ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

МАТЕРИАЛЫ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ДЛЯ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Технические требования и методы контроля

СТ РК 1667-2007

Издание официальное

Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан (Госстандарт)

Астана

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН техническим комитетом по стандартизации №53 «Сертификация машиностроительной, металлургической, строительной продукции и услуг» ТОО «Технократ плюс»

ВНЕСЕН Комитетом путей сообщения Министерства Транспорта и коммуникаций Республики Казахстан

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Комитета по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан от 29 октября 2007 года № 586

3 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения международного стандарта ИСО 10012:2003 «Системы менеджмента измерений. Требования к измерительным процессам и измерительному оборудованию» (ISO 10012:2003 «Measurement management systems. Requirements for measurement processes and measuring equipment»), в части требований, изложенных в разделе 6, которые по тексту выделены курсивом

4 В настоящем стандарте реализованы нормы законов Республики Казахстан «О техническом регулировании», «О железнодорожном транспорте»

5 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ **2012 год**
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ **5 лет**

ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Обозначения 4
5 Технические требования к конструкционным материалам 4
6 Методы контроля качества конструкционных материалов и их сварных соединений 6
6.1 Методы контроля качества основного металла 7
6.2 Методы контроля качества сварных соединений 7
6.3 Методы испытания сварных модельных образцов 8
6.4 Определение коррозионной стойкости 9
6.5 Определение циклической трещиностойкости (живучести) 10
6.6 Методика испытаний крупногабаритных алюминиевых панелей 13
Приложение А. Технические требования к конструкционным материалам для основных несущих элементов кузова и рамы пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава 15
Приложение Б. Образцы для определения качества конструкционных материалов и их сварных соединений, рисунки, поясняющие методы испытания 19
Приложение. Библиография 30

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

МАТЕРИАЛЫ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ДЛЯ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Технические требования и методы контроля

Дата введения 2008.07.01.

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает технические требования к конструкционным материалам для основных несущих элементов кузовов пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава, а также методы определения характеристик прочности, пластичности, хладостойкости, трещиностойкости, свариваемости и коррозионной стойкости.

Стандарт предназначен для предприятий и организаций, разрабатывающих конструкционные материалы с целью их применения при изготовлении кузова и рамы пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава для эксплуатации на железных дорогах Республики Казахстан.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

СТ РК 1.9-2003 Государственная система стандартизации республики Казахстан. Порядок применения международных, региональных и национальных стандартов и нормативных документов по стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации.

СТ РК 2.4-2007 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения.

СТ РК 2.30-2007 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Порядок проведения метрологической аттестации средств измерений.

ГОСТ 9.901.1-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Общие требования к методам испытаний на коррозионное растрескивание.

ГОСТ 9.901.2-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Испытания на коррозионное растрескивание образцов в виде изогнутого бруса.

ГОСТ 9.901.4-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Испытания на коррозионное растрескивание образцов при одноосном растяжении.

ГОСТ 9.909-86 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы испытаний на климатических испытательных станциях.

ГОСТ 9.911-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Сталь атмосферостойкая. Метод ускоренных коррозионных испытаний.

ГОСТ 25.502-79 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость.

ГОСТ 25.506-85 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.

ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки

ГОСТ 535-88 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.

ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытания на растяжение.

ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.

ГОСТ 5582-75 Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические условия.

ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.

ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

ГОСТ 7268-82 Сталь. Метод определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб.

ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.

ГОСТ 13585-68 Сталь. Метод валиковой пробы для определения допускаемых режимов дуговой сварки и наплавки.

ГОСТ 14019-2003 Материалы металлические. Метод испытания на изгиб.

ГОСТ 14637-89 Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия.

ГОСТ 16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия.

ГОСТ 19281-89 Прокат стали повышенной прочности. Общие технические условия.

ГОСТ 23240-78 Конструкции сварные. Метод оценки хладостойкости по реакции на ожог сварочной дугой.

ГОСТ Р 51393-99* Прокат тонколистовой холоднокатаный и гнутые профили из коррозионно-стойкой стали для вагоностроения. Технические условия.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **Основные несущие элементы**: Элементы кузова и рамы, в которых при изготовлении и эксплуатации возникают механические напряжения, в том числе остаточные и тепловые, способные вызвать потерю устойчивости, остаточную деформацию, образование трещин и разрушение этих элементов или конструкции в целом.

3.2 **Скорость коррозии**: Изменение толщины (массы) металлических элементов, обусловленное взаимодействием с рабочей средой (атмосферой, растворами электролитов), контактом разнородных металлов (контактная коррозия), изменением состава рабочей среды в щелях и зазорах (щелевая коррозия). Скорость коррозии определяется по изменению толщины элементов, глубине проникновения коррозии, мкм/год, или потере массы, г/см^2 · год.

3.3 **Стойкость к коррозионному растрескиванию**: Отношение максимальной нагрузки, которую может выдержать без разрушения образец, в том числе образец с трещиной, из данного материала, длительное время находящийся под нагрузкой в рабочей среде, к максимальной нагрузке, которую аналогичный образец выдерживает без разрушения при испытании на воздухе в лабораторных условиях.

3.4 **Критический коэффициент интенсивности напряжений, K_{1C}**: Характеристика напряженно-деформированного состояния, при которой от имеющейся в образце (изделии) трещины происходит хрупкий или без заметной пластической деформации долом образца (изделия) в результате действия напряжений отрыва или роста усталостной трещины.

3.5 **Пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, K_{th}**: Максимальный коэффициент интенсивности напряжений, при котором скорость роста усталостной трещины равна нулю или меньше 10^{-8} мм/цикл.

3.6 **Скорость роста усталостной трещины, V_{TP}**: Увеличение длины трещины за один цикл нагружения.

---

* Применяется в соответствии с СТ РК 1.9

3.7 **Живучесть**: Число циклов нагружения, необходимое для того, чтобы усталостная трещина выросла от размеров, определяемых пороговой чувствительностью средств контроля, до критического размера, соответствующего K_{1C}, при котором происходит излом образца (изделия).

