

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**

**«ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**

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)

Лаговская Е.В.

(подпись)

(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-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ОПК-5.1: Способен участвовать в разработке конструкторской документации в области профессиональной деятельности с учетом требований ЕСКД
ОПК-12 Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации	ОПК-12.1: Обеспечивают и заданные показатели надежности на этапах проектирования

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Производство чугуна, стали, цветных сплавов: доменные процессы, физико- химические процессы получения стали, производство стали в кислородных конвертерах, разливка стали, методы прямого получения железа, производство меди, алюминия, титана.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Литейное производство: свойства литейных сплавов, литейные формы и их элементы, литье в кокиль, в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, центробежное литье, литье под давлением, непрерывное литье.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста

Сварочное производство: понятие об электрической дуги, вольто-амперная характеристика дуги, внешняя характеристика источников питания, электродуговая сварка, полуавтоматическая сварка под слоем флюса, электрошлаковая сварка, электроконтактная сварка, газовая сварка и резка, электроно-лучевая сварка, плазменная сварка, сварка взрывом, трением.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Обработка заготовок на металлорежущих станках: токарная обработка, фрезерная обработка, обработка на сверлильных и шлифовальных станках, черновая, чистовая и финишная обработки.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет, курсовой проект, экзамен	ОПК-5 ОПК-12	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 3 семестре в форме «Зачет»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
ИТОГО:		-	___ баллов	-
<i>Промежуточная аттестация в 3 семестре в форме «Курсового проекта»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
ИТОГО:		-	баллов	-

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в 4 семестре в форме «Экзамена»</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

ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил
Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов

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

Технолог литейного цеха работает с конструкторской документацией на отливку «Корпус редуктора». Ему необходимо определить базовую поверхность для механической обработки. В каком нормативном документе он найдет условное обозначение технологических баз и требования к их назначению?

- А) ГОСТ 2.309-73 «Обозначения шероховатости поверхностей»
- Б) ГОСТ 3.1107-81 «Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения»
- В) ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»
- Г) ГОСТ 977-88 «Отливки стальные. Общие технические условия»

Ответ: Б.

Обоснование: ГОСТ 3.1107-81 входит в Единую систему технологической документации (ЕСТД) и устанавливает графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств на операционных эскизах. Именно этим стандартом руководствуются при обозначении технологических (установочных) баз. Остальные стандарты регламентируют шероховатость (А), допуски и припуски (В), и общие технические требования к стальным отливкам (Г), но не условные знаки баз.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между маркой сплава по ГОСТ (столбец 1) и его технологическим назначением согласно стандарту (столбец 2):

Столбец 1 (Марка
сплава)

Столбец 2 (Назначение по ГОСТ)

1. СЧ20 ГОСТ 1412-85

А. Отливки ответственного назначения из углеродистой стали

Столбец 1 (Марка сплава)	Столбец 2 (Назначение по ГОСТ)
2. АК12 (АЛ2) ГОСТ 1583-93	Б. Чугунные отливки с пластинчатым графитом для корпусных деталей
3. 35Л ГОСТ 977-88	В. Деформируемый алюминиевый сплав для штамповок
4. АД31 ГОСТ 4784-97	Г. Литейный алюминиево-кремниевый сплав (силумин)

Ответ: 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-В.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

На чертеже стальной отливки «Кронштейн», выполненном по ГОСТ 3.1125-88, отсутствует указание класса размерной точности и степени коробления. Технолог обнаружил, что на поле чертежа стоит ссылка «Общие допуски по ГОСТ 26645-85». Объясните, как технолог должен определить допуски на размеры отливки, если класс точности не указан явно, и какие последствия для литейной формы может иметь неправильное назначение класса точности.

Ответ:

Согласно ГОСТ 26645-85, если класс размерной точности отливки не указан на чертеже явно, его принимают по ближайшему или наиболее грубому классу для данного способа литья и типа сплава (как правило, «экономически достижимому» или согласованному на уровне отраслевых норм). Фактически, это требует поднять запрос к разработчику документации.

Последствия неправильного назначения: Завышенный класс точности (более жесткий допуск) потребует изготовления пресс-форм с минимальными уклонами и высокой чистотой, что удорожает оснастку и повышает брак по размерам. Заниженный класс точности (слишком свободные допуски) ведет к чрезмерно большим припускам на механическую обработку, увеличению массы отливки, перерасходу металла и трудоемкости финишной обработки, а также может вызвать несоответствие геометрии готовой детали сборочному чертежу по ЕСКД.

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

Мастер участка кокильного литья анализирует брак отливки «Поршень» из алюминиевого сплава. Согласно технологической инструкции, разработанной по ГОСТ 14.301-83, зафиксирована повышенная пористость в толстых сечениях. Какие пункты нормативной карты техпроцесса (ГОСТ 3.1401-85) могли быть нарушены? Выберите 3 верных варианта.

1. Температура заливки сплава указана без учета минимального перегрева.
2. Не указана скорость нанесения противопопригарного покрытия на кокиль.
3. Не выдержана норма времени кристаллизации под давлением (запрессовки).
4. В карте эскизов (КЭ) не показано расположение прибылей или холодильников.
5. В ведомости материалов (ВМ) неправильно указана марка разделительной смазки.

Ответ: 1, 3, 4.

Обоснование:

6. Пористость в толстых сечениях часто вызвана усадочными явлениями. Если в карте техпроцесса (КТП) температура заливки указана без учета термического узла, металл медленно охлаждается, что приводит к образованию усадочных раковин и рыхлот.
7. Кристаллизация под давлением (п.3) — ключевой параметр для кокильного литья и ЛПД. Отсутствие времени запрессовки в карте техпроцесса не позволяет подпитать отливку до полного затвердевания.
8. Карта эскизов (КЭ) — обязательный графический документ. Если на ней не указаны технологические приливы (прибыли) или холодильники для создания направленной кристаллизации, брак по усадке неизбежен.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы разработки технологической документации на отливку согласно ЕСТД (Единой системе технологической документации) в правильной логической последовательности:

- А) Разработка маршрутной карты (МК) с указанием последовательности операций
- Б) Анализ конструкторской документации (чертеж детали) на технологичность по ГОСТ 14.201-83
- В) Оформление операционной карты (ОК) с указанием режимов резания/литья
- Г) Заполнение карты эскизов (КЭ) с базированием и технологическими напусками
- Д) Нормоконтроль документации и утверждение технологом

Ответ: Б → А → Г → В → Д.

(Сначала проверяем чертеж на возможность изготовления, затем выстраиваем маршрут, детализируем операцию эскизом, назначаем режимы, сдаем на проверку).

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

В кислородно-конвертерном цехе при выплавке стали марки 09Г2С по ГОСТ 19281-2014 лаборант определил содержание серы на уровне 0,045%, что не соответствует химическому составу стандарта. В каком разделе технологической инструкции (ТИ) следует искать причину нарушения, связанную с рафинированием?

