

**Решения заданий заключительного (очного) этапа
по направлению «Материаловедение и технологии материалов»**

Категория участия: «Магистратура/специалитет»

Задание 1.

1. Анализ ситуации. Эксплуатационная работоспособность коленчатых валов в основном определяется износостойкостью коренных и шатунных шеек и способностью противостоять усталостным разрушениям при циклических изгибающих нагрузках, начинающихся, как правило, у галтелей в местах сопряжений щёк с шейками. Поэтому перлитные чугуны с шаровидным графитом - хороший материал для сравнительно небольших коленчатых валов легковых автомобилей типа ВАЗ. Они отличаются достаточно высокой твёрдостью и прочностью, хорошей обрабатываемостью, высокими износостойкостью и усталостной прочностью, что позволяет их использовать взамен кованных стальных валов при значительно меньшей трудоёмкости изготовления и стоимости.

2. Выбор материала и обоснование выбора. Заготовки коленчатых валов серийного легкового автомобиля среднего класса изготавливают обычно из высокопрочного чугуна, модифицированного магнием, ВЧ 60-3 по причинам хорошей технологичности изготовления методом прецизионного литья отливки сложной формы и хорошей жидкотекучести металла, низкой себестоимости материала и технологии получения и обработки, удовлетворяющего требуемым механическим свойствам. Припуск на обработку шеек чугунных валов составляет не более 2,5 мм на сторону по 5-7 классам точности.

3. Технология получения и обработки. После выбивки из форм и обрубки прибылей проводят низкотемпературный отжиг при температуре 800 °С для снятия литейных напряжений, повышения пластичности, вязкости и улучшения обрабатываемости, в проходной конвейерной печи с охлаждением в печи. Затем на заготовках валов механически обрабатывают коренные и шатунные шейки на автоматизированных станках до окончательных размеров. Заключительной технологической операцией является закалка ТВЧ коренных и шатунных шеек валов с самоотпуском.

4. Характеристика структуры и свойств. Готовые валы из чугуна ВЧ 60-3 отправляют на сборку двигателей с преимущественно перлитно-графитной структурой и твёрдостью основы 153–245 НВ. На поверхности и до глубины 1,5 мм коренные и шатунные шейки имеют структуру отпускаемого мартенсита и графита с твёрдостью 52–54 HRC. Они имеют сжимающие напряжения на рабочей поверхности и обладают хорошими антифрикционными свойствами (низким коэффициентом трения), износостойкостью и усталостной прочностью.

Задание 2.

Методами определения склонности стали к деформационному старению и хладостойкости стали являются:

1) Склонность стали к деформационному старению – по наличию зуба и площадки текучести на кривой растяжения стандартных образцов.

Образование зуба и площадки текучести на кривой растяжения стандартных образцов (так называемое явление резкой текучести) наиболее часто фиксируется при испытании металлов и сплавов с ОЦК решёткой и связано с деформационным старением – закреплением дислокаций примесями (например, атомами азота и углерода в сталях). Уже при малых концентрациях примеси способны блокировать все дислокации, имеющиеся в металле до деформации посредством образования примесных атмосфер. Для начала движения дислокаций и пластического течения необходимо приложить напряжение, гораздо большее, чем требуется для перемещения дислокаций, свободных от примесных атмосфер. После достижения $\sigma_{т.в.}$ (верхнего предела текучести) дислокации отрываются от своих атмосфер и начинают перемещаться, производя пластическую деформацию. Последующий спад напряжений (образование зуба текучести) происходит потому, что свободные от примесных атмосфер и более подвижные дислокации могут скользить некоторое время (обычно 0,1–1,0 %) под действием меньших напряжений $\sigma_{т.н.}$ (нижний предел текучести). $\sigma_{т.н.}$ особенно резко снижается при температурах, при которых существенно изменяется степень блокировки дислокаций. В ОЦК металлах и сплавах резкая температурная зависимость $\sigma_{т.н.}$ наблюдается ниже 0,2Тпл., что как раз и обуславливает их склонность к хрупкому разрушению при низких температурах.

2) Хладостойкость стали – по положению порога хладноломкости при построении серийных кривых ударной вязкости (KCU, KCT⁽⁰⁾ и проценту вязкой составляющей в изломе.

Температуру перехода от вязкого разрушения к хрупкому (порог хладноломкости) определяют по изменению строения излома и резкому снижению ударной вязкости в интервале температур t_b – t_x (граничные значения температур вязкого и хрупкого разрушения). Строение излома изменяется от волокнистого матового при вязком разрушении ($t \geq t_b$) до кристаллического блестящего при хрупком разрушении ($t \leq t_x$). Порог хладноломкости обозначают интервалом температур (t_b – t_n) либо одной температурой t_{50} , при которой в изломе образца имеется 50% волокнистой составляющей и КСТ снижается наполовину. Для надёжной работы конструкции важно, чтобы температура эксплуатации была по возможности выше положения порога хладноломкости.

**Критерии оценивания работ участников
заключительного (очного) этапа
по направлению «Материаловедение и технологии материалов»**

Категория участия: «Магистратура/специалитет»

Задание 1. Максимальная оценка: 65 баллов.

1. Анализ ситуации. 20 баллов.

Отсутствие упоминаний каждого из нижеперечисленных требований: **-3 балла.**

Эксплуатационные требования:

1) износостойкость,

2) усталостная прочность;

технологические характеристики:

3) жидкотекучесть,

4) обрабатываемость резанием;

физические свойства:

5) низкий коэффициент трения,

6) демпфирующая способность и меньшее количество концентраторов напряжений;
экономичность:

7) стоимость материала и технологических операций.

2. Выбор материала и обоснование выбора. 20 баллов.

Вместо высокопрочного чугуна ВЧ 60-3, отвечающего эксплуатационным, технологическим и экономическим требованиям, предлагается вариант из ковanej стали: **-10 баллов.**

Вместо высокопрочного чугуна ВЧ 60-3 предлагается серый чугун: **-7 баллов.**

Вместо высокопрочного чугуна ВЧ 60-3 предлагается ковкий чугун: **-5 баллов.**

Вместо высокопрочного чугуна ВЧ 60-3 предлагается ВЧ 50-5: **-2 балла.**

Вместо высокопрочного чугуна ВЧ 60-3 предлагается ВЧ 80-3 или 100-2: **без снижения оценки.**

3. Технология получения и обработки. 15 баллов.

Не указан отжиг при 800...880 °С: **-5 баллов.**

Не предусмотрена закалка шеек с помощью метода ТВЧ: **-5 баллов.**

4. Характеристика структуры и свойств. 10 баллов.

Сердцевина изделия – преимущественно перлитно-графитная структура (153–245 HB): **5 баллов.**

Поверхностный слой (до 1,5 мм) – отпускаемый мартенсит и графит (52–54 HRC): **5 баллов.**

Задание 2. Максимальная оценка: 35 баллов.

1. Склонность материала сварных труб большого диаметра к деформационному старению. 15 баллов.

Может быть определена: на образце, отобранном перед загибанием (после горячей прокатки) **(5 баллов)**; по диаграммам деформации при испытаниях на растяжение **(5 баллов)**; по наличию зуба и площадки текучести **(5 баллов)**.

2. Хладостойкость материала сварных труб большого диаметра. 20 баллов.

Может быть оценена при испытаниях образцов Шарпи **(5 баллов)** на ударный изгиб **(5 баллов)** по положению порога (температуры) хладноломкости, определяемому либо по серийным кривым ударной вязкости **(5 баллов)**, либо по проценту вязкой составляющей в изломе (метод хрупкого квадрата) **(5 баллов)**.