4 Обозначения

В настоящем стандарте применяются следующие обозначения:

4.1 σ_B - временное сопротивление разрыву, МПа;

4.2 $\sigma_{0,2}$ - предел текучести, МПа;

4.3 δ_5- относительное удлинение, %;

4.4 **KCU** - ударная вязкость при круглом надрезе, Дж/см^2;

4.5 **KCV** - ударная вязкость при остром надрезе, Дж/см^2;

4.6 σ_{-1} - предел выносливости гладкого образца при симметричном знакопеременном цикле нагружения, МПа;

4.7 σ_{max} - максимальные напряжения, возникающие в образце (детали, элементе) при циклическом нагружении, МПа;

4.8 σ_{min} - минимальное напряжение, возникающее в образце (детали) при циклическом нагружении, МПа;

4.9 **r** - коэффициент асимметрии цикла нагружения ($r= \sigma_{min}/ \sigma_{max}$);

4.10 σ_r - предел выносливости по критерию разрушения при асимметричном цикле нагружения, МПа;

4.11 K_{th} - пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, ниже которого скорость роста усталостной трещины равна нулю или меньше 10^{-8} мм/цикл, Н/мм $^{3/2}$;

4.12 K_{1c} - критический коэффициент интенсивности напряжений, при котором происходит хрупкое или без заметной пластической деформации разрушение изделия (образца) в результате действия напряжений отрыва и роста усталостной трещины, Н/мм $^{3/2}$;

4.13 $V_{тр}$- скорость роста усталостной трещины, мм/цикл;

4.14 λ - длина трещины, мм;

4.15 **N** - число циклов нагружения;

4.16 **t**- толщина образца, мм;

4.17 **b** - ширина образца, мм;

4.18 α_c - угол наклона кривой растяжения образца от 0 до P_c;

4.19 P_c - разрушающая нагрузка, Н;

4.20 **HV50** - твердость по Виккерсу при нагрузке 50 г.

5 Технические требования к конструкционным материалам

5.1 Размеры, форма и толщина листового, сортового и фасонного проката, прессованных профилей для основных несущих элементов кузова и

рамы должны соответствовать действующим нормативным документам на конкретные элементы кузова и рамы.

К основным несущим элементам относятся:

- буферные балки, хребтовые балки, шкворневые балки, продольные обвязочные элементы рамы и связывающие их поперечные балки;
- элементы боковых стен (вертикальные стойки, продольные подкрепляющие элементы, тонкостенная обшива);
- элементы крыши кузова (дуги крыши, тонкостенная обшива крыла);
- металлический пол;
- концевые стойки кузова и их тонкостенная обшива.

5.2 Оценка пригодности конструкционных материалов для изготовления металлоконструкций рамы и кузова пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава производится по обязательному комплексу показателей свойств основного металла, сварных соединений, возможности получения металлопроката необходимого сортамента.

5.2.1 Сортамент металлопроката, из которого следует изготавливать кузова и рамы пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава, должен обеспечивать минимальную металлоемкость и трудоемкость изготовления при выполнении требований к прочности и долговечности металлоконструкций согласно нормам [2], [3].

Технические требования к конструкционным материалам (малоуглеродистым, низколегированным и коррозионно-стойким сталям, к алюминиевым сплавам) для изготовления кузовов пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава приведены в таблицах А.1-А.3 Приложения А.

5.2.2 Показателями качества основного металла являются:

- предел текучести;
- временное сопротивление;
- относительное удлинение;
- ударная вязкость в интервале рабочих температур;
- проба на изгиб;
- сопротивление усталости (ограниченная долговечность, предел выносливости);
- циклическая трещиностойкость (пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, скорость роста усталостной трещины);
- коррозионная стойкость (в условиях открытой атмосферы и в контакте с рабочей средой — конденсатом, моющими составами и др.);

5.2.3 Показателями качества сварных соединений являются показатели качества основного металла, приведенные в 5.2.2, а также:

- углеродный эквивалент, позволяющий отнести данный материал к свариваемым без предварительного или последующего нагрева;
- валиковая проба;

- проба на ожог электродом.

5.2.4 Показателями качества сварных конструкций являются:

- сопротивление усталости (ограниченная долговечность, предел выносливости), определенное на сварных модельных образцах, рисунки 1-3 Приложения Б;

- хладостойкость при температуре минус 60 °С, определяемая по работе разрушения сварных модельных образцов, в том числе образцов с концентратором напряжений, рисунок 4 Приложения Б.

5.3 Требуемая величина показателей свойств малоуглеродистых и низколегированных сталей для основных несущих элементов пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава приведена в таблице А.1 Приложения А.

5.3.1 Свариваемость малоуглеродистых и низколегированных сталей в условиях поточного производства и ремонта должна быть не ниже, чем у стали марок Ст3 по ГОСТ 380, ГОСТ 535, ГОСТ 14637 и 09Г2Д по ГОСТ 19281.

5.3.2 Малоуглеродистая или низколегированная сталь должна иметь углеродный эквивалент не более 0,45 %, что позволяет отнести ее к свариваемым сталям, не требующим предварительного или сопутствующего подогрева.

5.3.3 Рекомендуемый диапазон погонной энергии сварки от 3300 до 14000 кал/см.

5.4 Предел выносливости сварных модельных образцов, приведенный на рисунках 1, 2 Приложения Б, должен быть не менее 120 МПа.

5.5 Работа разрушения сварных модельных образцов, рисунки 1, 2, 4 Приложения Б, из толстолистового проката низколегированных сталей при температуре испытания минус 60 °С должна быть не ниже 200 кДж.

5.6 Требуемая величина показателей свойств коррозионно-стойких сталей и алюминиевых сплавов дана в таблицах А.2 и А.3 Приложения А.

6 Методы контроля качества конструкционных материалов и их сварных соединений

Средства измерений, применяемые при проведении испытаний должны быть внесены в реестр государственной системы обеспечения единства измерений по результатам утверждения их типа в соответствии с СТ РК 2.30, и поверены в соответствии с СТ РК 2.4.

Все измерительное оборудование, необходимое для соответствия заданным метрологическим требованиям, должно иметься в наличии и быть идентифицированным в системе менеджмента измерений. До подтверждения измерительное оборудование должно иметь действующий статус поверки. Измерительное оборудование должно использоваться в

управляемой среде или среде, известной в той степени, которая необходима, чтобы обеспечить правильные результаты измерения. Измерительное оборудование, используемое для мониторинга и фиксирования влияющих величин, должно быть включено в систему менеджмента измерений.