- А) Карта загрузки металлолома
- Б) Режим продувки и наводки шлака
- В) График разлива на МНЛЗ
- Г) Режим термообработки готового проката

Ответ: Б.

Обоснование: Десульфурация (удаление серы) в кислородном конвертере происходит на стадии продувки за счет высокой основности шлака (CaO/SiO_2) и его жидкоподвижности. Если содержание серы превышает марочную норму (для 09Г2С это $\leq 0,035\% \text{ S}$), согласно ГОСТ и технологической инструкции, необходимо проверить именно раздел «Режим продувки»: своевременность ввода извести, положение фурмы и интенсивность перемешивания ванны со шлаком.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между способом литья (столбец 1) и стандартом, регламентирующим допуски и классы точности отливок для этого способа (столбец 2), в рамках ГОСТ 26645-85:

Столбец 1 (Способ литья)	Столбец 2 (Достигаемый интервал классов точности)
1. Литье в песчано-глинистые формы (ПГФ)	А. 1 – 4

Столбец 1 (Способ литья)	Столбец 2 (Достигаемый интервал классов точности)
2. Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ)	Б. 3 – 7т
3. Литье под давлением (ЛПД)	В. 3 – 6
4. Литье в кокиль	Г. 6 – 13т

Ответ: 1-Г, 2-В, 3-А, 4-Б.

Примечание: В ГОСТ 26645-85 (табл. 9) классы точности разнятся в зависимости от габаритов, но в общем ЛПД точнее всего, ПГФ – самые грубые допуски.

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

Инженер-технолог проверяет ведомость материалов (ВМ) на изготовление песчаной формы для стального литья (ГОСТ 2138-91). В графе «формовочная смесь» указана «смесь единая», но в примечании к карте контроля не указана прочность на разрыв в сыром состоянии. Можно ли считать форму техпроцесса комплектной? Обоснуйте со ссылкой на требования ЕСТД.

Ответ:

Форма техпроцесса не может считаться полностью комплектной. Согласно ГОСТ 3.1105-2011 (правила оформления форм документов), любая операционная карта контроля (ОКК) или ведомость материалов должны содержать все необходимые нормативные параметры для обеспечения качества. Прочность формовочной смеси на разрыв во влажном состоянии (σ , МПа) является критическим параметром для песчаных форм, предотвращающим их разрушение при заливке стали. Отсутствие этого показателя в разделе «Технические требования» нарушает принцип полноты информации, заложенный в ЕСТД (ГОСТ 3.1120-83), и не позволяет мастеру настроить оборудование (бегуны) или провести приемку ОТК.

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

При проектировании литниковой системы для стальной отливки «Рама» технолог использует справочные данные по ГОСТ 977-88 и методику расчета. Какие элементы литниковой системы должны быть обязательно отражены в графической части технологической инструкции (карте эскизов)?

1. Размеры литниковой чаши и её объем.
2. Сечения питателей, шлакоуловителя и стояка.
3. Конструкция выпоров и прибылей с указанием теплоизоляции.
4. Шероховатость поверхности отливки по ОСТ.
5. Давление в гидросистеме пресса.

Ответ: 1, 2, 3.

Обоснование: Графическая часть (карта эскизов) техпроцесса литья должна содержать геометрию технологической оснастки и самой отливки с припусками. Питатели, шлакоуловитель и стояк (п.2), а также прибыли и выпоры (п.3) являются материальными элементами формы, размеры которых рассчитываются по нормам и изображаются на чертеже. Литниковая чаша (п.1) тоже важна как приемный элемент. Шероховатость (п.4) –

параметр детали, а не формы. Давление пресса (п.5) относится к ЛПД, а не к свободной заливке.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите технологическую последовательность процессов при непрерывной разливке стали на сортовой МНЛЗ согласно типовой технологической инструкции (ТТИ):

- А) Резка заготовки на мерные длины газовым резаком
- Б) Заполнение кристаллизатора металлом из промежуточного ковша
- В) Подача ШОС (шлакообразующей смеси) в кристаллизатор
- Г) Вытягивание заготовки с жидкой сердцевинной в зону вторичного охлаждения
- Д) Плавление ШОС и образование смазывающей прослойки

Ответ: Б → В → Д → Г → А.

(Залили металл, засыпали смесь, образовалась пленка для смазки стенок, ролики тянут слиток вниз, затвердевший ручей режется на куски).

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

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

Технолог рассчитывает шихту для выплавки серого чугуна СЧ25 ГОСТ 1412-85. Базовый химический состав требует содержание углерода (С) 3,1–3,3%. После анализа пробной плавки получено: С = 3,5%, Si = 1,8%. Какой параметр согласно нормативной методике расчета шихты необходимо скорректировать в первую очередь, чтобы войти в марочный интервал по ГОСТ?

- А) Увеличить долю стального лома в шихте.
- Б) Снизить расход ферросилиция при легировании.
- В) Увеличить температуру перегрева металла перед заливкой.
- Г) Заменить литейный чушковый чугун на пердедельный.

Ответ: А.

Обоснование: Углерод в вагранке или индукционной печи сильнее всего зависит от состава металлозавалки. Если углерод «вылезает» за верхний предел, необходимо разбавить чугун стальным ломом (углерода почти не содержит, ~0,1–0,2% С), понизив общее содержание углерода в расплаве. Ферросилиций (Б) влияет на кремний, а не на углерод. Замена на пердедельный чугун (Г) имеет смысл при нехватке кремния.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

В литейном цехе внедряется процесс литья по газифицируемым моделям (ЛГМ). Мастер получил карту контроля, где для модели из пенополистирола указана плотность 25 кг/м³. При заливке чугуна происходит повышенное газовыделение и брак по газовым раковинам (ГОСТ 19200-80). Обоснуйте, почему ссылка на плотность модели 25 кг/м³, допустимая по ТУ, может быть причиной брака, и как следует скорректировать технические требования (ТТ) к исходному материалу модели.

Ответ:

Причина брака: Плотность модели напрямую связана с массой полимера, который должен газифицироваться в форме. Чем выше плотность (25 кг/м³ вместо, например, 22 кг/м³), тем больше образуется газообразных продуктов деструкции (стирол, углерод). При заливке чугуна ($t \approx 1350\text{--}1400^\circ\text{C}$) газы не успевают полностью эвакуироваться через покрытие и песок, создавая противодавление и запираясь в металле в виде газовых раковин, что является нарушением ГОСТ 19200-80.

Корректировка ТТ: В карту технических требований на материал модели необходимо внести ограничение не только по верхнему, но и по нижнему пределу плотности, и обязательно добавить пункт «предельная зольность». Снижение плотности до уровня 20–22 кг/м³ уменьшит объем выделяемых газов. Также ТТ стоит дополнить требованием к скорости газификации и минимальной толщине противопопригарного покрытия с высокой газопроницаемостью.

