технологических машин и оборудования, проводить анализ причин нарушений их работоспособности и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	ОПК-11.1 Разрабатывает план мероприятий по предупреждению причин возникновения нарушений работоспособности металлургических машин и оборудования
	ОПК-11.2 Осуществляет анализ причин нарушений их работоспособности металлургических машин и оборудования

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Металлургия - одна из основных отраслей в промышленности России	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и комплексы процесса обогащения медно-никелевых руд	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы в металлургии меди	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы в металлургии никеля	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы в	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных	Составление систематизированного

металлургии титана, магния, алюминия		источников по тематике, тестовые задания	списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы для разлива цветных и чёрных металлов	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и комплексы обжимных прокатных станов	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы для производства листопрокатной продукции	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы при производстве сортового проката и проволоки	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Технологические линии и аппаратные комплексы для прессования изделий из металлов и сплавов	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Вспомогательные технологические линии и аппаратные комплексы прокатных цехов	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Смежные вопросы	ОПК-9 ОПК-11	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Экзамен	ОПК-9 ОПК-11	Решение всех тестовых заданий по темам и заданий РГР и КП	Решение всех тестовых заданий по темам

1. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в 6 семестре в форме «Экзамен»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
ИТОГО:		-	___ баллов	-

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

Придумай 25 вопросов с ответами по «Технологические линии и комплексы металлургических производств» по компетенции «ОПК-11 Способен применять методы контроля качества технологических машин и оборудования, проводить анализ причин нарушений их работоспособности и разрабатывать мероприятия по их предупреждению». Разбей их на 3 уровня сложности и разные типы задания такие как:

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) - 5 вопросов

Задания должны быть:

Задание закрытого типа на установление соответствия

Задание закрытого типа на установление последовательности

Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

Задание открытого типа с развернутым ответом

Основные разделы дисциплины:

Металлургия - одна из основных отраслей в промышленности России

Технологические линии и комплексы процесса обогащения медно-никелевых руд

Технологические линии и аппаратные комплексы в металлургии меди

Технологические линии и аппаратные комплексы в металлургии никеля

Технологические линии и аппаратные комплексы в металлургии титана, магния, алюминия

Технологические линии и аппаратные комплексы для разлива цветных и чёрных металлов

Технологические линии и комплексы обжимных прокатных станов

Технологические линии и аппаратные комплексы для производства листопрокатной продукции

Технологические линии и аппаратные комплексы при производстве сортового проката и проволоки

Технологические линии и аппаратные комплексы для прессования изделий из металлов и сплавов

Вспомогательные технологические линии и аппаратные комплексы прокатных цехов

Смежные вопросы

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов

1. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При внедрении новой линии непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) инженер изучает компоновку оборудования. Какой агрегат является «сердцем» МНЛЗ, определяющим начальную геометрию слитка и производительность всей линии?

- А) Газорезка
- Б) Кристаллизатор
- В) Зона вторичного охлаждения (ЗВО)
- Г) Тянуще-правильная машина (ТПМ)

Ответ: Б.

Обоснование: Кристаллизатор формирует первичную твердую оболочку слитка (корочку) и его геометрическое сечение. Именно конструкция кристаллизатора (гильзовый, сборный, с электромагнитным перемешиванием) определяет качество поверхности и скорость вытягивания заготовки, что напрямую влияет на производительность всей линии. Остальные узлы обслуживают уже сформированный слиток.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом прокатного стана (столбец 1) и основным видом продукции, производимой на нем (столбец 2):

Тип стана	Вид продукции
1. Блюминг / Слябинг	А. Катанка диаметром 5–10 мм
2. Толстолистовой стан	Б. Трубная заготовка и сортовой прокат
3. Непрерывный заготовочный стан	В. Слябы и блюмы для переката
4. Проволочный стан	Г. Листовой прокат толщиной 10–160 мм

Ответ: 1-В, 2-Г, 3-Б, 4-А.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

На металлургическом заводе внедряется новая технологическая линия по производству алюминия. Инженеру необходимо объяснить обслуживающему персоналу разницу между анодной массой и обожженным анодом. Опишите технологическое назначение этих двух типов анодов в электролизере Содерберга и предварительно обожженных анодов.

Ответ:

В электролизере с самообжигающимся анодом (Содерберга) используется анодная масса (смесь кокса и пека), которая подается в стальной кожух сверху и постепенно коксуется за счет тепла самого электролизера, превращаясь в твердый электропроводный блок. Это непрерывный процесс. В электролизерах с предварительно обожженными анодами (ПОА) обожженные аноды изготавливаются заранее на анодно-монтажном участке и заменяются по мере сгорания (огарки). Технология ПОА сложнее и дороже в оснащении (требует анодно-обжиговых печей и линию сборки), но позволяет герметизировать электролизер и улавливать газы, что экологичнее и дает более высокий КПД по току, являясь стандартом для современных внедряемых комплексов.

4. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При освоении нового комплекса кислородно-конвертерного цеха технолог настраивает систему улавливания и очистки конвертерных газов. Какие функции должно выполнять оборудование газоочистного тракта для обеспечения надежной и безопасной работы конвертера?

1. Охлаждение конвертерного газа в котле-утилизаторе.
2. Улавливание ферросплавной пыли для возврата в шихту (рециклинг).
3. Дожигание СО до СО₂ перед выбросом в атмосферу.
4. Очистка газа в электрофильтрах или рукавных фильтрах от пыли.
5. Подача нейтрального газа в конвертер.

Ответ: 1, 3, 4.

Обоснование:

6. Котел-утилизатор (ОКГ) — неотъемлемая часть отвода газов без сжигания (ОГ-процесс), охлаждает газ до безопасной температуры и утилизирует тепло.
7. Дожигание СО — конвертерный газ содержит ядовитый угарный газ. На ряде систем (особенно с полным сжиганием) необходима установка дожигающей «свечи» или камеры дожига для обезвреживания перед выбросом, либо система утилизации газа без дожига для энергоцеха.
8. Очистка от пыли — конвертерный газ выносит десятки кг/т стали мелкодисперсной пыли. Электрофильтры или рукавные фильтры обязательны для соблюдения экологических норм.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите оборудование технологической линии «печь-ковш» (АПК / LF) в порядке движения металла и обработки от выпуска из печи до разливки:

- А) Установка доводки стали (печь-ковш) с электродами
- Б) Продувка аргоном для усреднения и гомогенизации
- В) Подача ферросплавов и извести через бункерную систему
- Г) Выпуск полупродукта из ДСП / конвертера в сталеразливочный ковш
- Д) Подача ковша на МНЛЗ через стенд «поворотный стол»

Ответ: Г → А → В → Б → Д.

(Приняли металл, поставили под нагрев, дали легирующие и шлакообразующие, перемешали аргоном, отдали на разливку).

6. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

В прокатном цехе внедряется новая линия ускоренного охлаждения (ламинарное душирование) на широкополосном стане. Какую основную технологическую задачу, повышающую качество и прочность проката, решает это оборудование?

- А) Удаление окалины с поверхности полосы
- Б) Регулируемое охлаждение для получения мелкозернистой структуры (термомеханическая обработка)
- В) Транспортировка полосы на моталку
- Г) Нанесение консервационной смазки

Ответ: Б.

Обоснование: Установка ламинарного душирования (УЛД) на отводящем рольганге обеспечивает строго дозированное водяное охлаждение с температуры конца прокатки до температуры смотки. Это позволяет управлять фазовыми превращениями (распад аустенита), формируя мелкозернистую ферритно-перлитную или бейнитную структуру, и получать прокат с повышенными прочностными характеристиками (классы прочности X70, X80) без дополнительной термической обработки.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между переделом в металлургии никеля и основным технологическим агрегатом, используемым на этом переделе:

Технологический передел	Основной аппарат (агрегат)
1. Плавка на штейн	А. Печь кипящего слоя (КС)
2. Конвертирование файнштейна	Б. Горизонтальный конвертер (Пирса-Смита)
3. Обжиг сульфидного	В. Анодная печь (миксер)

концентрата

4. Электролитическое
рафинирование

Г. Электролизные ванны с нерастворимыми
анодами

Ответ: 1-А (или руднотермическая печь), 2-Б, 3-А (или печь Ванюкова), 4-Г.

Примечание: Плавка на штейн — печь Ванюкова/РТП; обжиг — печь КС.

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

На участке прессования внедряется новый гидравлический пресс усилием 75 МН для производства панелей из алюминиевого сплава. Мастер участка спрашивает, почему в линии пресса обязательно наличие «прошивной системы» (независимого прошивного цилиндра). Объясните, какую технологическую операцию она выполняет и почему ее отсутствие ограничивает номенклатуру продукции.

Ответ:

Независимая прошивная система (цилиндр) в гидравлическом прессе предназначена для операции прошивки слитка с целью получения полой заготовки (трубной гильзы) непосредственно в контейнере перед выдавливанием. Игла, закрепленная на штоке прошивного цилиндра, проходит сквозь весь нагретый слиток, формируя внутреннее отверстие.

Без этой системы пресс может работать только методом «сплошного выдавливания» (прутки, сплошные профили). Производство труб переменного сечения или полых панелей методом «прошивки с расширением» и «раскатки» без прошивной иглы невозможно, что резко сужает номенклатуру и не позволяет осваивать выпуск высокомаржинальной продукции для авиации и транспорта.

9. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При внедрении линии флотационного обогащения медно-никелевых руд инженер проверяет комплектность поставки флотомашин. Какие типы флотационных камер, составляющие технологическую линию «цепочку флотации», должны быть включены в спецификацию оборудования для селективного разделения минералов?

1. Камеры основной (коллективной) флотации.
2. Камеры перечистой флотации.
3. Сгустители радиальные (пульпы).
4. Камеры контрольной флотации.
5. Шаровые мельницы мокрого помола.

Ответ: 1, 2, 4.

Обоснование: Технологическая линия флотации строится по каскадному принципу: пульпа поступает в камеры основной флотации (п.1), где извлекается основная масса ценных минералов. Для повышения качества концентрата (содержания меди/никеля) черновой концентрат направляется в камеры перечистой флотации (п.2). Хвосты основной и перечистой флотации, содержащие недоизвлеченные частицы, попадают в камеры контрольной флотации (п.4) для доизвлечения металлов и снижения потерь. Сгустители (3) и мельницы (5) относятся к смежным переделам сгущения и измельчения.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите хронологию технологических операций в новой линии горячего цинкования стальной полосы (АНГЦ), начиная с поступления холоднокатаного рулона на вход:

- А) Охлаждение и сушка полосы
- Б) Химическая подготовка (обезжиривание, травление)
- В) Погружение в ванну с расплавленным цинком (нанесение покрытия)
- Г) Отжиг в печи непрерывного действия (безокислительный нагрев)
- Д) Дрессировка и правка готовой оцинкованной полосы

Ответ: Б → Г → В → А → Д.

(Сначала очистили, затем термообработали для свойств, нанесли цинк, охладили, улучшили

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов

11. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

Рассчитывается производительность новой сортовой МНЛЗ. Производительность (Π) для одного ручья определяется как $\Pi = 60 \cdot v \cdot F \cdot \rho$, где v — скорость разливки (м/мин), F — сечение заготовки (м^2), ρ — плотность. При внедрении технологии «мягкого обжатия» (Soft Reduction) инженер планирует увеличить v на 15%. На какую величину он должен уменьшить сечение кристаллизатора F , чтобы не превысить металлургическую длину машины (L_m)?

А) F не меняется, длина машины не зависит от скорости.

Б) F нужно уменьшить, так как при росте скорости жидкая лунка становится длиннее, а ее длина пропорциональна $v \cdot F$.

В) F нужно увеличить для компенсации роста скорости.

Г) F нужно оставить прежним, но увеличить интенсивность охлаждения в ЗВО.

Ответ: Б.

Обоснование: Длина жидкой лунки ($L_{ж.л.}$) линейно зависит от скорости разливки и толщины заготовки: $L_{ж.л.} = k \cdot v \cdot d^2$ (где d — толщина). Если скорость v растет на 15%, а металлургическая длина машины (расстояние до газорезки) фиксирована, для сохранения $L_{ж.л.} \leq L_m$ необходимо уменьшить толщину заготовки d (а следовательно, и площадь сечения F), так как зависимость от толщины квадратичная, и даже небольшое уменьшение толщины компенсирует рост скорости.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

На заводе внедряется новый комплекс электролиза магния. Вместо старых диафрагменных электролизеров монтируются биполярные бездиафрагменные электролизеры. Объясните, какой технологический риск возникает из-за отсутствия диафрагмы и какое вспомогательное оборудование (аппаратный комплекс) необходимо добавить в линию для обеспечения взрывобезопасности и чистоты продуктов.

Ответ:

Риск: В диафрагменных электролизерах диафрагма разделяет анодные (хлор) и катодные (магний и часть газов) продукты, не давая им смешиваться. В бездиафрагменных биполярных электролизерах хлор и магний выделяются в общее пространство, и если разделение сред только динамическое (за счет циркуляции электролита), существует риск обратной реакции (рекомбинации хлора и магния со взрывом) и загрязнения металла хлоридами.

Необходимое оборудование:

1. Система вакуумного отсоса и разделения хлора: мощные компрессорные станции и герметичные газоходы для постоянного удаления анодного хлора из межэлектродного пространства.
2. Хлорная компрессорная: для сжатия и осушки хлора перед подачей на ожижение или в производство.
3. Аппараты очистки инертного газа: для создания защитной атмосферы в зоне извлечения магния, исключающей его горение.

13. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При освоении нового обжимного реверсивного стана «кварто» (толстолистового) инженеры настраивают систему автоматического регулирования толщины (САРТ). Какие технологические параметры линии являются входными сигналами для гидравлического нажимного устройства (ГНУ), обеспечивающего точность прокатки?

1. Усилие прокатки, измеряемое месдозами.
2. Температура охлаждающей эмульсии.
3. Положение нажимных винтов (раствор валков).
4. Скорость вращения рольганга на входе.
5. Толщина подката, измеряемая входным толщиномером.

Ответ: 1, 3, 5.

Обоснование:

САРТ работает по принципу Головина-Симса (уравнение упругой линии клетки). Для коррекции толщины полосы (h_1) система использует:

6. Усилие прокатки (P): определяет упругую деформацию клетки ($\Delta S = P / M_{кл}$).
7. Положение нажимных винтов (S_0): первичная настройка раствора.
8. Толщина подката (h_0): система Feed-Forward (прямая связь) заранее реагирует на изменение толщины входящего металла, изменяя положение ГНУ. Температура эмульсии и скорость рольганга являются важными, но вспомогательными параметрами для охлаждения и транспортировки, а не прямыми регуляторами толщины.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом правильной машины (технологической линии отделки) и видом исправляемого дефекта проката:

Тип правильной машины (агрегата)	Устраняемый дефект формы
1. Роликовая сортоправильная машина (РПМ)	А. Волнистость и коробоватость листа
2. Растяжная правильная машина	Б. Кривизна (неплоскостность) сортового проката и труб
3. Роликовая листоправильная машина (многороликовая)	В. Остаточные напряжения и серповидность полосы

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А.

15. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При расчете линии прессования алюминиевых профилей инженер определяет коэффициент вытяжки (λ). Для профиля «балка» $\lambda = F_{\text{конт}} / F_{\text{изд}}$. Прочность пресс-штемпеля ограничена напряжением $\sigma_{\text{шт}}$. При каком условии внедрение более сложного профиля с $\lambda > 120$ на имеющемся прессе невозможно без модернизации?

А) При $\lambda > 50$ падает пластичность сплава.

Б) При превышении давления истечения ($P_{\text{ист}} = \sigma_s \cdot \ln \lambda$) предела прочности штемпеля на сжатие.

В) При $\lambda > 100$ нельзя использовать жидкую смазку.

Г) При высокой λ снижается температура контейнера.

Ответ: Б.

Обоснование: Усилие прессования $P = \sigma_s \cdot F_{\text{конт}} \cdot \ln \lambda$. С ростом λ растет логарифмическая степень деформации, а значит, требуемое давление истечения. Если напряжение в штоке пресса превысит допустимый предел прочности инструментальной стали (обычно около 1000–1200 МПа), шток разрушится. Для внедрения сложных профилей с экстремальными вытяжками требуется либо снижение сопротивления деформации (нагрев заготовки до верхнего предела), либо установка пресса с большим усилием.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

На заводе внедряется линия «печь-ковш» (АПК) с системой электромагнитного перемешивания (ЭМП) на дне ковша. Инженер должен составить алгоритм продувки и перемешивания для обеспечения гомогенизации по температуре. Опишите, как использование донного ЭМП изменяет гидродинамику в ковше по сравнению с традиционной продувкой аргоном, и какой параметр характеризует эффективность перемешивания.

Ответ:

При традиционной продувке аргоном через пористую пробку газ поднимается строго вверх, создавая локальный восходящий поток (факел). Вокруг этого факела металл циркулирует, но могут оставаться застойные зоны («мертвые зоны») у стен и на поверхности. Донное электромагнитное перемешивание создает бегущее или вращающееся магнитное поле,

которое приводит в движение весь объем жидкого металла за счет сил Лоренца. Гидродинамика становится осесимметричной и вращательной, без прорывов газа на поверхность и оголения зеркала металла.

Параметр эффективности: Время гомогенизации ($\tau_{\text{гом}}$), которое обычно составляет 2–4 минуты для ЭМП против 5–8 минут для газовой продувки при полном перемешивании.

Преимущество ЭМП: отсутствие азотирования металла (нет контакта с воздухом в пузыре), снижение угара легирующих элементов и более точное усреднение температуры ($\pm 3^\circ\text{C}$), что критично для разливки на МНЛЗ.

17. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При внедрении современного реверсивного стана холодной прокатки (стан «кварто») производится замена моталок. Для обеспечения высокого натяжения и плоскостности полосы из высокопрочной стали, какими функциональными устройствами должны быть оснащены новые моталки?

1. Электромеханический нажимной механизм (винтовой).
2. Гидравлический прижимной ролик с регулируемым давлением.
3. Система автоматического регулирования натяжения по току якоря двигателя и показаниям датчиков усилия (тензометрических валов).
4. Секционные форсунки подачи эмульсии.
5. Система сталкивания рулона (сбрасыватель).

Ответ: 2, 3.

Обоснование:

Современные моталки для жестких полос должны обеспечивать плотную и ровную намотку без дефектов "телескопичности" и "птички".

6. Прижимной ролик (белиссимо-ролик) синхронизируется с барабаном моталки и обеспечивает плотное прилегание первых витков полосы к барабану, задавая качество всего рулона.
7. Система САРН (регулирования натяжения) критична для процесса. При холодной прокатке натяжение является активным фактором формоизменения. Косвенное регулирование по току двигателя моталки (с компенсацией момента инерции) и прямое измерение усилия тензометрическими роликами необходимо для поддержания стабильной геометрии полосы.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите технологическую цепочку движения материалов в новом комплексе электролитического рафинирования меди:

- А) Цех электролиза с полимербетонными ваннами
- Б) Склад готовой продукции (катоды товарные)
- В) Плавильный агрегат (отражательная печь или печь шахтного типа)
- Г) Машина розлива анодов (карусельная или линейная)
- Д) Стриппер-машина (сдирка готовых медных катодов)
- Е) Участок подготовки анодных остатков (скрапа)

Ответ: В → Г → А → Д → Б (Е возвращается на В).

(Выплавляли черновую медь, отлили аноды, повесили в ванны, выросли катоды, содрали на складе, остатки анодов вернули в переплав).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом технологического комплекса для производства титана и видом получаемого полуфабриката:

Технологический комплекс	Получаемый полуфабрикат
1. Реактор восстановления (Кролл-процесс) + вакуумная сепарация	А. Титановый прокат (лист, труба)
2. Вакуумная дуговая печь (ВДП) + гарнисажная	Б. Губчатый титан

печь

3. Прокатный стан (кварто) + вакуумный отжиг

В. Титановый слиток

4. Ковочный гидравлический пресс

Г. Титановые слябы и
поковки**Ответ:** 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г.**20. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора**

В цехе горячего проката монтируется новая черновая группа клетей. Вместо шарнирных шпинделей старого типа (трефовых) устанавливаются универсальные шпиндели на подшипниках качения (зубчатые шарниры). Какое преимущество даст это внедрение с точки зрения качества проката?