6.1 Методы контроля качества основного металла

6.1.1 Контроль качества основного металла осуществляют на образцах и по методикам, установленным в нормативных документах:

- временное сопротивление σ_B, предел текучести $\sigma_{0,2}$, относительное удлинение δ_5 определяют по ГОСТ 1497;
- ударную вязкость при положительных и отрицательных температурах определяют на образцах с гладким (KCU) и острым (KCV) надрезом по ГОСТ 9454, а также после механического старения по ГОСТ 7268;
- изгиб в холодном состоянии определяют по ГОСТ 14019;
- предел выносливости гладких стандартных образцов σ_{-1} определяют по ГОСТ 25.502;
- коррозионную стойкость определяют на образцах и по методике, приведенной в 6.4,
- трещиностойкость (живучесть) определяют на образцах и по методике, приведенной в 6.5.

Качество основного металла крупногабаритных алюминиевых панелей определяют на образцах и по методике, приведенной в 6.6.

6.2 Методы контроля качества сварных соединений

6.2.1 Контроль качества сварных соединений производят на образцах и по методикам, установленным в действующих нормативных документах:

- углеродному эквиваленту $C_э$, определяемому по формуле (1);
- допускаемым режимам сварки;
- свойствам при растяжении образцов, вырезанных из сварного соединения по ГОСТ 6996;
- ударной вязкости сварных соединений в интервале рабочих температур на образцах по ГОСТ 6996;
- изгибу в холодном состоянии по ГОСТ 14019;

6.2.2 Углеродный эквивалент $C_э$ для малоуглеродистых и низколегированных сталей вычисляют по формуле:

$$C_э = C+Mn/6 + Si/24 +Cr/5 +Ni/40 +Cu/13 + V/14 + P/2, \qquad (1)$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовая доля соответственно углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия, фосфора.

6.2.3 Допускаемые режимы сварки устанавливают путем исследования свойств околошовной зоны. Оценку свойств околошовной зоны производят по валиковой пробе согласно ГОСТ 13585.

6.2.4 Механические свойства сварного соединения в целом и его отдельных участков определяют путем испытания сварного соединения и его участков на статическое растяжение с определением $\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$, δ_5 на ударный изгиб с определением KCU и KCV при температуре минус 60 °С, на стойкость против механического старения и на статический изгиб по ГОСТ 6996.

6.2.5 Реакцию на ожог электродом определяют по работе разрушения при ударном изгибе образцов размером 8х12х55 мм с ожогом диаметром (4±0,2) мм в центре по ГОСТ 23240.

6.2.6 За критическую температуру хрупкости принимают температуру испытания, при которой величина ударной вязкости KCU становится меньше 29 Дж/см^2 или по появлению на образцах кристаллического излома.

6.3 Методы испытания сварных модельных образцов

6.3.1 Сопротивление усталости сварных соединений при толщине металлопроката от 8 до 16 мм определяют на сварных образцах в виде балки коробчатого сечения, рисунок Б.1 Приложения Б. Схема нагружения балки коробчатого сечения приведена на рисунке Б.2 Приложения Б.

6.3.2 Испытание следует проводить на шести (восьми) образцах от марки стали, варианта термической или механической обработки основного металла или сварного соединения. Определяют кривую ограниченной долговечности и предел выносливости на базе $2x10^6$ циклов нагружения.

6.3.3 Живучесть определяют на балках коробчатого сечения по числу циклов от момента возникновения трещины до разрушения. При этом уровень максимальных изгибных напряжений σ_{max}, Н/мм^2 должен соответствовать значениям:

$$\sigma_{max} = 1,1\ \sigma_р, \qquad (2)$$

где $\sigma_р$ - предел выносливости по критерию разрушения, Н/мм^2.

6.3.4 Сопротивление усталости при толщине проката менее 8 мм рекомендуется определять на сварных модельных образцах, состоящих из листового проката малоуглеродистой, низколегированной или нержавеющей стали, в том числе при наличии сварного соединения, и швеллера из стали Ст3, рисунок Б.3 Приложения Б.

6.3.5 Хладостойкость сварных металлоконструкций оценивают по результатам копровых испытаний сварных модельных образцов, приведенных на рисунках Б.1, Б.2, Б.4 Приложения Б. Для локализации пластической деформации и моделирования разрушения при наличии острого концентратора напряжений рекомендуется проводить испытания на образце коробчатого сечения с ребром жесткости, состоящим из двух пластин, рисунок Б.4 Приложения Б. При этом работа разрушения не должна быть ниже, чем у стали марки Ст3 или стали 09Г2Д.

6.3.6 Испытания на хладостойкость следует проводить при температуре минус 60 °С на вертикальном копре с запасом энергии от 0,5 до 100 кДж.

6.3.7 Испытания следует проводить на пяти образцах. Определяется минимальная энергия удара, при которой происходят разрушение сварных модельных образцов.

6.4 Определение коррозионной стойкости

6.4.1 Для испытания на стойкость к общей атмосферной коррозии используют образцы размером 30х70 мм, толщиной от 3 до 10 мм с отверстием для подвески диаметром 6 мм, рисунок Б.5 Приложения Б.

6.4.2 Для испытания на контактную коррозию применяются образцы, приведенные на рисунке Б.6 Приложения Б.

6.4.3 Для испытания на щелевую коррозию используются образцы, приведенные на рисунке Б.7 Приложения Б.

6.4.4 Для испытания на коррозионное растрескивание используют образцы, приведенные на рисунке Б.8 Приложение Б.

6.4.5 Для оценки коррозионной стойкости основного металла в атмосфере проводятся испытания на атмосферно-коррозионных станциях в соответствии с ГОСТ 9.909.

6.4.6 Перед постановкой на испытание образцы исследуемой стали взвешиваются с точностью до 1 мг. На один съем выставляется от трех до пяти образцов. Съем образцов с испытания производится в соответствии с рабочей программой. Параллельно с исследуемой сталью испытания проходят образцы из сталей, используемых в существующих конструкциях, например, из стали Ст3, стали 10 или 09Г2Д.

6.4.7 После экспозиции в атмосферных условиях в течение установленного срока испытания от 1 до 5 лет образцы очищаются от продуктов коррозии путем катодной обработки в щелочном растворе с последующей очисткой жесткими щетками.