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

При центробежном литье чугунной гильзы (ГОСТ 1412-85) на машине с горизонтальной осью вращения обнаружен брак «разностенность» (эксцентриситет внутреннего отверстия). Технолог анализирует карту наладки. Какие параметры, строго регламентированные в технологической инструкции, могли быть нарушены? Выберите 3 основных.

1. Коэффициент гравитации (G-фактор).
2. Частота вращения изложницы (число оборотов n).
3. Температура формы перед заливкой.
4. Соосность желоба и оси вращения изложницы.
5. Конструкция литниковой воронки.

Ответ: 1, 2, 4.

Обоснование:

Разностенность в центробежном литье возникает, когда ось вращения жидкого металла не совпадает с геометрической осью изложницы или когда центробежной силы недостаточно для формирования равномерного слоя.

6. Коэффициент гравитации (k) и 2. Частота вращения (n): Если обороты ниже расчетных, металл «провисает», не держит цилиндрический свод, что ведет к неравномерности затвердевания по сечению.
7. Соосность желоба и оси вращения: Смещение заливочного желоба приводит к асимметричному распределению металла в начальный момент заливки, что создает первичную разностенность, которую последующее вращение не всегда исправляет из-за быстрой кристаллизации чугуна.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между дефектом отливки, выявленным при контроле по ГОСТ 19200-80, и разделом технологической инструкции, где искать причину нарушения технологии:

Дефект (вид брака)	Нарушенный раздел ТИ
1. Ужимина (залив металла)	А. Режим сушки ковша (или футеровки)
2. Газовые раковины по всему объему	Б. Состав и свойства формовочной смеси (прочность в зоне сырости)
3. Горячие трещины	В. Время выдержки отливки в форме (выбивка)

4. Коробление (поводка)

Г. Температурно-скоростной режим заливки и податливость стержня

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-В.**15. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора**

В кислородном конвертере выплавляется сталь марки 20. Согласно технологической карте, продувка ведется с верхней подачей кислорода. По ходу плавки зафиксирован «выброс» шлакометаллической эмульсии. Анализ карты показывает недостаточный расход извести в начале продувки. На какой нормативный показатель качества металла, регламентированный ГОСТ 1050-2013, это повлияет в первую очередь?

- А) Предел текучести σ_t
- Б) Массовая доля фосфора (Р)
- В) Глубина обезуглероженного слоя
- Г) Величина зерна аустенита

Ответ: Б.

Обоснование: Ранний ввод извести необходим для формирования активного основного шлака, связывающего фосфор в соединение $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$. Если шлак не готов («свернулся» или недостаточно основный), дефосфорация не идет. Выбросы – следствие реакции обезуглероживания при холодном шлаке. В результате массовая доля фосфора в металле превысит норму ГОСТ 1050-2013 (например, $\leq 0,035\%$), что сделает сталь хладноломкой. Предел текучести (А) зависит в первую очередь от углерода.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

На участке плавки титана используется вакуумная дуговая печь (ВДП). В паспорте плавки указан ток дуги 20 кА при напряжении 38 В. Расчетный коэффициент расхода электрода (КРЭ) составил 85%. Однако согласно отраслевому регламенту (ТУ на выплавку), для сплава ВТ6 выход годного должен быть не менее 90%. Опишите, как инженер-технолог должен скорректировать режим, опираясь на нормативные документы, и какой показатель электрода нужно проверить в сертификате.

Ответ:

Инженер-технолог должен обратиться к технологической инструкции (ТИ) на выплавку сплава ВТ6, раздел «Режим переплава». Снижение выхода годного (повышенный угар) обычно связано с перегревом ванны или нестабильным горением дуги.

Корректировка режима: Следует уменьшить силу тока (или увеличить межэлектродное расстояние), чтобы снизить погонную энергию, уменьшить разбрызгивание и испарение легирующих компонентов (алюминия, ванадия) с поверхности ванны.

Проверка сертификата: Необходимо проверить химический состав расходуемого электрода на соответствие ТУ. Если в электроде занижено содержание алюминия или примесей, требуемая структура не будет получена. Особое внимание уделяется отсутствию дефектов упаковки губчатого титана, указанных в сертификате качества (наличие ликваций или включений), которые могут менять сопротивление проводника и нарушать стабильность горения дуги.

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

При получении алюминиевого прокатного слитка методом полунепрерывного литья в ДК (дозатор кристаллизатор) возникло центральное трещинообразование. Согласно технологической

инструкции, разработанной по ГОСТ 1583-93, какие параметры литья должны быть подвергнуты ревизии?

1. Соблюдение «жидкой лунки» и скорости вытягивания слитка.
2. Равномерность подачи охлаждающей воды по периметру кристаллизатора.
3. Конструкция распределительной воронки металла (погружная или открытая струя).
4. Наличие модифицирующих присадок (титан, бор) в расплаве.
5. Чистота обработки поверхности слитка после резки.

Ответ: 1, 3.

Обоснование:

Центральные трещины (горячие трещины в осевой зоне) возникают из-за термических напряжений в период усадки, когда сердцевина еще жидкая, а оболочка уже затвердела и сжимается.

6. Скорость вытягивания: чрезмерная скорость увеличивает глубину лунки, усиливая литейные напряжения в центре.
7. Распределительная воронка: подача перегретого металла строго в центр (нерациональная конструкция воронки) размывает фронт кристаллизации и перегревает осевую зону, из-за чего она затвердевает последней и рвется. Использование погружных стаканов или распределителей меняет гидродинамику и уменьшает градиент температур.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите процедуры проведения входного контроля формовочного песка по ГОСТ 2138-91 в логической последовательности, которую описывает инженер ОТК:

- А) Сравнение полученных данных с таблицей классификации песков (марка 1К, 2К и т.д.)
- Б) Отбор средней пробы из транспортного средства (вагон, самосвал)
- В) Определение зернового состава (ситовой анализ) и модуля крупности
- Г) Оформление акта приемки или рекламации поставщику
- Д) Определение глинистой составляющей методом отмучивания

Ответ: Б → Д → В → А → Г.

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Инженер-металлург сопоставляет способы внепечной обработки стали (ковшовая металлургия) с решаемыми задачами по обеспечению требований ГОСТ. Установите соответствие:

Метод внепечной обработки	Целевое требование стандарта (ГОСТ)
1. Вакуумирование (VD/VOD)	А. Снижение содержания серы до $\leq 0,005\%$
2. Продувка аргоном с порошковой проволокой (CaSi)	Б. Модифицирование неметаллических включений (глобуляризация)
3. Установка печь-ковш (АПК / LF)	В. Удаление водорода и кислорода для предотвращения флокенов

4. Обработка синтетическим шлаком (ТШС)

Г. Доводка по температуре и химсоставу в узких пределах

Ответ: 1-В, 2-Б, 3-Г, 4-А.

