

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный технический
университет»**

**ОЛИМПИАДА «Я – БАКАЛАВР»
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5–11 КЛАССОВ
2025/2026 учебный год**

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПО ТЕХНОЛОГИИ

КЛАСС 11

Вариант 1

Задание 1 (20 баллов)

Для массового производства стальных гаек М12 необходимо выбрать наиболее эффективный способ изготовления. Сравните два варианта: обработка на токарном станке и холодная штамповка. По каким трём критериям вы будете сравнивать эти технологии? Какой способ выберете и почему?

Подробный разбор задания:

1. Критерии сравнения (3 критерия):

1. Производительность и скорость изготовления. Холодная штамповка позволяет изготавливать детали за доли секунды (высокоскоростные автоматические прессы), тогда как токарная обработка требует последовательного снятия стружки, что значительно увеличивает время на одну деталь.

2. Себестоимость и экономическая эффективность. При холодной штамповке отсутствуют или минимальны потери металла (безстружковая технология), снижены затраты на электроэнергию и трудозатраты в расчёте на единицу продукции. Токарная обработка даёт большой процент отходов в стружку и требует более квалифицированного труда.

3. Качество и стабильность свойств. Холодная штамповка обеспечивает упрочнение металла (наклёп), высокую точность размеров и повторяемость результатов. Токарная обработка может дать более высокую чистоту поверхности, но при массовом производстве сложнее поддерживать стабильность геометрии без дополнительного контроля.

2. Выбор способа:

Выбранный способ: холодная штамповка.

3. Обоснование выбора:

Массовость производства. Гайки М12 — стандартный крепёж, выпускаемый миллионами штук. Холодная штамповка на высокопроизводительных автоматах обеспечивает необходимую ритмичность и объём.

Экономия материала. При штамповке металл не удаляется в стружку, а перераспределяется в готовую форму. Коэффициент использования металла близок к 1, что критически важно для снижения себестоимости.

Технологическая целесообразность. Для гаек характерна внутренняя резьба, которая в условиях холодной штамповки формируется методом накатывания, что повышает прочность резьбы за счёт упрочнения и улучшает её качество по сравнению с нарезанием резьбы на токарном станке.

Соответствие требованиям к ответственным деталям. При соблюдении режимов штамповки и последующей термической обработки (при необходимости) гайки соответствуют требованиям прочности, установленным стандартами (ГОСТ, DIN).

Задание 2 (20 баллов)

При механической обработке резанием стальной заготовки на токарном станке возникли проблемы: быстрый износ резца и низкое качество поверхности. Предложите не менее трёх способов решения этих проблем, обосновав каждый с точки зрения технологии обработки металлов.

Подробный разбор задания:

Проблема: при механической обработке резанием стальной заготовки на токарном станке наблюдаются быстрый износ резца и низкое качество поверхности.

Способ 1. Оптимизация режимов резания (снижение скорости резания и подачи)

Обоснование:

Быстрый износ резца часто связан с чрезмерной температурой в зоне резания, возникающей при высокой скорости резания (v_v). Снижение скорости резания уменьшает тепловыделение и температуру на контактных площадках инструмента, что замедляет диффузионный и абразивный износ. Уменьшение подачи (s_s) и глубины резания (t_t) снижает механическую нагрузку на режущую кромку и способствует снижению вибраций, положительно влияя на качество поверхности. Однако важно соблюдать баланс, чтобы не снизить производительность неоправданно.

Способ 2. Применение более износостойкого инструментального материала

Обоснование:

Для обработки сталей (особенно легированных, закалённых или нержавеющей) целесообразно использовать твёрдосплавные пластины с износостойкими покрытиями (например, TiN, TiAlN, AlCrN). Покрытия снижают коэффициент трения, уменьшают адгезионный износ и повышают термостойкость режущей кромки. В тяжёлых условиях возможно применение режущей керамики или кубического нитрида бора (CBN), которые сохраняют

твёрдость при высоких температурах и обеспечивают высокое качество обработанной поверхности за счёт стабильности геометрии инструмента.

Способ 3. Применение СОЖ (смазочно-охлаждающей жидкости) с оптимизацией подвода

Обоснование:

Эффективная подача СОЖ в зону резания выполняет две ключевые функции:

Охлаждение — отвод тепла от инструмента и заготовки снижает термомеханическую нагрузку на резец, предотвращая его ускоренный износ.