А) Увеличение обжата за проход.

Б) Снижение динамических ударов и люфтов в линии привода, уменьшение разностенности и «гранености» полосы.

В) Уменьшение расхода электроэнергии.

Г) Упрощение перевалки валков.

Ответ: Б.

Обоснование: Зубчатые шарниры (шпиндели) не имеют зазоров, характерных для трэфовых соединений. В трэфовых шпинделях люфт приводит к биению крутящего момента при захвате полосы валками. Это вызывает вибрации и «отпечаток» биения на поверхности проката (поперечная разнотолщинность). Универсальные шпиндели обеспечивают равномерную угловую скорость вращения валка, гасят крутильные колебания и, как следствие, повышают точность геометрии подката.

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов**21. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора**

На новом заводе по производству никеля внедряется технология автоклавного окислительного выщелачивания (Рох) сульфидных концентратов вместо традиционной пирометаллургии. Техничко-экономическое обоснование требует доказать, что Рох исключает один из самых вредных переделов. Выбросы какого вещества гарантированно ликвидируются при такой замене?

А) Серная кислота (H_2SO_4)Б) Диоксид серы (SO_2)В) Аммиак (NH_3)Г) Угарный газ (CO)**Ответ:** Б.

Обоснование: Традиционная пирометаллургическая схема (плавка в печи Ванюкова + конвертирование) неизбежно сопровождается окислением сульфидов и образованием огромных объемов отходящих газов с высокой концентрацией диоксида серы (SO_2), требующих строительства серноокислотных цехов. Автоклавное окислительное выщелачивание (Рох) переводит серу не в газ, а в твердые сульфаты или элементарную серу в замкнутом объеме реактора. Внедрение автоклавов позволяет полностью исключить выбросы SO_2 в атмосферу цеха и отказаться от сложного серноокислотного производства.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

При внедрении непрерывного стана холодной прокатки (5-клетьевой НШС) возникла проблема пробуксовки полосы в первой клетки при прокатке полос с высокой твердостью (HSS). Инженер

предлагает изменить геометрию входной секции и заменить обычный натяжной ролик на S-образную натяжную станцию с двумя роликами. Опишите, как изменится эпюра натяжения и коэффициент трения в очаге деформации первой клетки, и докажите, почему это решает проблему пробуксовки.

Ответ:

Пробуксовка возникает при нарушении условия захвата: $\operatorname{tg} \alpha > f$ (угол захвата больше коэффициента трения). Чтобы этого избежать, необходимо увеличить вращательный момент трения в очаге деформации.

Замена одного ролика на S-образную станцию (два последовательных ролика с большим углом охвата полосой) приводит к следующему:

1. Увеличение заднего удельного натяжения (σ_0) за счет дополнительного сопротивления изгибу полосы вокруг роликов. При этом полоса плотнее прижимается к валку.
 2. Эффект «предварительного формоизменения»: знакопеременный изгиб в S-образной станции снижает предел текучести полосы на входе (эффект Баушингера), делая металл более податливым.
 3. Гидродинамический эффект: на втором ролике полоса очищается, и на ее поверхности формируется более равномерный масляный клин, который увеличивает коэффициент трения в очаге деформации в режиме «кинетического трения».
- Таким образом, момент трения возрастает, условие захвата выполняется, пробуксовка исключается.

23. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

На ферросплавном заводе внедряется новая руднотермическая печь (РТП) закрытого типа с полным укрытием свода. Пусконаладочная бригада сталкивается с резким падением активного сопротивления ванны и переходом печи в «тихий ход» без глубокой посадки электродов. Какие технологические параметры комплекса должны быть проанализированы и скорректированы в первую очередь?

1. Влажность и гранулометрический состав шихты (крупная фракция кокса).
2. Напряжение на печном трансформаторе (ступень напряжения).
3. Производительность системы газоочистки (дымососа).
4. Соотношение рудной и восстановительной части в навеске колоши.
5. Давление под сводом печи (разрежение).

Ответ: 2, 4, 5.

Обоснование:

РТП работает в режиме сопротивления. «Тихий ход» с высоко висящими электродами и низким током говорит о малом сопротивлении ванны и недогрузке печи по мощности.

6. Ступень напряжения: Необходимо переключить трансформатор на более низкую ступень напряжения. Это уменьшит длину дуги и позволит заглубить электроды в шихту, увеличив активное сопротивление между электродом и подиной.
7. Соотношение кокса в шихте: Избыток восстановителя (кокса) повышает электропроводность шихты. Нужно снизить долю кокса, чтобы увеличить сопротивление ванны и заставить ток идти через дугу.
8. Давление под сводом: В закрытых печах важно поддерживать строгое разрежение. Его нарушение (избыточное давление) может выталкивать газы через колошник, нарушая сход шихты и газодинамику печи.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите алгоритм пуска в эксплуатацию новой линии непрерывного отжига и травления (НОТА) для нержавеющей стали после завершения монтажа оборудования:

- А) Холодное опробование механизмов (прокрутка без полосы)
- Б) Индивидуальное тестирование датчиков КИПиА и систем блокировок безопасности
- В) Горячее опробование с заправкой полосы на пониженной скорости
- Г) Генеральная уборка, проверка гидравлических и смазочных систем
- Д) Выход на проектную мощность с гарантийными испытаниями (Performance Test)
- Е) Продувка защитной атмосферы (водород/азот) и нагрев печи до рабочей температуры

Ответ: Г → Б → Е → А → В → Д.

(Сначала чистота и проверка физического состояния, затем безопасность (КИП), затем создание среды в печи, механика без металла, заправка полосы, выход на гарантийные показатели).

25. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

На участке прессования медных труб внедряется линия непрерывного прессования «Conform» вместо традиционного горизонтального пресса. Инженер видит, что при сварке гранул или прутка в матрице прочность шва ниже прочности основного металла. Какой физический принцип деформации в установке Conform необходимо активировать, чтобы обеспечить качество сварного шва трубы, сопоставимое с традиционной прошивкой слитка?

А) Эффект Баушингера

Б) Принцип адиабатического разогрева и сдвиговой деформации «сдвиг в сдвиг»

В) Принцип Геллера (всестороннее сжатие)

Г) Гидродинамический эффект смазки

Ответ: Б.