После промывки и сушки образцы взвешивают с точностью до 1 мг, определяют потерю массы в г/м^2·час, по которой рассчитывают скорость коррозии, мкм/год.

Для оценки глубины коррозионных каверн снимают профилограмму рельефа поверхности или используют профилометр, например, Линника.

6.4.8 Оценку коррозионной стойкости сварных соединений производят электрохимическим методом на образцах, сваренных дуговой сваркой, размером 20х80 мм с зачищенным швом. Измеряют стационарный потенциал в зоне сварного шва, в зоне термического влияния и основного металла. Для этого на каждый участок сварного шва наносят каплю 10 % раствора серной кислоты. В каплю опускают наконечник насыщенного каломельного электрода, и после выдержки 30 мин замеряют потенциал участка. Наличие анодных по отношению к основному металлу участков (шва и зоны термического влияния) свидетельствует о пониженной коррозионной стойкости сварного соединения.

6.4.9 Шлифованные сварные образцы того же размера испытывают на атмосферную коррозию, в контакте с перевозимым грузом и в водных вытяжках при полном и переменном погружении. После испытания образцы очищают от продуктов коррозии, определяют потерю массы и измеряют рельеф поверхности в зоне сварного шва путем снятия профилограмм.

6.4.10 Сварные соединения, выполненные контактной (точечной) сваркой, испытывают в атмосфере и водных растворах при постоянном погружении и переменном погружении (от 10 до 15 мин выдержка в электролите, от 45 до 50 мин - на воздухе). Общая продолжительность испытаний не менее 30 суток. Оценку коррозионной стойкости производят по изменению прочности сварного соединения при испытании на разрыв или срез. Одновременно испытывают не менее трех образцов.

6.5 Определение циклической трещиностойкости (живучести)

6.5.1 Для определения характеристик трещиностойкости используют следующие типы образцов по ГОСТ 25.506:

- тип 1 — плоский прямоугольный с центральной трещиной для испытания на осевое растяжение;
- тип 2 — цилиндрический с кольцевой трещиной для испытания на осевое растяжение;
- тип 3 — прямоугольный, компактный образец с краевой трещиной для испытания на внецентренное растяжение, рисунок 9 Приложения Б;
- тип 4 — плоский прямоугольный образец с краевой трещиной для испытания на трехточечный изгиб, рисунок 10 Приложения Б.

Все образцы должны иметь усталостные трещины длиной от 1 до 2 мм, которые наносят до испытания. Рекомендуется применять для определения K_{1C} образцы типа 3 и 4.

6.5.2 Условиям корректности определения K_{1C}, является правильный выбор толщины образца для обеспечения объемно-напряженного состояния

в устье трещины и предотвращения пластической деформации образца перед разрушением.

Для сталей и алюминиевых сплавов условие корректности определения K_{1C} соблюдается, если $t \geq 2{,}5\,(K_{1C} / \sigma_{0,2})^2$.

При этом должны соблюдаться следующие соотношения между размерами:

- для образцов типа 3, рисунок Б.9 Приложения Б:

$$b = 2\,t;\quad b_1 = 1{,}5b;\quad 2a = 0{,}55b;\quad d = 0{,}25b;$$

$$l_0 = (0{,}45 \div 0{,}55)b;\quad l \leq 0{,}06b;\quad h \approx (0{,}35+0{,}5)b$$

- для образцов типа 4, рисунок 10 Приложения Б:

$$b = 2\,t;\quad l_0 = (0{,}45 \div 0{,}55)b;\quad l \leq 0{,}06b;$$

$$L = 4b;\quad L_1 = L + 0{,}5b;\quad h \approx (0{,}35+0{,}5)b$$

6.5.3 Определение K_{th}, и $V_{тр}$ рекомендуется проводить на образцах типа 3 и 4 при толщине металла более 5 мм. Рекомендуемая ширина образца типа 3 b = 48 мм при толщине 5<t<12 мм. Рекомендуемая высота образца типа 4 b=25 м, база l_b = 100 мм, длина l= 120 мм при толщине от 5 до 12 мм.

Для определения характеристик циклической трещиностойкости проката толщиной менее 5 мм следует использовать образец типа 1 по ГОСТ 25.506.

6.5.4 Критический коэффициент интенсивности напряжений определяют по диаграмме разрушения образца типа 1-4, записанной в координатах нагрузка (Р) — деформация (перемещение захватов при растяжении или про- гиб образца).

После разрушения образца измеряют длину исходной усталостной трещины λ_0. Форма трещины должна быть симметрична относительно оси образца, без перекоса, рисунок Б.11 Приложения Б.

Если тангенс угла α_c отличается от тангенса угла α не более, чем на 5 %, рисунок Б.12 Приложения В, то критический коэффициент интенсивности напряжений K_{1C}, вычисляют по формулам:

для образца типа 3 при 0,45b <l <0,55 b

$$K_{1C} = \frac{P_C}{t\sqrt{b}} \cdot Y_3 \qquad (1)$$

где $Y_3 = 13{,}74\,[1\text{-}3{,}380(1/b) + 5{,}572(1/b)^2]$ (2)

и для образца типа 4 при 0,45b <l <0,55 b

$$K_{1C} = \frac{P_C L}{t\sqrt{b^3}} \cdot Y_4 \qquad (3)$$

где $Y_4 = 3{,}494\,[1\text{-}3{,}396(1/b) + 5{,}839(1/b)^2]$ (4)

Диаграмму усталостного разрушения образцов, рисунок Б.13 Приложения Б, определяют по результатам испытания не менее трех образцов.

6.5.6 Пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений K_{th} определяют путем испытания на усталость образцов типа 3 или 4. Нагрузку циклов нагружения устанавливают таким образом, чтобы скорость роста усталостной трещины была менее 10^{-8} мм/цикл или равна нулю. Определив условия нагружения, при которых трещина не растет, производят расчет порогового значения коэффициента интенсивности напряжений по формулам 1-4 соответственно для образцов типа 3 и 4. Вместо P_c берется значение P_{max}, (максимальное значение циклической нагрузки) при заданном коэффициенте асимметрии цикла, при которой рост трещины прекращается или становится меньше 10^{-8} мм/цикл. Рекомендуется K_{th} определять на испытательном оборудовании, позволяющем проводить испытание при заданной амплитудной деформации с регистрацией P_{max}.