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

При обсуждении чертежа отливки «Корпус подшипника», изготавливаемой литьем по выплавляемым моделям (ЛВМ), конструктор настаивает на назначении допуска на линейный размер 0,1 мм на длине 200 мм, ссылаясь на «высокую точность». Технолог, сверяясь с ГОСТ 26645-85, утверждает, что это требует дополнительных операций. Какое решение соответствует нормативной документации?

А) Согласиться, так как точность метода ЛВМ это позволяет стандартно.

Б) Согласиться, но вписать в карту контроля операцию «калибровка в холодном штампе».

В) Не согласиться, так как допуск 0,1 мм на 200 мм соответствует примерно 5-му классу точности, что находится на грани достижимого по ГОСТ, и приведет к удорожанию оснастки.

Г) Не согласиться, так как для ЛВМ допуски не нормируются ГОСТ.

Ответ: В.

Обоснование: По ГОСТ 26645-85 (или его актуализированной версии) точность ЛВМ колеблется в пределах классов 3–6 (для данного интервала размеров). Допуск 0,1 мм на номинале 200 мм является предельно жестким и соответствует литью под давлением, а не ЛВМ. Технолог обязан доказать по таблицам ГОСТ, что такие требования значительно повышают стоимость изготовления пресс-формы для модельного состава и риск брака, предложив конструктору разумное расширение допуска или перевод данного размера в разряд обрабатываемых.

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

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

При анализе причин аварийного разрушения трубопровода из стали 12X18H10T (выплавка VOD, разливка на МНЛЗ) обнаружено межкристаллитное разрушение. Хим. анализ показывает содержание углерода 0,12% (при норме по ГОСТ 5632-72 не более 0,10%). В карте техпроцесса выплавки зафиксирован недопустимо длительный простой ковша на воздухе перед вакуумированием. Какая цепочка нарушений нормативных требований привела к браку?

А) Нарушение режима раскисления алюминием (Al) -> образование нитридов.

Б) Нарушение защиты металла от азотации -> несоответствие по углероду + обеднение по титану -> нарушение стойкости к МКК.

В) Нарушение температурного режима прокатки трубы.

Г) Ошибка в выборе марки стали, нужно было использовать 08X18H10.

Ответ: Б.

Обоснование: Длительный простой ковша на воздухе приводит к интенсивному азотированию и окислению жидкого металла. В стали 12X18H10T титан (Ti) вводится для связывания углерода в карбиды титана и предотвращения образования карбидов хрома (причина МКК). Если сталь до вакуумирования долго контактировала с атмосферой, титан «угорает» (окисляется), связывая азот и кислород. Оставшегося титана становится недостаточно для связывания даже «лишнего»

углерода (0,12%). В результате весь хром уходит в карбиды, границы зерен обедняются хромом, и сталь теряет стойкость к межкристаллитной коррозии (МКК), что является нарушением требований ГОСТ 6032 по стойкости.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

В цехе точного литья предложено заменить металлический стержень, формирующий глубокое отверстие в отливке «Блок цилиндров» (ЛПД), на растворимый соляной стержень. Начальник ОТК требует пересмотра не только карты эскизов, но и карты технического контроля. Обоснуйте, какие новые контрольные операции и точки контроля (КТ) должны появиться в документации согласно ГОСТ 14.324-84 и требованиям ЕСТД при переходе на растворимые стержни.

Ответ:

При замене металлического стержня на солевой (растворимый) в технологическую документацию должны быть внесены следующие изменения и добавлены новые контрольные операции (КТ):

1. Контроль геометрии и прочности стержня (добавляется перед сборкой формы): Солевые стержни хрупкие. Необходимо ввести КТ на проверку наличия трещин (цветная дефектоскопия) и размеров после выпрессовки, так как они имеют усадку при спекании. Допуски на размеры стержня регламентируются ОСТ, а не ГОСТ на металлоформы.
2. Контроль влажности хранения и сухости пресс-формы: Соль гигроскопична. Должна быть введена операция сушки стержней и КТ по влажности воздуха в помещении сборки (запись в журнале климатических параметров). Это отсутствовало при работе с металлическими стержнями.
3. Контроль удаления соли (операция промывки): В карту техпроцесса (МК) добавляется финишная операция «Вымывание стержня». Требуется организация КТ на остаточное содержание солей в полости отливки (индикаторные пробы воды или эндоскопия), так как коррозия из-за остатков соли является критическим дефектом для блока цилиндров по ГОСТ 977-88.

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

При модернизации доменного цеха внедряется технология вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) с заменой природного газа. Инженер получил новые «Нормы расхода кокса и дутья» (материальный баланс). Выберите показатели, которые, согласно технологической инструкции, должны быть изменены в сторону увеличения для сохранения теоретической температуры горения (T_t) и нормального схода шихты:

1. Расход дутья ($\text{м}^3/\text{мин}$).
2. Влажность дутья (снижение подачи пара).
3. Содержание кислорода в дутье (%).
4. Основность шлака (CaO/SiO_2).
5. Давление колошникового газа.

Ответ: 3, (опционально 1 и 2).

Обоснование: ПУТ, в отличие от газа, имеет низкое содержание водорода и требует тепла на нагрев и разложение угольной пыли. Это резко охлаждает горн.

6. Содержание кислорода: основной инструмент управления теплом. Согласно нормативам, для компенсации холода от ПУТ необходимо компенсировать снижение выхода азота повышением концентрации кислорода до 28–35% (а иногда и выше), чтобы сохранить теоретическую температуру горения на уровне 2100–2200°C.

7. Расход дутья: при обогащении дутья кислородом объемный расход часто даже снижают, чтобы сохранить скорости истечения из фурм.
8. Влажность: природный газ позволяет вводить пар для выравнивания T_t ; с ПУТ от пара часто отказываются, так как у ПУТ и без того не хватает тепла.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите алгоритм действий инженера-технолога при анализе несоответствия сортопроката «уголок» из стали 09Г2С марке по ГОСТ 19281-2014 (выявлена пониженная ударная вязкость КСУ при -40°C), начиная с момента получения протокола испытаний:

- А) Запросить в ЦЗЛ результаты хим. анализа пробы плавки (сертификат 3.1 по EN 10204).
- Б) Проверить соблюдение режима термообработки (нормализации) по диаграмме участка печи.
- В) Поднять плавочную карту выплавки и внепечной обработки (расход алюминия, вакуумирование).
- Г) Проанализировать протокол визуального осмотра микрошлифа на загрязненность неметаллическими включениями (ГОСТ 1778-70).
- Д) Принять решение о переводе металла в «несоответствующую продукцию» или о назначении повторной термообработки.

Ответ: $A \rightarrow B \rightarrow G \rightarrow B \rightarrow D$.

(Сначала смотрим химию, так как может быть не та марка стали. Затем смотрим металлургию (раскисление, модифицирование, вакуум), чтобы понять природу неметаллических включений. Далее смотрим структуру и термообработку. На основании суммы данных выносим решение).