Обоснование: В установке Conform исходный металл (расплавленный гранулят или пруток) сваривается в твердой фазе за счет интенсивной сдвиговой деформации в колесе-экструдере с выступами. Адиабатический разогрев (локализованный нагрев в зоне сдвига без отвода тепла) в сочетании с гидростатическим давлением и сдвиговой деформацией разрушает оксидные пленки на гранулах, выводит ювенильные поверхности и обеспечивает металлическую связь. Без этого атомарного схватывания "сдвигом в сдвиг" шов остается не просто слабым местом, а видимой границей с включениями оксидов, что недопустимо для труб под давлением. Внедрение оптимизированных колес с измененной геометрией канавки позволяет целенаправленно усилить этот механизм.

ОПК-11 (применение методов контроля качества, анализ причин нарушений работоспособности и разработка мероприятий по их предупреждению).

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов

1. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При входном контроле качества непрерывнолитой заготовки (сляба) на складе прокатного цеха инженер ОТК обнаружил поперечные трещины на гранях. Какой узел МНЛЗ с наибольшей вероятностью является источником нарушения работоспособности, приведшего к данному дефекту?

А) Сталеразливочный ковш

Б) Кристаллизатор (перекос или износ гильзы)

В) Правильная машина (неправильная настройка роликов)

Г) Машина газовой резки

Ответ: Б.

Обоснование: Поперечные трещины на поверхности непрерывнолитой заготовки, как правило, являются следствием нарушения режима трения и теплоотвода в кристаллизаторе. Перекос гильзы, неравномерный износ медных стенок или нарушение подачи ШОС (шлакообразующей смеси) приводят к местному «прилипанию» и рывкам корки слитка, что вызывает надрывы металла, ориентированные поперек оси вытягивания. Это прямой признак потери работоспособности узла кристаллизатора.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между методом неразрушающего контроля (НК) и дефектом технологического оборудования, для выявления которого этот метод применяется в первую очередь:

Метод контроля	Выявляемый дефект оборудования
1. Тепловизионный контроль (термография)	А. Усталостные трещины на поверхности валка
2. Вихретоковый контроль	Б. Нарушение футеровки конвертера / ковша («прогар»)
3. Вибродиагностика	В. Дефекты подшипников качения (износ, перекос)
4. Капиллярная дефектоскопия (цветная)	Г. Поверхностные трещины в сварных швах металлоконструкций

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

На участке флотационного обогащения медно-никелевых руд технолог отмечает устойчивое падение извлечения никеля в концентрат при неизменном качестве исходной руды. Назовите не менее трех возможных причин нарушения работоспособности технологической линии (аппаратов), которые следует проверить в первую очередь, и методы их выявления.

Ответ:

Возможные причины и методы проверки:

1. Забивание или залипание воздухопроводных трубок (аэраторов) во флотомашинах. Метод: визуальный осмотр пенного слоя (пена крупнопузырчатая, «вялая»), замер расхода воздуха на коллекторе, дифманометрия.
2. Износ импеллера или статора флотомшины. Метод: вибродиагностика двигателя, контроль потребляемой силы тока (падение при разрушении лопаток), визуальный осмотр при остановке.
3. Нарушение дозировки реагентов (собиранителя или подавителя) из-за неисправности насосов-дозаторов или забивания импульсных трубок. Метод: проверка калибровки дозаторов, анализ остаточной концентрации реагентов в жидкой фазе пульпы.
4. Переполнение или неисправность перечистных камер, ведущая к возврату богатых сростков в хвосты. Метод: проверка уровня пульпы, анализ хвостов перечистки.

4. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При плановой остановке руднотермической печи (РТП) для выплавки ферроникеля обнаружен локальный прогар подины. Какие методы контроля и эксплуатационные параметры, мониторинг которых ведется непрерывно, могли бы заранее предупредить об этом нарушении работоспособности агрегата?

1. Контроль температуры в контрольных точках подины (термопары).
2. Анализ химического состава отходящих газов.
3. Контроль вибрации электрододержателей.
4. Мониторинг токовой нагрузки по фазам и сопротивления ванны.
5. Измерение гранулометрического состава шихты.

Ответ: 1, 4.

Обоснование:

6. Термопары в подине: За 3–7 дней до прогара в зоне разгара футеровки начинается локальный рост температуры (тренд вверх). Контроль поточных значений и скорости изменения температуры (градиента) является классическим методом защиты подины.
7. Токовая нагрузка и сопротивление ванны: Расплавление металла под подиной (прогар) меняет путь тока, вызывая дисбаланс фаз (перекос мощности) и аномальное падение или скачки активного сопротивления ванны. Фиксация этих аномалий в SCADA-системе позволяет вовремя подать сигнал тревоги. Остальные методы (вибрация, гранулометрия) не

дают прямой информации о состоянии огнеупорного слоя.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы действий дежурного персонала при срабатывании сигнализации «давление масла в системе смазки подшипников главного привода прокатного стана ниже нормы»:

- А) Подача аварийного сигнала на остановку стана (снижение скорости до нуля)
- Б) Проверка исправности датчика давления и показаний манометра по месту
- В) Анализ тренда давления и температуры масла за предыдущие 20 минут
- Г) Осмотр маслостанции (уровень масла, работа насосов, состояние фильтров)
- Д) Доклад мастеру смены и запись в оперативном журнале о принятии решения (ложное срабатывание / остановка)

Ответ: А → Б → Г → В → Д.

(Сначала безопасность — стоп, затем верификация сигнала, поиск видимых причин на месте, анализ предыстории, документирование).

6. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

В линии непрерывного травления горячекатаной полосы (НТА) обнаружен брак «недотрав» (остатки окалины на поверхности). Анализ технологических параметров показал, что температура кислоты в норме, концентрация HCl в норме. Нарушение работоспособности какого узла линии следует проверить в первую очередь?

- А) Сварочная машина стыковой сварки
- Б) Окалиноломатель (S-образные ролики) и правильная машина на входе
- В) Дисковые ножницы обрезки кромки
- Г) Петлевое устройство

Ответ: Б.

Обоснование: Процесс травления — это не только химическая реакция, но и механическое разрушение окалины. Окалиноломатель (изгибные ролики) создает сетку трещин в слое окалины, что открывает доступ кислоте к чистому металлу. Если усилие натяжения или глубина вдавливания роликов не соответствуют режиму (износ подшипников роликов, сбой настройки гидроцилиндров), окалина не растрескивается, и кислота работает только с поверхности, вызывая «недотрав». Это классический пример отказа механического узла перед химической ванной.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом брака сортового проката и неисправностью оборудования прокатного стана:

Дефект проката	Неисправность оборудования (причина)
1. Периодическая разнотолщинность («разностенность»)	А. Износ подшипников жидкостного трения (ПЖТ) опорного вала
2. "Ус" (закат) на круглом профиле	Б. Неправильная настройка (перекос) валковой арматуры (проводок)
3. Серповидность полосы	В. Нарушение теплового профиля (выпуклости) рабочих валков
4. Неплоскостность (волнистость) листа	Г. Разная частота вращения валков (рассинхронизация двигателей)

Ответ: 1-А, 2-Б, 3-Г, 4-В.