При определении K_{th} образец не должен разрушаться, а трещина должна останавливаться при ее длине (λ) больше $0{,}45\beta$ и меньше $0{,}55\beta$.

Скорость роста трещины $V_{тр}$ следует определять в широком интервале значений коэффициентов интенсивности напряжений (от K_{th} до K_{1C}) и коэффициентов асимметрии цикла. Измерение длины трещины в процессе испытания осуществляется различными методами. Например, с помощью компаратора с увеличением не менее шести. По результатам не менее 10 замеров строят диаграмму Париса, рисунок Б.13 Приложения Б.

Текущие значения коэффициентов интенсивности напряжений рассчитывают по значениям P_{max} и длине трещины (λ).

6.5.7 Характеристики трещиностойкости K_{1C}, K_{th} и $V_{тр}$ определяют для каждого конструкционного материала и его сварных стыковых соединений (сварных швов) с удалением наплавленного валика по центру сварного шва и в зоне термического влияния.

6.5.8 По результатам испытания оформляется протокол испытания в котором отражают:

- исходные данные о материале - химический состав, термическая обработка, направление прокатки, механические свойства, сварочные материалы, режимы сварки и др.;
- при определении K_{1C} — тип образца, размер исходной усталостной трещины, диаграмму разрушения, расчет K_{1C};
- при определении K_{th} и $V_{тр}$ — тип образца, режим циклического нагружения (нагрузку, деформацию, частоту, амплитуду, коэффициент асимметрии цикла), длину трещины в зависимости от числа циклов.

6.5.9 До накопления фактических данных решение о возможности применения того или иного материала по характеристикам трещиностойкости при статическом и циклическом нагружении принимается

на основании результатов сравнительных испытаний нового и традиционного конструкционного материала.

6.6 Методика испытаний крупногабаритных алюминиевых панелей

6.6.1 Механические свойства основного металла и сварных соединений прессованных панелей из алюминиевых сплавов определяют на плоских образцах с головками (тип 1) или на плоских образцах без головок (тип 2) по ГОСТ 1497, рисунки Б.14 и Б.15 Приложения Б.

6.6.2 Ударную вязкость основного металла панелей определяют на образцах размером 10(5)х10х55 мм с концентратором напряжений типа U (надрез глубиной 2 мм, радиус надреза 1 мм) и с концентратором напряжений типа V (надрез глубиной 2 мм, радиус надреза 0,25 мм), рисунки Б.16 и Б.17 Приложения Б. Ударную вязкость сварных соединений алюминиевых сплавов определяют на сварных образцах. Схема вырезки ударных образцов относительно расположения сварного шва дана на рисунке 18 Приложения Б.

6.6.3 Сопротивление усталости основного металла и сварных соединений определяют на плоских образцах типа III и IV по ГОСТ 25.502, рисунки Б.19 и Б.20 Приложения Б.

6.6.4 Схема вырезки образцов основного металла и сварных соединений для испытаний приведена на рисунках Б.21 и Б.22 (приложение Б).

6.6.5 Проба на изгиб вырезается вдоль и поперек панели. Длина пробы от 180 до 220 мм, ширина от 20 до 30 мм, толщина равна толщине стенки панели.

6.6.6 Определение сопротивления усталости основного металла и сварных соединений производят на натурных образцах панелей. Образцы для испытаний вырезают таким образом, чтобы сохранить сечение панели. Рекомендуется соотношение между шириной и длиной натурного образца в пределах от 0,1 до 0,2. Расстояние между опорами должно быть 0,9 от длины натурного образца, рисунок Б.23 Приложения Б.

6.6.7 Испытание на растяжение продольных и поперечных образцов проводят по ГОСТ 1497.

6.6.8 Испытание на ударный изгиб при отрицательной (до минус 60 °С) и комнатной температурах на продольных и поперечных образцах проводят по ГОСТ 9454. Ударные образцы из сварных соединений изготавливают таким образом, чтобы определить ударную вязкость в зоне сплавления и в зоне термического влияния сварки по ГОСТ 6996.

6.6.9 Испытание на изгиб производят по ГОСТ 14019.

6.6.10 Испытание на сопротивление усталости плоских образцов проводят при циклическом растяжении. Рекомендуется проводить испытания при асимметрии цикла 0,2. База испытания для определения

ограниченного предела выносливости должна быть 10^8 циклов нагружения. Для сравнительных испытаний база принимается 10^7 циклов нагружения. Частота нагружения от 10 до 300 Гц. Сравнительные испытания следует проводить при одной частоте. Остальные условия проведения испытаний должны соответствовать требованиям ГОСТ 25.502.

6.6.11 Испытание на хладостойкость натурных образцов панелей, в том числе сварных, проводят на копре с запасом энергии более 1,0 кДж.

Рекомендуется испытывать образцы по схеме трехточечного изгиба в направлениях X, Y и Z панели.

6.6.12 Испытания натурных образцов панелей, в том числе сварных, на сопротивление усталости проводят по схеме нагружения «трехточечный изгиб» в направлениях X, Y и Z панели, рисунок Б.23 Приложения Б. Испытания проводят на гидропульсаторе. Методика испытаний по ГОСТ 25.502.

6.6.13 По результатам испытания на растяжение определяют:

- предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа;
- временное сопротивление, σ_B, МПа;
- относительное удлинение, δ_5, %

стенок панелей в продольном и поперечном направлениях, основного металла и сварных соединений.

6.6.14 По результатам испытания на ударный изгиб стандартных образцов определяют ударную вязкость основного металла и сварных соединений, включая зону сплавления и зону термического влияния сварки, в интервале рабочих температур от плюс плюс 20 °С до минус 60 °С.

6.6.15 По результатам испытания стандартных образцов на сопротивление усталости строят кривую ограниченной долговечности основного металла и сварного соединений в продольном и поперечном направлениях, определяют предел выносливости основного металла и сварного соединения.

6.6.16 По результатам испытания на изгиб определяют технологичность при холодной пластической деформации.

6.6.17 По результатам испытания натурных образцов на ударный изгиб в интервале рабочих температур определяют хладостойкость панелей и их сварных соединений.

6.6.18 Результаты испытаний записывают в протоколы. Форма протоколов испытаний должна соответствовать требованиям ГОСТ 1497, ГОСТ 25.502, ГОСТ 9454.