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

В паспорте на отливку барабана шаровой мельницы (сталь 110Г13Л, ГОСТ 977-88) указана твердость 180 НВ при обязательном требовании чертежа (ГОСТ 2.104-2006) «Твердость после закалки в воду ≥ 190 НВ». Механические испытания ковшевой пробы показали предел прочности 780 МПа. Аустенитная структура неоднородна, присутствуют карбиды по границам зерен. Мастер утверждает, что прочность высокая, и деталь годна. Каково решение ОТК с точки зрения нормативной базы?

- А) Деталь годна, так как прочность выше минимальной для стали 110Г13Л ($\sigma_B \geq 600$ МПа).
- Б) Деталь – брак, так как твердость является базовым критерием приемки по ГОСТ 977, и она ниже гарантированного минимума для закаленного аустенита.
- В) Деталь подлежит исправлению путем отпуска.
- Г) Деталь годна, если заказчик подпишет разрешение на отступление от чертежа.

Ответ: Б.

Обоснование: Для стали 110Г13Л (высокомарганцовистая сталь) решающим фактором эксплуатационной надежности является аустенитная структура без карбидов. Твердость в пределах 180–220 НВ является косвенным, но обязательным показателем правильности режима закалки (аустенизации). Если твердость ниже 190 НВ, и обнаружены карбиды, значит, аустенит не зафиксирован, сталь охрупчена и не соответствует нормам ГОСТ 977 (нарушение режима термической обработки). Высокая прочность ковшевой пробы не гарантирует износостойкость и ударную вязкость самой отливки. Деталь классифицируется как неисправимый брак по структуре (требуется повторная аустенизация, если позволяет конфигурация, но как готовое изделие без термообработки она не годна).

ОПК-12 (обеспечение повышения надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации).

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

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

Инженер-конструктор проектирует корпусную деталь редуктора, работающую в условиях знакопеременных нагрузок. Какой материал для литой заготовки обеспечит наилучшее сочетание прочности и способности гасить вибрации для повышения эксплуатационной надежности?

- А) Сталь 45Л ГОСТ 977-88
- Б) Серый чугун СЧ30 ГОСТ 1412-85
- В) Силумин АК12 ГОСТ 1583-93
- Г) Бронза БрА9ЖЗЛ ГОСТ 493-79

Ответ: Б.

Обоснование: Пластинчатый графит серого чугуна (СЧ30) действует как внутренний концентратор напряжений и демпфер. Благодаря этому чугун обладает высокой циклической вязкостью и отлично рассеивает энергию вибраций (логарифмический декремент затухания чугуна в разы выше, чем у стали). Это напрямую повышает надежность корпусных деталей, предотвращая усталостные трещины от вибраций на этапе эксплуатации.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между этапом жизненного цикла металлургической машины (столбец 1) и технологическим решением, закладывающим надежность детали на этом этапе (столбец 2):

Столбец 1 (Этап)	Столбец 2 (Решение по надежности)
1. Проектирование	А. Модифицирование расплава редкоземельными металлами для измельчения зерна
2. Изготовление (литейное производство)	Б. Выбор радиуса галтели в опасном сечении с учетом концентрации напряжений
3. Эксплуатация	В. Мониторинг вибрации подшипниковых узлов для раннего выявления питтинга
4. Ремонт (восстановление)	Г. Наплавка износостойкого слоя с последующей механической обработкой

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

При разливке стали марки 40Х на МНЛЗ обнаружены трещины на поверхности непрерывнолитого слитка. Технолог утверждает, что эти трещины снизят долговечность будущей шестерни. Объясните механизм влияния поверхностных дефектов непрерывнолитой заготовки на усталостную прочность детали, используемой в тяжелонагруженном приводе.

Ответ:

Поверхностные трещины слитка являются острейшими концентраторами напряжений. Согласно механике разрушения, усталостная прочность детали определяется не столько прочностью основного металла, сколько размером и формой поверхностных дефектов. При циклических

нагрузках (например, в зубьях шестерни) трещина будет развиваться от корня поверхностного дефекта, минуя инкубационный период зарождения усталостной микротрещины. Это снижает предел выносливости детали в разы и может привести к внезапному хрупкому разрушению на этапе эксплуатации.

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

Для обеспечения высокой конструкционной прочности и надежности коленчатого вала компрессора, получаемого методом горячей штамповки, необходимо контролировать структуру металла. Какие параметры макроструктуры, регламентированные ГОСТ 10243-75, напрямую влияют на сопротивление усталости? Выберите 3 верных параметра.

1. Ликвационный квадрат (зональная химическая неоднородность)
2. Наличие подкорковых пузырей
3. Цвет побежалости после шлифовки
4. Волокнистая структура (направление волокон относительно контура детали)
5. Величина зерна феррита

Ответ: 1, 2, 4.

Обоснование:

6. Ликвация ведет к неравномерности механических свойств по сечению, что создает зоны с пониженной прочностью и пластичностью — потенциальные очаги зарождения трещин.
7. Подкорковые пузыри являются внутренними концентраторами напряжений у поверхности, работающей на изгиб и кручение, что резко снижает предел выносливости.
8. Волокна должны огибать контур коленчатого вала. Перерезание волокон (например, при нерациональной штамповке) уменьшает сопротивление усталости в зоне галтелей шеек на 30-50%.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите верную технологическую цепочку (маршрут) изготовления ответственной зубчатой шестерни из конструкционной стали, обеспечивающую максимальную износостойкость и контактную выносливость:

- А) Зубофрезерование
- Б) Химико-термическая обработка (цементация)
- В) Получение заготовки (ковка/штамповка) с коэффициентом укова
- Г) Закалка и низкий отпуск (поверхностное упрочнение)
- Д) Предварительная термическая обработка (нормализация/улучшение)
- Е) Финишное шлифование зубьев

Ответ: В → Д → А → Б → Г → Е.

(Сначала получаем заготовку с правильным волокном, термообработка для обрабатываемости резанием, нарезаем зубья, насыщаем углеродом, калим для высокой твердости поверхности, шлифуем для точности).

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

При выплавке шарикоподшипниковой стали ШХ15 в электропечи особое внимание уделяется вакуумированию или обработке синтетическим шлаком. Отказ от этой операции с целью экономии приведет к снижению надежности подшипника в первую очередь из-за:

- А) Увеличения остаточного аустенита

- Б) Загрязненности стали неметаллическими включениями (оксидами и сульфидами)
 В) Обезуглероживания поверхности
 Г) Укрупнения зерна

Ответ: Б.