Смазывание — снижает трение на задней и передней поверхностях инструмента, уменьшает наростообразование (built-up edge), которое является частой причиной низкого качества поверхности при обработке пластичных сталей.

Использование современных СОЖ с противозадирными присадками или подача под высоким давлением (через внутренние каналы резцедержателя) значительно повышает стойкость инструмента и улучшает шероховатость обработанной поверхности.

Дополнительный способ (для расширения ответа, но не менее трёх основных)

Способ 4. Повышение жёсткости технологической системы

Обоснование:

Низкое качество поверхности может быть следствием вибраций, возникающих из-за недостаточной жёсткости системы «станок — приспособление — инструмент — деталь». Уменьшение вылета резца, использование более короткой и массивной оправки, применение задней бабки (для длинных заготовок) и оптимизация геометрии резца (увеличение главного угла в плане для снижения радиальной составляющей силы резания) позволяют подавить вибрации. Это стабилизирует процесс резания, предотвращает микросколы режущей кромки и обеспечивает требуемое качество поверхности без дополнительного износа.

Задание 3 (20 баллов)

При выборе материала для корпуса высокоскоростного спортивного автомобиля рассматриваются алюминиевый сплав и композит на основе углеродного волокна. Сравните эти материалы по трём ключевым параметрам: удельной прочности, технологичности изготовления сложных форм и стоимости. Какой материал вы бы рекомендовали и почему?

Подробный разбор задания:

1. Сравнение по трём ключевым параметрам

Параметр	Алюминиевый сплав	Композит (углеродное волокно)
<p>Удельная прочность (отношение прочности к плотности)</p>	<p>Высокая, но ниже, чем у углепластика. Алюминиевые сплавы (например, 7075) имеют плотность $\sim 2,7 \text{ г/см}^3$ и предел прочности до 500–600 МПа.</p>	<p>Очень высокая. Плотность $\sim 1,5\text{--}1,6 \text{ г/см}^3$, прочность при растяжении может достигать 1500–2000 МПа и более. Удельная прочность в 2–3 раза превосходит алюминиевые сплавы.</p>
<p>Технологичность изготовления сложных форм</p>	<p>Требует штамповки, сварки, фрезерования. Для сложных аэродинамических форм необходимо изготовление дорогостоящей оснастки (штампы, пресс-формы для литья). Сложные криволинейные поверхности могут потребовать сборки из множества элементов.</p>	<p>Высокая пригодность для сложных форм. Формование (autoclave curing, RTM) позволяет создавать интегральные монококовые конструкции с произвольной аэродинамической геометрией за счёт укладки препрегов в матрицу. Сокращается количество сборочных единиц.</p>
<p>Стоимость</p>	<p>Относительно низкая. Материал недорог, процессы штамповки и сварки хорошо освоены, не требуют</p>	<p>Высокая. Сырьё (углеродное волокно, смолы) дорого, процесс формования требует автоклавов, термообработки, высококвалифицированног</p>

Параметр	Алюминиевый сплав	Композит (углеродное волокно)
	уникального дорогостоящего оборудования (кроме крупных штампов).	о труда. Ремонт сложен и также дорог.

2. Рекомендация и обоснование:

Рекомендуемый материал: композит на основе углеродного волокна (углепластик).

Обоснование с учётом контекста высокоскоростного спортивного автомобиля:

1. Максимальное снижение массы. Высокоскоростные спортивные автомобили предъявляют жёсткие требования к ускорению, торможению и управляемости. Снижение массы корпуса (кузова) критически важно: углепластик обеспечивает наилучшее соотношение прочности и веса, позволяя уменьшить инерционные нагрузки и улучшить динамику.

2. Аэродинамическая оптимизация. Спортивные автомобили требуют сложных форм для создания прижимной силы (downforce) и минимизации лобового сопротивления. Технология формования углепластика позволяет создавать интегральные аэродинамические элементы (диффузоры, антикрылья, плавные обводы) без множества стыков и крепёжных элементов, что также снижает массу и повышает жёсткость конструкции.

3. Жёсткость и безопасность. Углепластик обладает высокой удельной жёсткостью (модуль упругости), что позволяет создать монококовую конструкцию с выдающейся торсионной жёсткостью — важнейшим параметром для точной управляемости на высоких скоростях. При грамотном проектировании слоистой структуры можно обеспечить требуемые показатели пассивной безопасности (энергопоглощение при ударе).