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

При эксплуатации электролизера для производства алюминия (технология Содерберга) зафиксировано падение выхода по току и повышение напряжения на ванне. Обслуживающий персонал связывает это со «старением» анода. Объясните, какие физические процессы на границе «анод-электролит» ухудшают работоспособность агрегата и какой параметр необходимо

контролировать для предотвращения этого явления.

Ответ:

«Старение» анода связано с накоплением примесей (ванадий, кремний, железо) и нарушением пористости анода. Основные процессы:

1. Окисление боковой поверхности анода воздухом выше зеркала электролита (осыпание). Это увеличивает расход углерода и загрязняет электролит угольной пеной.
2. Увеличение электросопротивления контакта «анод-электролит» из-за накопления тугоплавких оксидов на подошве (пассивация).
Для предотвращения необходим регулярный контроль:
 - Качества анодной массы (зольность, содержание связующего).
 - Температуры электролита и уровня жидкой фазы анода (конуса спекания).
 - Падения напряжения в контакте «штырь-анод» и «анод-электролит» (замеры по регламенту АСУТП). При критическом росте падения напряжения требуется перестановка штырей или замена анода.

9. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

В цехе сортового проката внедряется система лазерного контроля геометрии профиля (измеритель диаметра). Какие дефекты проката и нарушения настройки клетки, невидимые невооруженным глазом на движущемся раскате, позволяет выявить этот метод контроля?

1. Дефекты внутренней структуры (ликвация, флокены).
2. Овальность и отклонение от номинального диаметра.
3. Дефект «ромб» (разность диагоналей).
4. Химический состав стали.
5. Винтообразная скрученность профиля.

Ответ: 2, 3, 5.

Обоснование: Лазерные профилометры работают методом оптического сканирования тени профиля с нескольких осей. Они мгновенно строят 2D-сечение проката. Это позволяет в режиме реального времени вычислять отклонение диаметра (п.2), разницу диагоналей (п.3 — неправильный зазор между валками по вертикали и горизонтали), и скручивание сечения (п.5 — поворот профиля вдоль оси). Однако лазерное излучение не проникает в толщу металла, поэтому внутренние структурные дефекты (п.1) и химический состав (п.4) данным методом не определяются.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите в порядке возрастания критичности (серьезности) отказов вспомогательного оборудования прокатного цеха, требующих разного уровня реагирования:

- А) Выход из строя лампы освещения пульта управления
- Б) Отказ шестеренной клетки главного привода (излом зуба)
- В) Забивание окалиной форсунки гидросбива (ухудшение качества поверхности)
- Г) Срабатывание предохранительного клапана гидросистемы из-за скачка давления

Ответ: А → В → Г → Б.

(От косметического дефекта, через качество продукции, к срабатыванию защиты и, наконец, к полной остановке стана из-за поломки привода).

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов

11. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

На толстолистовом стане вибромониторинг клетки «кварто» показал рост третьей гармоники обратной частоты опорного вала. Анализ причин связывает этот рост с так называемой «граненостью» вала (полигонизацией). Какое вспомогательное оборудование линии вышло из строя или разладилось, что привело к такому дефекту на теле вала?

- А) Машина огневой зачистки
- Б) Вальцешлифовальный станок (круглошлифовальный)

- В) Рольганг
Г) Правильная машина

Ответ: Б.

Обоснование: Полигонизация (огранка) опорного валка — дефект его геометрии, возникающий при перешлифовке. Причиной является нарушение работы вальцешлифовального станка: биение шпинделя шлифовального круга, дисбаланс люнетов, автоколебания (чаттер) или износ направляющих, создающие регулярные волны на бочке валка. При прокатке эти волны генерируют вынужденные колебания с частотой, кратной оборотам, что фиксируется как рост гармоник в спектре вибросигнала. Это пример отказа вспомогательного оборудования, напрямую снижающего качество проката.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

При анализе работы кислородного конвертера выявлено, что стойкость футеровки снизилась на 30% после замены поставщика извести. Химический состав извести соответствует ТУ, но время растворения в шлаке увеличилось. Как этот фактор влияет на износ огнеупоров, и какой параметр контроля работы фурмы необходимо скорректировать, чтобы предупредить прогар корпуса конвертера?

Ответ:

Медленно растворяющаяся известь (даже при правильной химии, но с крупной кристаллической структурой или пережог) задерживает формирование жидкоподвижного основного шлака. В начале продувки шлак остается кислым и не «садится» на поверхность металла, а локально контактирует с футеровкой, вызывая ее химическую эрозию.

Также «холодный» густой шлак плохо экранирует факел кислородной струи от стенок, что ведет к радиационному перегреву и оплавлению кладки.

Корректирующий параметр для фурмы: необходимо изменить режим продувки — увеличить высоту фурмы над уровнем ванны в первые минуты продувки (работать «мягким» факелом). Это даст больше времени на растворение извести до перехода в интенсивный режим обезуглероживания, снизив пиковые тепловые и химические нагрузки на футеровку. Также необходимо ввести в АСУ ТП принудительную задержку на шлакообразование.

13. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

В цехе электролиза меди мастер фиксирует образование «дендритов» (шероховатых наростов) на катодах. Это ухудшает качество меди и грозит коротким замыканием. Какие узлы технологической линии или параметры процесса должны быть проверены службой КИПиА и механиками?

1. Целостность диафрагменной ткани анодных чехлов.
2. Концентрация тиомочевины и желатина (ПАВ) в электролите.
3. Геометрия и состояние контактов на ошиновке ванн.
4. Давление в системе подачи пара на теплообменники.
5. Работа циркуляционных насосов подачи электролита.

Ответ: 2, 5.

Обоснование:

Дендритообразование — это результат нарушения диффузионного слоя у катода и локального обеднения ионами меди.

6. Поверхностно-активные добавки (ПАВ): Тиомочевина и клей блокируют активные центры роста кристаллов, делая осадок гладким. Неправильная дозировка (отказ насоса-дозатора) или истощение раствора ведет к росту дендритов.
7. Циркуляционные насосы: Перемешивание электролита смывает диффузионный слой и выравнивает концентрацию. Снижение производительности насоса из-за износа крыльчатки или забивания фильтров приводит к застойным зонам, где концентрация ионов меди падает, и начинается рост дендритов. Анодные чехлы (п.1) отвечают за улавливание шлама, а не за гладкость катода.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между нарушением в работе клетки стана холодной прокатки и методом контроля, позволяющим прогнозировать это нарушение:

Нарушение
работоспособности

Упреждающий метод контроля

1. Пробуксовка полосы в
валках

А. Контроль шероховатости и твердости рабочих
валков (профилометрия)

2. Разрыв полосы по
сварному шву

Б. Контроль качества сварного шва (УЗК стыка на
входе)

3. "Прижоги" и налипание на
валки

В. Контроль концентрации и температуры эмульсии
(рефрактометр)

4. Телескопичность рулона
на моталке

Г. Контроль центровки полосы и усилия
прижимного ролика (датчики положения)

Ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г.

15. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При освоении нового пресса для выдавливания алюминиевых труб выяснилось, что пресс-штемпель быстро выходит из строя из-за продольного изгиба (потери устойчивости). Расчетное напряжение в штемпеле ниже предела текучести, но разрушение происходит. Какой расчетный критерий, определяющий геометрию инструмента, был упущен при внедрении?

А) Предел прочности на разрыв (σ_B)

Б) Гибкость штемпеля ($\lambda = L / i$) и запас по Эйлеровой силе

В) Твердость по Роквеллу

Г) Ударная вязкость материала штемпеля

Ответ: Б.

Обоснование: Пресс-штемпель — это длинный стержень, работающий на сжатие. Его разрушение при напряжении ниже предела текучести — классический пример продольного изгиба (потери устойчивости). При расчете инструмента необходимо проверять гибкость (λ) и сравнивать рабочее усилие с критическим по формуле Эйлера ($P_{кр} = \pi^2 \cdot E \cdot J / L^2$). Если при внедрении увеличили длину штемпеля (из-за новой конструкции контейнера) или уменьшили его диаметр, не проверив запас по устойчивости (> 3), это неизбежно ведет к излому.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

При работе установки вакуумирования стали (РН-процесс) снизилась степень удаления водорода. Патрубки не повреждены, уровень вакуума в камере по датчику соответствует норме. Однако обслуживающий персонал заметил, что металл в вакуум-камере «стоит», не фонтанирует. Назовите причину «тихого» вакуумирования и предложите метод контроля исправности узла, вызвавшего данное нарушение.

Ответ:

Причина: Отказ или забивание подъемных (транспортирующих) патрубков, по которым подается аргон для создания эрлифтного эффекта. В РН-процессоре циркуляция металла осуществляется за счет вдувания аргона в один из патрубков (входной). Пузырьки газа снижают плотность металла, и он поднимается в камеру. Если патрубок забит металлом (козел) или нарушена подача аргона из-за разгерметизации, эрлифт не работает, и металл не циркулирует, что сводит дегазацию только к тонкому поверхностному слою.

Метод контроля: Мониторинг расхода и противодействия аргона в подводящих трассах патрубков. Резкое падение расхода при высоком давлении говорит о закупорке. Косвенный метод — отсутствие характерного колебания уровня металла (волнения) в вакуум-камере, которое видно визуально или через датчики веса/уровня.

17. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При эксплуатации моталки стана горячей прокатки возник дефект «птичка» (замытие внутренних

витков рулона). Анализ циклограммы показал, что натяжение при захвате первых витков нестабильно. Какие подсистемы моталки должны быть проверены для устранения этого нарушения?

1. Гидравлическая система прижимных роликов (беллиссимо).
2. Скоростной режим отводящего рольганга.
3. Электропривод барабана моталки и система САР натяжения.
4. Форсунки ламинарного охлаждения.
5. Работа укладчика витков на проволочном стане.

Ответ: 1, 3.

Обоснование:

«Птичка» — дефект серповидного загиба переднего конца полосы на первых витках.

Причины:

6. Прижимные ролики: недостаточное или неравномерное усилие прижима (износ манжет гидроцилиндра, неисправность пневмогидроаккумулятора) приводит к тому, что полоса не прижимается плотно к барабану и проскальзывает, загибаясь.
7. Электропривод и САР натяжения: неверный темп разгона барабана моталки или несоответствие его окружной скорости скорости полосы ведет к образованию петли между последней клетью и моталкой. При захвате эта петля затягивается рывком, сминая кромку. Необходима проверка токовой отсечки и настройка ПИД-регулятора.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите алгоритм поиска причин повышенной овализации труб на непрерывном раскатном стане (стан FQM / PQF):

- А) Калибровка измерительных клеток (лазерных датчиков)
- Б) Проверка синхронизации оборотов валков (ведущий-ведомый) в клетях
- В) Анализ геометрии оправки (стержня) и ее центровки
- Г) Визуальный осмотр отбракованных труб на предмет смещения шва или продольных полос
- Д) Проверка настройки раствора валков (позиционирование гидрокассет)

Ответ: А → Г → Д → Б → В.

(Сначала убеждаемся, что измеритель не врет; смотрим характер брака на трубе; проверяем, правильный ли зазор; смотрим, нет ли рассогласования скоростей; в последнюю очередь смотрим на сложную центровку оправки).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между отказом оборудования в линии подготовки шихты и его влиянием на работоспособность плавильного агрегата:

Отказ в шихтоподготовке	Последствие для плавки (печи)
1. Затупление ножей пресс-ножниц	А. Повышенный угар металла и снижение выхода годного
2. Нарушение фракции кокса (мелочь) в шихте	Б. Обрыв электрода или аварийное отключение трансформатора
3. Попадание влажного скрапа (снег, лед)	В. «Тихий ход» РТП, невозможность заглубить электроды
4. Попадание цветных металлов (медь, олово)	Г. Выброс металла (хлопок) в ДСП

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-Г, 4-А.

20. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

На стане холодной прокатки полос система автоматического регулирования толщины (САРТ) начинает работать с перерегулированием (автоколебания). Анализ гидравлики показывает падение

жесткости масляной пленки. Инженер предполагает, что причина не в механике нажимного устройства, а в системе подачи технологической смазки. Какой параметр эмульсии, контролируемый лабораторией, мог измениться и вызвать вибрации клетки?

- А) pH эмульсии (кислотность)
- Б) Концентрация эмульсола (жирность)
- В) Бактериологическая зараженность
- Г) Температура эмульсии на сливе

Ответ: Б.

Обоснование: Режим трения в очаге деформации при холодной прокатке напрямую зависит от коэффициента трения f . Концентрация эмульсола (масляная фаза) определяет толщину и несущую способность смазочной пленки. При падении концентрации (например, из-за неисправности дозирующего насоса) коэффициент трения возрастает, растет усилие прокатки, и смещается рабочая точка на кривой упругой деформации клетки. Это вызывает фазовый сдвиг в контуре САРТ, перерегулирование и возникновение автоколебаний (чаттера) с частотой 100–200 Гц.