Обоснование: Шарикоподшипниковая сталь испытывает колоссальные контактные напряжения (до 4000 МПа). Неметаллические включения (Al_2O_3 , сульфиды, глобулы) действуют как внутренние надрезы. При циклическом перекачивании тел качения именно на границе «включение-матрица» зарождается усталостная микротрещина (питтинг). Вакуумирование и рафинирование шлаком удаляют кислород и серу, повышая контактную выносливость в 2-3 раза.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между видом термической обработки конструкционной стали и обеспечиваемым ею свойством надежности детали:

Вид термообработки	Обеспечиваемый фактор надежности
1. Объемная закалка + высокий отпуск (улучшение)	А. Высокая твердость и износостойкость тонкого поверхностного слоя
2. Закалка ТВЧ	Б. Оптимальное сочетание σ_B , ударной вязкости (KCV) и пластичности по всему сечению
3. Азотирование	В. Максимальное сопротивление контактной усталости при сохранении вязкой сердцевины
4. Цементация + закалка	Г. Сохранение вязкой сердцевины + износостойкая поверхность с минимальным короблением

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-В.

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

При центробежном литье чугунной втулки (прокатный стан) зафиксирована структурная неоднородность: у наружной поверхности скопление цементита (отбел), а у внутренней — ферритная корка. Почему такая структура снижает надежность детали при эксплуатации в паре трения скольжения, и как можно скорректировать технологию?

Ответ:

Структурная неоднородность означает нестабильность свойств по толщине стенки. Наружный отбеленный слой (цементит) чрезвычайно тверд и хрупок, при монтажных ударах или вибрациях в нем могут возникнуть трещины. Внутренний ферритный слой мягок и будет быстро изнашиваться при трении о вал, быстро увеличивая зазор.

Корректировка технологии: Для устранения отбела необходимо либо увеличить толщину теплоизоляционного покрытия изложницы, либо заменить металлическую изложницу на песчаную форму (обеспечить замедленное охлаждение снаружи), либо ввести в состав чугуна графитизирующие модификаторы (ферросилиций).

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

Для изготовления сварной металлоконструкции мостового крана, эксплуатируемой при низких

температурах (до -45°C), инженер выбирает листовой прокат. Какие параметры стали, указанные в сертификате качества, являются критичными для предотвращения хрупкого разрушения?

1. Массовая доля углерода (C).
2. Ударная вязкость KCV при -40°C .
3. Временное сопротивление разрыву (σ_b).
4. Относительное удлинение (δ_5).
5. Содержание фосфора (P) и серы (S).
6. Твердость по Бринеллю (HB).

Ответ: 1, 2, 5.

Обоснование:

7. Массовая доля углерода: увеличение C резко повышает порог хладноломкости (температуру перехода в хрупкое состояние).
8. Ударная вязкость KCV при заданной отрицательной температуре: это прямая мера сопротивления стали хрупкому разрушению. Согласно нормам, для конструкций Крайнего Севера нормируется KCV не ниже 30 Дж/см^2 .
9. Содержание фосфора и серы: фосфор вызывает хладноломкость (сегрегирует по границам зерен), сера образует сульфидные строчки, которые являются очагами разрушения.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите стадии развития усталостного разрушения вала по мере накопления повреждений на этапе эксплуатации:

- А) Зарождение субмикроскопической трещины у поверхностного концентратора (риска, включение)
- Б) Долом оставшегося «живого» сечения (внезапное хрупкое разрушение)
- В) Упруго-пластическая деформация в локальных микрообъемах (инкубационный период)
- Г) Рост магистральной трещины до критического размера

Ответ: В → А → Г → Б.

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

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

При расчете литниковой системы для стальной отливки технолог использует формулу для узкого сечения (питателя): $\Sigma F_{\text{пит}} = M / (\rho \cdot \tau \cdot \mu \cdot \sqrt{2gH})$. Какой параметр в этой формуле напрямую связан с предотвращением эрозии формы и «захлебывания» стояка, что обеспечивает надежность геометрии отливки?

- А) М — масса отливки
- Б) Н — гидростатический напор
- В) μ — коэффициент расхода литниковой системы
- Г) ρ — плотность сплава

Ответ: Б.

Обоснование: Гидростатический напор Н определяет скорость потока металла в форме. Согласно правилам проектирования (по ГОСТ и учебникам Дубицкого/Соболева), для обеспечения

безнапорного заполнения (заполнение «снизу» без разбрызгивания и захвата воздуха) соотношение сечений должно быть обратным стояку ($F_{ст} > F_{шл} > F_{пит}$), а расход регулируется именно напором H . Неправильный выбор H приведет к турбулентности, размыву стенок формы и попаданию неметаллических включений в отливку, что создает скрытые дефекты и снижает надежность.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

При проектировании технологического процесса получения отливки «Рычаг» из алюминиевого сплава АК7ч (ГОСТ 1583-93) инженер выбирает способ литья. Деталь должна обладать высокой герметичностью и прочностью. Проведите сравнительный анализ литья в кокиль и литья под низким давлением (ЛНД) с точки зрения обеспечения надежности (плотности и отсутствия усадочной пористости).

Ответ:

Сравнительный анализ:

1. Литье в кокиль: Обеспечивает мелкозернистую структуру из-за быстрого охлаждения. Однако кристаллизация происходит без внешнего силового воздействия. В толстых сечениях (бобышках рычага) неизбежно формирование усадочной рыхлоты и пор, снижающих герметичность и усталостную прочность. Требуется установка массивных прибылей.
2. Литье под низким давлением (ЛНД): Расплав подается в форму снизу под регулируемым давлением газа (0,02–0,07 МПа) по металлопроводу. Это давление «поджимает» жидкую и твердо-жидкую фазу в течение всего времени затвердевания, компенсируя усадку. Питание отливки происходит принудительно и непрерывно из тигля печи.
Вывод для надежности: ЛНД предпочтительнее, так как исключает усадочную пористость в толстых сечениях (повышение герметичности), обеспечивает спокойное заполнение без окисных плен (повышение пластичности и вязкости разрушения) и позволяет механизировать процесс, исключая «человеческий фактор» на заливке.

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

В цехе выплавки стали в кислородном конвертере стремятся повысить надежность толстолистового проката для труб магистральных газопроводов (требуется высокая вязкость и хладостойкость). Какие технологические приемы внепечной обработки являются обязательными?

1. Легирование ванадием и ниобием из ферросплавов в ковше.
2. Глубокая десульфурация чугуна перед завалкой в конвертер.
3. Обработка металла на установке «печь-ковш» (LF) с продувкой аргоном.
4. Вакуумирование стали (RH-процесс или VD) для удаления водорода.
5. Разливка сверху через стакан с отверстием.

Ответ: 2, 3, 4.

Обоснование:

6. Десульфурация: Сера — враг пластичности. Для трубных сталей (X70, X80) содержание серы жестко ограничено ($\leq 0,002\%$). Сульфиды марганца прокатываются в строчки и вызывают расслоение и водородное растрескивание.
7. Печь-ковш (LF) с аргоном: Обеспечивает точную доводку по химическому составу, раскисление алюминием и, главное, продувка аргоном перемешивает металл, выравнивая

температуру и ускоряя всплытие оксидных неметаллических включений, повышающих KCV.