4. Нюансы применения. Несмотря на высокую стоимость, в сегменте высокоскоростных спортивных автомобилей (гиперкары, гоночные прототипы) экономическая эффективность оценивается через достижение максимальных технических характеристик, где углепластик стал отраслевым стандартом. Алюминиевые сплавы чаще применяются в более доступных спортивных автомобилях (например, Audi R8, Porsche 911) или в комбинации с композитами, но для бескомпромиссных по массовости и скорости моделей углепластик является предпочтительным.

Задание 4 (20 баллов)

При нагреве стального образца для горячей обработки давлением (ковки) его цвет изменился с красного на оранжевый, а затем на желтый. Оцените, в каком диапазоне изменялась температура образца, и какое физическое явление лежит в основе этого визуального метода контроля температуры?

Подробный разбор задания:

1. Физическое явление:

В основе визуального метода контроля температуры лежит закон излучения абсолютно чёрного тела (закон Планка), а именно — температурная зависимость спектрального состава теплового излучения.

При нагреве тела его электромагнитное излучение перестаёт быть только инфракрасным и становится видимым. По мере повышения температуры максимум спектральной плотности излучения смещается в сторону более коротких длин волн в соответствии с законом смещения Вина:

$$\lambda_{\max} = bT, \lambda_{\max} = Tb,$$

где b — постоянная Вина ($\approx 2,9 \times 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К} \approx 2,9 \times 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$), T — абсолютная температура.

В результате цвет свечения последовательно меняется от тёмно-красного к вишнёво-красному, затем к оранжевому, жёлтому, белому (при дальнейшем нагреве). Это явление называется цветом каления (цветом свечения) и традиционно используется кузнецами и термистами для ориентировочной оценки температуры нагрева металла.

2. Диапазон изменения температуры:

Для стали характерны следующие приблизительные цветовые диапазоны (в практической оценке «на глаз»):

Цвет каления	Температура, °С
Тёмно-красный	550–650
Вишнёво-красный	650–750
Светло-красный (красный)	750–850
Оранжевый	850–950
Жёлто-оранжевый	950–1050
Жёлтый	1050–1150
Белый (светло-жёлтый)	выше 1150

В условии указано изменение цвета от красного до жёлтого через оранжевый. Это соответствует следующему диапазону температур:

Нижняя граница (красный цвет): $\approx 750\text{--}850 \text{ }^\circ\text{C}$

Верхняя граница (жёлтый цвет): $\approx 1050\text{--}1150 \text{ }^\circ\text{C}$

Таким образом, температура образца в процессе нагрева изменялась ориентировочно в диапазоне от $750\text{--}850 \text{ }^\circ\text{C}$ до $1050\text{--}1150 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Привязка к технологииковки:

Для горячей обработки давлением (ковки) углеродистых и низколегированных сталей оптимальный температурный интервал обычно лежит в пределах 800–1100 °С (в зависимости от марки стали).

Нижняя граница (красный цвет) соответствует началу температурного интервалаковки, когда пластичность стали становится достаточной для деформирования без разрушения, а сопротивление деформации ещё приемлемо.

Верхняя граница (жёлтый цвет) близка к максимально допустимой температуре нагрева перед ковкой. Превышение может привести к пережогу (окислению границ зёрен) или перегреву с неконтролируемым ростом зерна, что ухудшает механические свойства готового изделия.

Визуальный контроль по цвету калиения позволяет кузнецу оперативно оценивать температуру заготовки без использования контактных или бесконтактных пирометров, что особенно важно в условиях традиционной кузнечной обработки.

Задание 5 (20 баллов)

Для изготовления ответственной детали требуется сталь с высокой прочностью и хорошей обрабатываемостью резанием. Какие элементы в составе стали улучшают ее обрабатываемость, и каков механизм их действия?