Приложение А
(обязательное)

Технические требования к конструкционным материалам для основных несущих элементов кузова и рамы пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава

Т а б л и ц а А.1 - Технические требования к малоуглеродистой и низколегированной стали для изготовления кузова и рамы пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава

Наименование показателя	Величина показателя	
	обшива	балка, стока, дуга
1	2	3
Сортамент		
Лист и гнутый профиль: ширина, мм, не более толщина, мм длина, мм, не более	1500 1,0-2,5 26000	- - -
Фасонный прокат: швеллер, длина, мм J-образный профиль, длина, мм	 - -	 3000-26000 6000-26000
Механические свойства		
Временное сопротивление, σ_B, МПа, не менее	370	520
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Мпа, не менее	245	345
Относительное удлинение δ_5, %, не менее	22	20
Ударная вязкость (KCU) при температуре минус 60 °С, Дж/см^2, не менее	-	29
Угол загиба на 180° на оправке (d — диаметр, h—толщина листа)	d =1,5	-
Предел выносливости, σ_{-1}, МПа, не менее	-	220
Пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, K_{th} при r = 0,2, Н/мм$^{3/2}$, не менее	200	200
Скорость роста трещины при коэффициенте интенсивности напряжений, равном $K_1 = 2K_{th}$, мм/цикл, не более	10^{-5}	10^{-5}
Свариваемость		
Точечной сваркой: усилие отрыва (среза) точки, кН, не менее	6	6
Роликовой сваркой: усилие разрыва роликового шва кН/см, не менее	6	6
Дуговой сваркой: отношение механических свойств сварного шва к свойствам основного металла, не менее	0,95	0,95
Стойкость против охрупчивания сварных соединений при минус 60 °С (KCU), Дж/см^2, не менее	-	29
Работа разрушения сварного модельного образца при температуре минус 60°С, кДж, не менее	-	200
Предел выносливости при циклическом изгибе сварного модельного образца ($\sigma_{0,2}$), Мпа, не менее	-	120

Окончание таблицы А.1

1	2	3
Коррозионная стойкость		
Скорость атмосферной коррозии, мкм/год, не более	10	10
Скорость коррозии при переменном погружении в 3 % раствор хлорида натрия, мкм/год, не более	200	200
Качество поверхности		
Группа отделки по ГОСТ 16523: - холоднокатаный - горячекатаный	 II III	 -

Таблица А.2 - Технические требования к коррозионно-стойкой стали для изготовления кузовов пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава местного сообщения

Наименование показателя	Величина показателя
1	2
Сортамент	
Лист: ширина, мм толщина, мм длина, мм	500-1250 0,8-2,0 2000-8000
Рулоны: ширина, мм толщина, мм масса, т, не более	1000-1550 0,8-2,0 7,0
Профили гофрированные: ширина, мм толщина, мм высота гофра, мм длина, мм	 300-1200 0,8-2,5 10-45 11000-26000
Полоса: толщина, мм ширина, мм	3,0-8,0 100-300
Спецпрофиль обвязки рамы	по чертежам изготовителя
Механические свойства	
Временное сопротивление (σ_B), МПа, не менее	520
Предел текучести (σ_T), МПа, не менее	350
Относительное удлинение (δ_5), %, не менее	30
Ударная вязкость при температуре минус 60 °С (надрез KCU), Дж/см^2, не менее	29**
Твердость по Виккерсу (HV50), не менее	150*
Угол загиба на оправке диаметром равным толщине проката, градус, не менее	180*
Предел выносливости, σ_{-1}, МПа, не менее	220
Пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, K_{th}, при r = 0,2, Н/мм$^{3/2}$, не менее	200
Скорость роста трещины при коэффициенте интенсивности напряжений $K_1 = 2K_{th}$, мм/цикл, не более	10^{-5}
Свариваемость	
Точечная сварка: усилие отрыва (среза) точки, кН, не менее	6

Окончание таблицы А.2

1	2
Роликовая сварка: разрыва роликового шва, кН/см, не менее	6
Дуговая сварка: отношение механических свойств сварного шва к свойствам основного металла, не менее	0,95
Механические свойства при растяжении по отношению к основному металлу, не менее	0,9
Стойкость против охрупчивания сварных соединений при минус 60 °С (надрез KCU)), Дж/см^2, не менее	29**
Угол загиба на оправке диаметром равным толщине проката, градус, не менее	110** и 180*
Работа разрушения сварных модельных образцов при температуре минус 60 °С, кДж, не менее	200
Предел выносливости сварных модельных образцов при циклическом изгибе, $\sigma_{0,2}$, МПа, не менее	120
Механические свойства разнородных соединений по отношению к свойствам сварных соединений низколегированной стали, не менее	0,9
Коррозионная стойкость	
Скорость коррозии в атмосферных условиях при отсутствии точечной коррозии, мкм/год, не более	0,1
Скорость коррозии при переменном погружении в 3 % раствор хлора натрия, мкм/год, не более	1
Скорость коррозии при погружения в 2 % раствор серной кислоты, мкм/год, не более	1
Отношение скорости коррозии основного металла к скорости коррозии сварных соединений, не менее	0,9
Качество поверхности	
Цвет	серебристо-матовый
Разнотонность	не допускается*
Шероховатость поверхности, R_a, мкм, не более	0,63*
Группа качества поверхности по ГОСТ 5582	М2а*
* Длина толщины, равной или менее 2 мм. ** Для толщины, равной или более 5 мм.	