8. Вакуумирование: Удаляет водород, предотвращая образование флокенов в толстом листе. Флокены — недопустимый дефект, катастрофически снижающий надежность трубы под давлением.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между дефектом структуры сварного шва и методом неразрушающего контроля (НК) по ГОСТ, позволяющим гарантировать надежность сварного соединения:

Дефект структуры или нарушения	Метод контроля по ГОСТ
1. Внутренний непровар в корне шва	А. Ультразвуковая дефектоскопия (УЗК) ГОСТ 14782-86
2. Выходящая на поверхность усталостная трещина в ЗТВ	Б. Радиографический контроль (Р-контроль) ГОСТ 7512-82
3. Несплошности от усадочной раковины в центре шва (плотность)	В. Капиллярный контроль (цветная дефектоскопия) ГОСТ 18442-80
4. Подповерхностное шлаковое включение	Г. Визуально-измерительный контроль (ВИК) РД 03-606-03

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-А.

Примечание: УЗК хорошо выявляет как объемные внутренние дефекты, так и плоскостные, а радиография наиболее чувствительна к объемным (непровар, поры), но слабо видит плоскостные трещины.

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

При проектировании мульды для шихты скраповоза инженер выбрал сталь 110Г13Л (Гадфильда), ссылаясь на её высокую износостойкость. Однако в процессе эксплуатации мульда быстро покрылась трещинами и раскрошилась. Анализ показал, что нагрузки были чисто абразивными, но без сильных ударов. Какая технологическая ошибка, связанная с условиями эксплуатации, привела к отказу?

- А) Неправильно выбрана температура закалки
Б) Выбран не тот материал, так как упрочнение стали 110Г13Л требует высокого ударного давления (наклепа)
В) Слишком высокое содержание марганца
Г) Нарушен режим сварки при ремонте

Ответ: Б.

Обоснование: Уникальная износостойкость аустенитной стали 110Г13Л (до 500 НВ) реализуется только в условиях интенсивного динамического наклепа (удары, высокое давление), при котором происходит превращение аустенита в мартенсит деформации в поверхностном слое. При спокойном абразивном трении (скольжение песка, царапание) наклеп не образуется, сталь остается мягкой (180–220 НВ) и быстро изнашивается, а из-за низкой теплопроводности склонна к

термическим трещинам. Это пример нарушения принципа соответствия материала виду нагружения.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

Для повышения надежности поршневых колец двигателя внутреннего сгорания используется процесс микродугового оксидирования (МДО) алюминиевого сплава. Объясните физическую сущность создания керамического слоя и опишите, за счет каких параметров контроля качества (толщина, микротвердость, пористость) обеспечивается снижение трения и предотвращение задиров.

Ответ:

Сущность МДО: На поверхности алюминиевой детали в электролите под действием высокого напряжения возникают микроразряды с температурой в канале до 10 000°C, что превращает поверхностный слой металла в модифицированный оксид алюминия ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ — корунд).

Влияние на надежность (ресурс):

1. Толщина слоя (40–200 мкм): обеспечивает запас на износ.
2. Микротвердость (до 20 ГПа): слой корунда резко повышает сопротивление абразивному изнашиванию.
3. Пористость наружного слоя: открытые поры удерживают масло, создавая эффект «микроподшипников» скольжения и предотвращая схватывание (задир) при масляном голодании в цилиндре.
Таким образом, техпроцесс МДО формирует износостойкий композит «керамика на вязком алюминии» без отслаивания.

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

Технолог литейного цеха проектирует оснастку для отливки крупного зубчатого венца из стали 35ХМЛ. Деталь ответственная, требуется отсутствие литейных напряжений для сохранения геометрии после механообработки. Какие конструктивные и технологические методы снижения остаточных напряжений согласно ГОСТ 977-88 он должен заложить?

1. Применение холодильников в массивных сечениях (обода и ступице).
2. Равномерное охлаждение отливки в форме (выбивка при низкой температуре).
3. Использование быстроохлаждаемых металлических стержней.
4. Конструирование плавных переходов и галтелей без резких перепадов толщин.
5. Обязательная нормализация (или высокий отпуск) после литья перед черновой обработкой.

Ответ: 2, 4, 5.

Обоснование:

6. Равномерное охлаждение и выбивка при $T \leq 200^\circ\text{C}$ снижают температурный градиент, уменьшая термические напряжения.
7. Плавные переходы (конструкция отливки) исключают концентрацию термических напряжений в углах, которые вызывают горячие трещины или коробление.
8. Термообработка отливок из легированных сталей (нормализация) по ГОСТ 977-88 является обязательной для снятия литейных напряжений и исправления структуры (измельчения зерна). Без неё при чистовой обработке венец «поведет» (нарушится шаг и профиль зуба).

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расставьте металлургические этапы получения «чистой» высоконадежной стали для ротора турбины в хронологическом порядке, начиная от выпуска из печи:

- А) Разливка на МНЛЗ под защитой от вторичного окисления
- Б) Электрошлаковый переплав (ЭШП) расходуемого электрода
- В) Ковка слитка на гидравлическом прессе
- Г) Выплавка полупродукта в дуговой сталеплавильной печи (ДСП)
- Д) Вакуумная дегазация (VD/VOD) в ковше

Ответ: Г → Д → А → Б → В.

(ДСП -> рафинирование в ковше -> получение заготовки на МНЛЗ -> ЭШП для особого уплотнения -> ковка).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между механизмом изнашивания быстроходной детали машины и технологическим методом модификации поверхности, применяемым для повышения ее ресурса:

Механизм изнашивания	Технологический метод упрочнения
1. Кавитационная эрозия на лопастях гидротурбины	А. Газотермическое напыление WC-Co (карбид вольфрама)
2. Абразивное изнашивание абразивной лентой	Б. Лазерная наплавка стеллитом (Co-Cr-W)
3. Фреттинг-коррозия в посадочных местах валов	В. Электроискровое легирование (ЭИЛ) с нанесением твердых сплавов
4. Схватывание (задир) резьбы нержавеющей стали	Г. Азотирование или сульфидирование (снижение склонности к адгезии)

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

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

В токарном цехе при обработке вала из стали 45 была нарушена технология шлифования (чрезмерная подача и затупленный круг), что вызвало появление «прижогов» на шейке. Как этот производственный дефект повлияет на эксплуатационную надежность вала, работающего на изгиб?

- А) Повысит коррозионную стойкость.
- Б) Создаст в поверхностном слое растягивающие остаточные напряжения и зоны вторичной закалки, снижающие предел выносливости.
- В) Уменьшит шероховатость и повысит маслостойкость.
- Г) Упрочнит поверхность методом наклепа.

Ответ: Б.