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов

21. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

В цехе горячего цинкования после внедрения нового состава расплава (с повышенным содержанием алюминия) резко увеличился износ погружных валков (коррозия и истирание). Инженеру необходимо не просто заменить материал валков, а предложить системное решение. Какое изменение в конструкции ванны и футеровки предотвратит этот вид износа в будущем и устранил корневую причину?

- А) Увеличить частоту вращения валков
- Б) Заменить погружные валки на валки из сплава TZM (молибденовый сплав)
- В) Установить керамические погружные стаканы (Snout) и инертзацию поверхности зеркала ванны азотом
- Г) Увеличить температуру расплава на 20°C

Ответ: В.

Обоснование: Причина ускоренного износа валков в цинковой ванне с высоким Al — образование интерметаллических соединений (дросса) на зеркале ванны в месте входа полосы. Алюминий активно реагирует с кислородом воздуха и парами воды, образуя твердые корольки Fe-Al-Zn, которые налипают на валки и работают как абразив. Установка герметичного керамического «сноута» (Snout), опущенного ниже зеркала расплава, и заполнение его объема сухим азотом устраняют контакт жидкого Al-содержащего цинка с атмосферой. Это предотвращает окисление, образование дросса и полностью снимает проблему абразивного износа погружного оборудования, что является кардинальным решением, а не борьбой со следствием (заменой материала).

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

При проведении планово-предупредительного ремонта (ППР) стана 2000 горячей прокатки решено заменить традиционные подшипники скольжения (ПЖТ) опорных валков на роликовые подшипники (MORGOIL KLX). С точки зрения системы контроля технического состояния, обоснуйте, как изменится стратегия диагностики: какие параметры станут критическими для предотвращения внезапных отказов подшипников нового типа, и какое диагностическое оборудование потребуется внедрить дополнительно.

Ответ:

При замене ПЖТ на роликовые подшипники кардинально меняется физика отказов:

1. У ПЖТ отказ развивается плавно через рост температуры и падение давления масла. У роликовых подшипников разрушение часто носит внезапный характер (скол борта кольца, заклинивание сепаратора).
2. Изменение критических параметров:
 - Основным методом становится вибродиагностика (спектральный анализ). Необходимо

отслеживать не только общий уровень СКЗ, но и пик-фактор высокочастотной огибающей (сигналы в диапазоне 5–50 кГц) для выявления начала питтинга на дорожках качения.

- Контроль состояния смазки (масла) выходит на первый план. Необходимо внедрение on-line датчиков феррографии или частиц износа в маслопроводах, так как появление металлической стружки — верный признак разрушения сепаратора или беговой дорожки.
- Тепловизионный контроль остается, но реагировать нужно не на плавный рост, а на градиент между шейкой и корпусом, так как локальный перегрев пятна контакта в роликоподшипнике нарастает лавинообразно.

Дополнительное оборудование: датчики акустической эмиссии, системы on-line мониторинга вибрации на каждой подушке, анализаторы вязкости и загрязненности масла в напорной магистрали.

23. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

В конвертерном цехе участились случаи выбросов шлакометаллической эмульсии из горловины. Анализ трендов показал, что аварийным ситуациям предшествовали периоды работы с «передувом» (избыточным содержанием FeO в шлаке) из-за сбоя в системе измерения температуры. Какие технологические мероприятия по предупреждению, закладываемые в алгоритм АСУ ТП, позволят исключить человеческий фактор и предотвратить выброс?

1. Автоматическое отключение подачи кислорода при достижении порогового значения FeO ($> 28\%$) по сигналу системы Sublance.
2. Блокировка запуска продувки при отсутствии замера температуры ванны ($T < 1500^\circ\text{C}$).
3. Автоматическое увеличение расхода аргона в донные фурмы при признаках вскипания.
4. Контроль вибрации корпуса конвертера датчиками-акселерометрами и автоматический подъем фурмы при превышении порога вибрации.
5. Автоматическая корректировка наклона конвертера для слива шлака.

Ответ: 1, 4.

Обоснование:

Выброс — следствие бурного обезуглероживания, когда пузыри CO вспенивают переоxygenенный (FeO) шлак. Предотвратить его можно двумя путями:

6. Химический контроль через Sublance (зонд измерения T и химсостава без повалки). Если система фиксирует критическое окисление шлака ($>28\%$ FeO), АСУ ТП должна дать команду на немедленное прекращение продувки или изменение положения фурмы, предотвращая лавинообразную реакцию. Это предупреждение по причине.
7. Вибрационный контроль (акселерометры на корпусе) — метод раннего обнаружения. Перед большим выбросом шлак начинает «дышать» и вибрировать с определенной частотой и амплитудой. Превышение уставки виброускорения — прямой сигнал на подъем фурмы и сброс расхода кислорода, упреждающий выброс.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Выстройте логическую цепочку причинно-следственных связей от отказа датчика в АСУ ТП до аварийной остановки агрегата (на примере МНЛЗ):

- А) Превышение усилия вытягивания, срабатывание защиты по моменту двигателя ТПМ
- Б) Зависание корки слитка в кристаллизаторе из-за недостатка смазки (ШОС)
- В) Отказ электромагнитного дозатора подачи шлакообразующей смеси (ШОС)
- Г) Разрыв тонкой корки металла и прорыв жидкой стали под кристаллизатором ("прорыв")
- Д) Отсутствие сигнала тревоги на пульте оператора (неисправность модуля ввода-вывода)

Ответ: В → Д → Б → А → Г.

(Сломался дозатор, не сработала сигнализация из-за отказа канала связи, корочка прилипла к медной стенке, тянущие клетки перегрузились и дернули, порвали корку, металл вылился).

25. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

На заводе по производству титана в цехе вакуумной дуговой плавки (ВДП) участились случаи образования «короны» (налипания конденсата на стенках кристаллизатора), что приводит к пробоем дуги на корпус и аварийной остановке плавки. Технолог настаивает на улучшении центровки электрода. Инженер-контролер утверждает, что корень проблемы в качестве

расходуемого электрода. Какой показатель качества электрода, поддающийся контролю, мог стать причиной искривления дуги и роста короны?

А) Химический состав по алюминию и ванадию

Б) Твердость поверхности электрода

В) Разностенность и эксцентриситет (овальность) тела электрода, допущенные при прессовании

Г) Цвет побежалости после сварки

Ответ: В.

Обоснование: В процессе ВДП дуга горит между расходуемым электродом и ванной. Если электрод имеет нецилиндричность (овальность) или его геометрический центр массы не совпадает с осью вращения штока, то даже при идеальной центровке подвески возникает биение (маятниковое раскачивание) торца электрода. Биение приводит к смещению анодного пятна дуги к стенкам кристаллизатора. Это локально перегревает медную стенку, плавит гарнисаж и вызывает интенсивное осаждение паров металла (конденсат, «корона»). Контроль электрода на радиальное биение на участке прессования — обязательная процедура для предупреждения этого дефекта.