Т а б л и ц а А.3 - Технические требования к крупногабаритным полым панелям из алюминиевых сплавов для изготовления кузовов пассажирских вагонов и моторвагонного подвижного состава

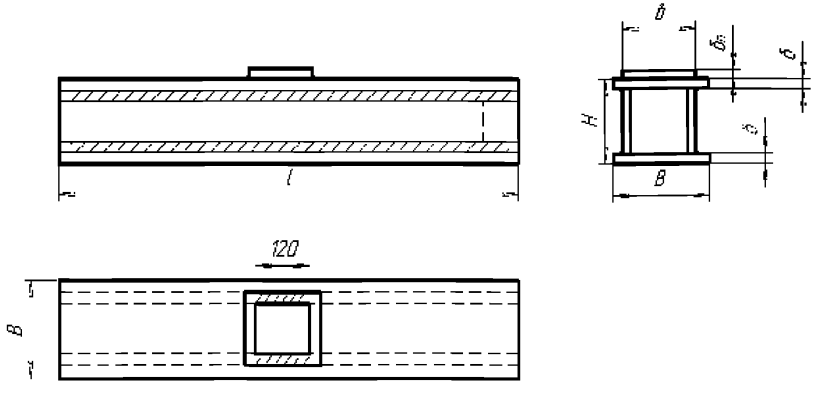
Наименование показателя	Величина показателя
1	2
Сортамент	
Ширина, мм, не более	800
Толщина панели, мм, не менее	20
Толщина стенки и ребер жесткости, мм, не менее	2+0,2
Длина панели, мм, не более	26000
Радиус кривизны в поперечном сечении (по наружному контуру), мм, не более	500

Окончание таблицы А.3

1	2
Механические свойства	
Временное сопротивление разрыву после естественного старения в течение 30 суток, σ_B, МПа, не менее	240
Предел текучести после естественного старения в течение 30 суток, $\sigma_{0,2}$, МПа, не менее	160
Относительное удлинение, σ_5 %, не менее	10
Ударная вязкость при температуре минус 60°С, надрез KCV, Дж/см^2, не менее	12
Предел выносливости при знакопеременном изгибе, σ_{-1}, МПа, не менее	80
Пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, K_{th} , при r = 0,2, Н/мм$^{3/2}$, не менее	100
Скорость роста трещины при коэффициенте интенсивности напряжений, равном $K_1 = 2Kth$, мм/цикл, не более	10^{-5}
Угол загиба на оправке диаметром равным 1,5 толщины стенки панели, градус, не менее	180
Свариваемость	
Аргонодуговая сварка плавящимся электродом	хорошая
Механические свойства при растяжения по отношению к основному металлу, относ. ед., не менее	0,9
Стойкость против охрупчивания сварных соединений, относ. ед., не менее	0,9
Предел выносливости при циклическом изгибе сварного модельного образца на базе 10^7 циклов (σ_r) при r = 0,2, МПа, не менее	120
Коррозионная стойкость	
Скорость коррозии в атмосферных условиях, мкм/год, не более	1
Скорость коррозии, в том числе питтинговой, при переменном погружении в 3 % р-р хлорида натрия в течение 30 суток, мкм/год, не более	50
Скорость коррозии, в том числе питтинговой, при погружении в 3 % р-р серной кислоты, мкм/год, не более	50
Скорость коррозии, в том числе питтинговой, при погружении в 1 % р-р едкого натра, мкм/год, не более	50
Скорость коррозии в моющих составах, разрешенных к применению (pH 4-8), мкм/год, не более	50
Отношение скорости коррозии сварного соединения и скорости коррозии основного металла, относ. ед., не менее	0,9
Качество поверхности	
Цвет	серебристый
Шероховатость поверхности, R_Z, мкм, не более	2

Приложение Б
(справочное)

Образцы для определения качества конструкционных материалов и их сварных соединений, рисунки, поясняющие методы испытания



Размеры балки, мм: H=160-180; B = 140-170; δ = 10-14
δ_n =10-12; l =1000-1250; b =110-140; l_b =900-1000

Рисунок Б.1 — Сварной модельный образец для испытания толстолистового проката на усталость и хладостойкость (балка коробчатого сечения)

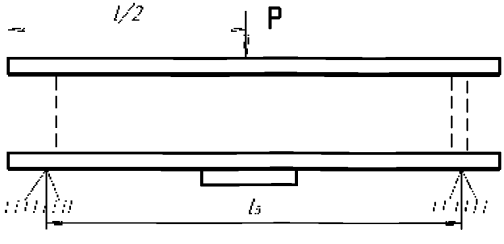


Рисунок Б.2 — Схема нагружения балки коробчатого сечения
P - место приложения нагрузки, l_b = (900-1000) мм

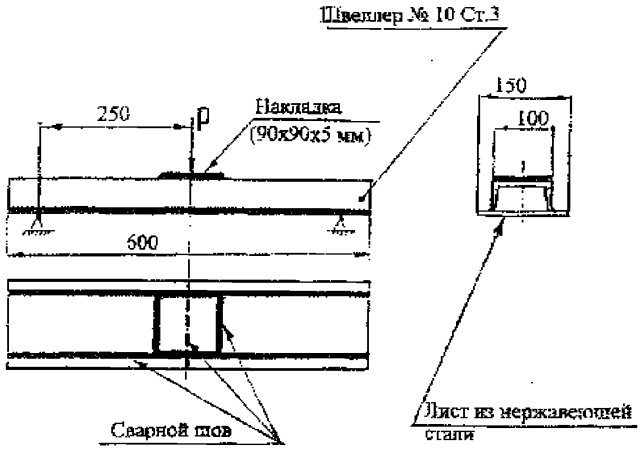


Рисунок Б.3 — Сварной модельный образец для испытания толстолистового проката на усталость и хладостойкость

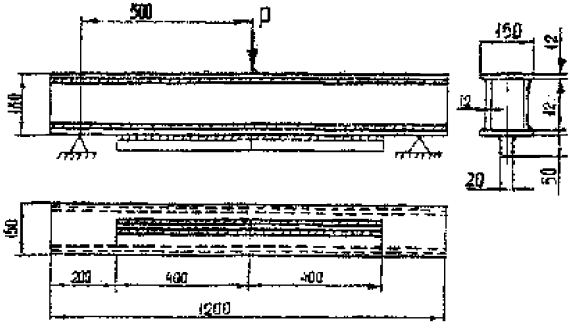


Рисунок Б.4—Сварной модельный образец коробчатого сечения с ребром жесткости для испытания на трещиностойкость и хладостойкость