Обоснование: Шлифовальные прижоги — результат местного перегрева поверхности выше точки A_{c1} с резким охлаждением (закалка) и последующим отпусканием соседних зон. Это формирует структурно-напряженный слой с опасными растягивающими напряжениями на поверхности. Усталостная трещина всегда зарождается у поверхности. Растягивающие напряжения

складываются с рабочими напряжениями изгиба, резко (на 40–60%) снижая предел выносливости (σ^{-1}).

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

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

Для опорного валка стана холодной прокатки (контактные напряжения до 2500 МПа) требуется глубокая прокаливаемость и сопротивление контактной усталости. Рассматриваются две стали: 9Х2МФ и 75ХМФ. Карта техпроцесса предписывает двойную термическую обработку: предварительную закалку от высокой температуры и повторную закалку с пониженной. Какая металлургическая цель преследуется двойной закалкой для повышения надежности валка?

- А) Укрупнение зерна для лучшей теплопроводности
- Б) Получение бейнитной структуры
- В) Максимальное растворение карбидов, измельчение зерна и получение однородной скрытокристаллической мартенситной структуры
- Г) Экономия электроэнергии при термообработке

Ответ: В.

Обоснование: Первая высокая закалка (например, 960°C) растворяет крупные избыточные карбиды хрома и молибдена, ликвидируя карбидную сетку, которая является первопричиной выкрашивания. После отпуска образуется равномерная сорбитная основа. Повторная закалка от более низкой температуры (860°C) фиксирует мелкое зерно аустенита (балл 10–11) и дает при охлаждении однородный мелкоигольчатый мартенсит. Именно отсутствие карбидной неоднородности и мелкозернистость минимизируют локальную концентрацию напряжений и развитие питтинга.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

На стадии проектирования литого кронштейна из высокопрочного чугуна ВЧ50 конструктор заменил стальную поковку. В ходе эксплуатации произошло хрупкое разрушение по зоне термического влияния сварного шва (приварка к раме). Металлографический анализ показал структуру ледебурита в чугуне вблизи шва. Докажите, что причиной отказа является нарушение технологии сварки, а не ошибка в выборе материала, и предложите метод восстановления надежности конструкции.

Ответ:

Причина отказа: Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧ50) принципиально свариваем, но требует строгого соблюдения технологии «холодной сварки» с подогревом. Образование ледебурита (цементит + перлит) в зоне термического влияния (ЗТВ) — свидетельство локального расплавления и сверхбыстрого охлаждения (отбел) чугуна. Ледеburит — хрупкая фаза, не выдерживающая растягивающих напряжений от усадки шва. Это классический случай нарушения техпроцесса сварки: использовался «горячий» режим без предварительного подогрева до 600–650°C и медленного охлаждения.

Метод восстановления: Конструкцию не ремонтировать сваркой по месту разрушения ввиду деградации чугуна вокруг трещины. Необходимо заменить кронштейн, но при этом изменить проектное решение: не приваривать кронштейн, а крепить его на болтах через обработанные приливы, либо заложить в конструкцию стальные закладные элементы в тело чугунной отливки, к которым приваривается рама (армирование).

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

При анализе причин разрушения титанового шпангоута самолета (сплав ВТ22) установлено, что очаг усталости расположен в зоне с α -структурой «корзиночного плетения» с выделениями карбидов по границам. Плавка велась в гарнисажной печи (ВДП), без тройного переплава. Выберите технологические факторы в цепочке «выплавка-деформация», которые привели к снижению надежности:

1. Использование некондиционной титановой губки с повышенным содержанием кислорода и азота.
2. Недостаточная степень деформации при ковке слитка (малый уков).
3. Отсутствие электрошлакового переплава (ЭШП) как финишной операции.
4. Нарушение температурного интервала штамповки (перегрев).
5. Отсутствие упрочняющей термообработки (старение).

Ответ: 1, 4.

Обоснование:

6. Качество губки: Примеси кислорода и азота сильно охрупчивают титан, повышая склонность к образованию карбидных и оксидных плен по границам зерен, которые являются очагами усталости.
7. Температурный интервал штамповки: Перегрев (превышение температуры β -перехода) приводит к резкому росту зерна и формированию крупнопластинчатой («корзиночной») структуры, которая обладает низкой усталостной прочностью и высоким порогом хладноломкости по сравнению с мелкозернистой глобулярной структурой.
Факторы 2 и 3: Уков для титана важен, но ЭШП для титановых сплавов практически не применяется (используют ВДП + ЭЛП или просто тройной ВДП). Старение (п.5) для ВТ22 обязательно, но разрушение началось из-за исходной горячеломкости структуры, а не недостатка прочности.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите логику системного анализа (FMEA-анализ) причин дефекта «обрыв штока» на этапе эксплуатации экскаватора, начиная с готовой детали до выплавки стали:

- А) Нарушение режима термообработки на машиностроительном заводе (закалка без отпуска) -> завышенная твердость, хрупкость
- Б) Разрушение штока в эксплуатации по резьбовой канавке
- В) Анализ излома: усталостное разрушение с очагом от неметаллического включения
- Г) Некачественная выплавка стали на металлургическом заводе (загрязненность неметаллическими включениями III балла)
- Д) Отсутствие ультразвукового контроля поковки перед механообработкой (пропуск дефекта)

Ответ: Б → В → Г → А → Д.

(Сначала факт отказа, затем макроанализ указывает на включение, следовательно, ищем металлургический брак, но если сталь была уже с дефектом, а термообработка усилила напряжения — проверяем и это. Отсутствие контроля Д — системная ошибка, пропустившая брак).

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

Инженер проектирует червячный редуктор. Для венца червячного колеса выбрана оловянистая бронза БрО10Ф1 (ГОСТ 613-79), а для червяка — цементуемая сталь 20Х с закалкой до HRC 58–

62. На стадии испытаний при перегрузке произошло «намазывание» бронзы на витки червяка и заедание. Главный металлург предлагает заменить бронзу на более дешевую алюминиево-железистую БрА9ЖЗЛ. Докажите, почему эта замена снизит, а не повысит надежность узла.

Ответ: Г.

Обоснование: Оловянистые бронзы (БрО10Ф1) обладают низкой склонностью к схватыванию со сталью благодаря наличию мягкой структурной составляющей (α -фазы) и эвтектоида, выполняющего роль твердой смазки. Алюминиево-железистые бронзы (БрА9ЖЗЛ) значительно прочнее ($\sigma_{\text{в}}$ до 600 МПа против 300 МПа), но имеют высокую твердость и очень высокую склонность к адгезионному схватыванию с закаленной сталью. При перегрузке она не «прирабатывается», а моментально «схватится» с червяком, вызвав катастрофический задир. Задир произошел в испытаниях не из-за дефицита прочности бронзы, а из-за нарушения смазки или расчетных нагрузок. Следовательно, замена на БрА9ЖЗЛ без изменения системы смазывания (переход на гипoidные масла с EP-присадками) только усугубит отказ.