Подробный разбор задания:

1. Основные элементы, улучшающие обрабатываемость стали резанием

Элемент	Типичное содержание	Механизм действия
Сера (S)	0,08–0,35% (в автоматных сталях, например, А12, А20)	Образует сульфиды марганца (MnS), которые действуют как внутренние смазки и концентраторы напряжений. В зоне резания сульфидные включения снижают трение, облегчают скалывание стружки, уменьшают налипание металла на режущую кромку (наростообразование). Стружка становится короткой и ломается, что улучшает отвод стружки и снижает износ инструмента.
Фосфор (P)	0,04–0,12% (в сочетании с серой)	Упрочняет феррит, повышая хрупкость стружки. Способствует её ломкости и уменьшению навивания длинной стружки на заготовку и

Элемент	Типичное содержание	Механизм действия
		инструмент. Однако избыток фосфора (более 0,05–0,07% без компенсирующих добавок) может вызывать хладноломкость, поэтому его применение ограничено и требует контроля.
Свинец (Pb)	0,15–0,35% (свинецсодержащие стали, например, АС12, АС20)	Распределяется в виде микроскопических дисперсных включений, практически не растворяясь в стали. В зоне резания свинец плавится при низкой температуре (ок. 327 °С), образуя смазывающую плёнку на поверхностях трения (инструмент — стружка, инструмент — заготовка). Это снижает коэффициент трения, тепловыделение и адгезионный износ.
Кальций (Ca)	0,001–0,006% (обработка жидкой стали)	Формирует сложные окисульфидные включения ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, CaS), которые при резании покрывают режущую кромку защитной пленкой. Эта пленка снижает диффузионный износ твёрдосплавного инструмента, особенно при высоких скоростях резания. Кальцийсодержащие стали (Ca-обработанные) применяются для высокопроизводительной обработки легированных и конструкционных сталей.
Висмут (Bi), теллур (Te), селен (Se)	0,05–0,30% (реже, в специальных автоматных сталях)	Действуют аналогично свинцу: образуют легкоплавкие включения, улучшающие смазывание и стружколомание. Используются как альтернатива

Элемент	Типичное содержание	Механизм действия
		свинцу в экологически ориентированных производствах.

2. Механизмы улучшения обрабатываемости (обобщение):

Основные механизмы действия элементов, повышающих обрабатываемость резанием:

1. Стружколомание (образование короткой ломкой стружки). Неметаллические включения (сульфиды, фосфиды) и легкоплавкие фазы создают внутренние концентраторы напряжений, инициирующие разрушение стружки на малых участках. Это предотвращает наматывание длинной стружки на инструмент и заготовку, повышает безопасность и производительность.
2. Смазывающее действие в зоне резания. Свинец, висмут и сульфиды марганца снижают коэффициент трения на контактных площадках инструмента. Уменьшение трения ведёт к снижению тепловыделения, температуры в зоне резания и, как следствие, к замедлению износа инструмента (абразивного, адгезионного, диффузионного).
3. Снижение налипания (наростообразования). Сульфидные и свинецсодержащие включения препятствуют адгезии обрабатываемого материала к режущей кромке. Нарост (built-up edge) является частой причиной ухудшения качества поверхности и нестабильности процесса. Его уменьшение способствует повышению класса шероховатости и стойкости инструмента.
4. Образование защитных плёнок на инструменте. Кальцийсодержащие включения при высоких температурах резания формируют на поверхности твёрдосплавного инструмента тонкие оксидные слои, замедляющие диффузионный износ (особенно важный при обработке легированных и нержавеющей сталей на высоких скоростях).

3. Ограничения для ответственных деталей

Применение элементов, улучшающих обрабатываемость, требует учёта их влияния на механические свойства и эксплуатационную надёжность:

1. Сера и фосфор снижают ударную вязкость, особенно при низких температурах (хладноломкость), и могут ухудшать пластичность. Для ответственных деталей, работающих при динамических и ударных нагрузках (валы трансмиссии, детали подвески), содержание серы и фосфора строго ограничивается, либо используются другие методы улучшения обрабатываемости (термообработка перед резанием, применение кальция, оптимизация режимов).
2. Свинец не вызывает снижения механических свойств при статических нагрузках, но может негативно влиять на усталостную прочность и свариваемость. В ответственных сварных конструкциях свинецсодержащие стали не применяются.

3. Для деталей, где сочетание высокой прочности и обрабатываемости критически важно, часто используют кальцийобработанные стали или стали с микродобавками сульфидов при контролируемой морфологии включений (например, модифицирование редкоземельными элементами для придания сульфидам глобулярной формы, менее опасной для механических свойств).