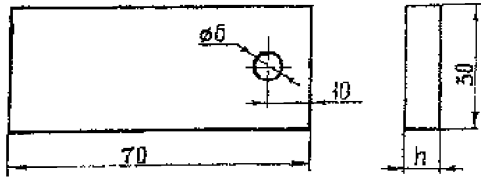
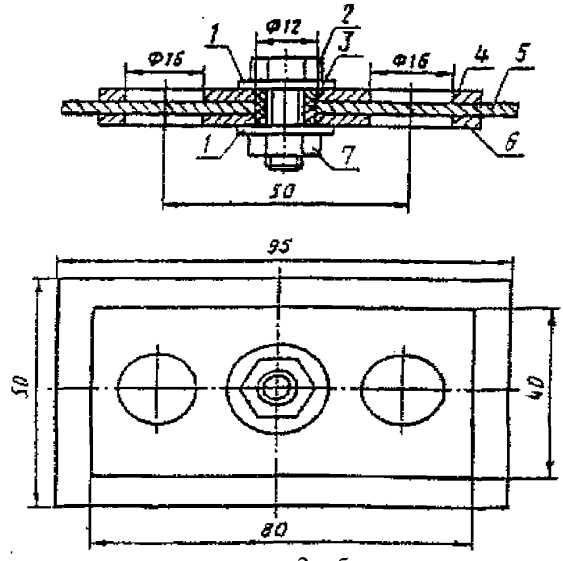
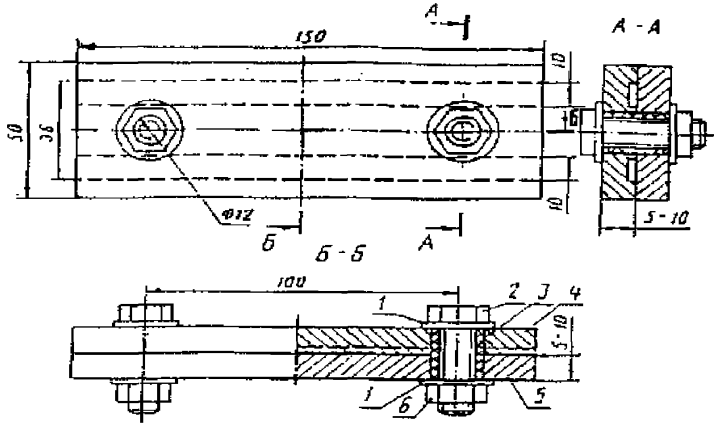


Рисунок Б.5— Образец для определения стойкости металлопроката к общей атмосферной коррозии



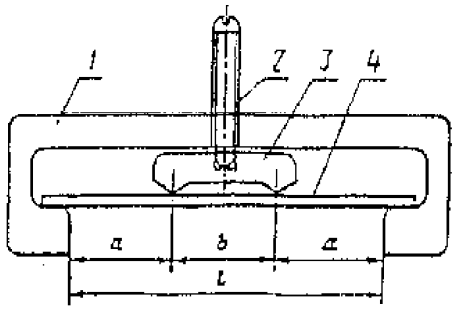
1- шайбы из органического стекла; 2—болт из нержавеющей стали; 3 - втулка из органического стекла; 4, 6 — образцы одного из контактируемых металлов; 5 — образец второго их контактируемых металлов; 7- гайка из нержавеющей стали

Рисунок Б.6—Образец (пакет) для испытания на контактную коррозию



1 — шайбы из органического стекла; 2 — болт из нержавеющей стали; 3 — втулка из органического стекла; 4 и 5 — образцы; 6 — гайка из нержавеющей стали

Рисунок Б.7 — Образец (пакет) для испытания на щелевую коррозию



1 — скоба; 2— шпилька; 3 — вкладыш; 4— образец

Рисунок Б.8 — Приспособление (скоба) для испытания на коррозионное растрескивание

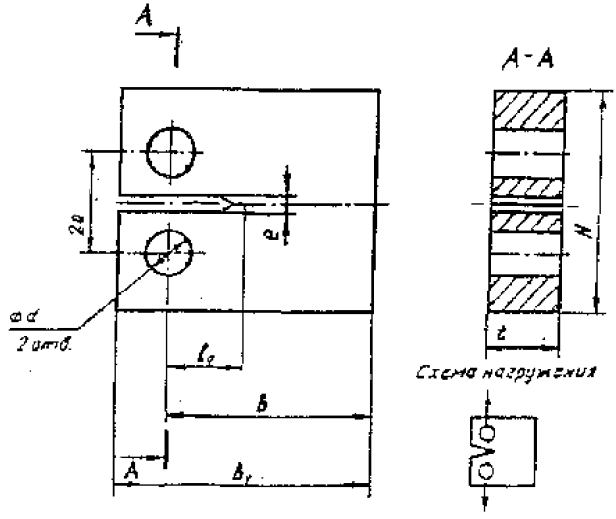


Рисунок Б.9 — Прямоугольный компактный образец с краевой трещиной для испытания на внецентренное растяжение (тип 3 по ГОСТ 25.506)

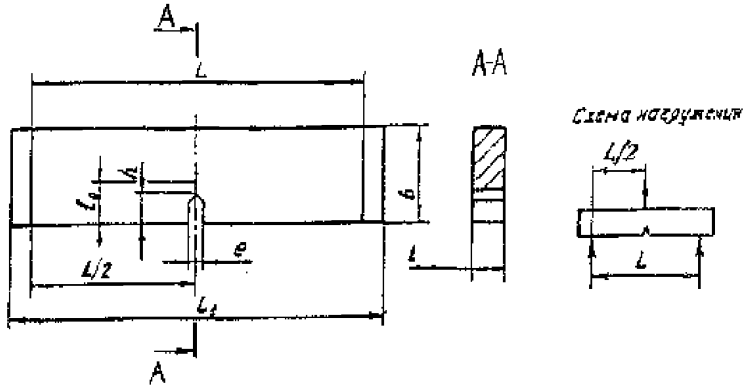
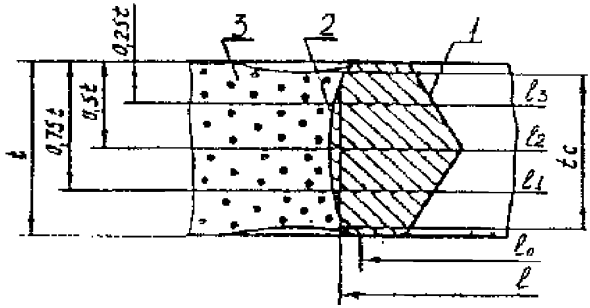


Рисунок Б.10 — Плоский прямоугольный образец с краевой трещиной для испытания на трехточечный изгиб (тип 4 по ГОСТ 25.206)



$$l = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3}$$

1 — граница надреза; 2— контур усталостной трещины;
3 - зона статического долома

Рисунок Б.11 - Схема излома и места замеров длины исходной трещины

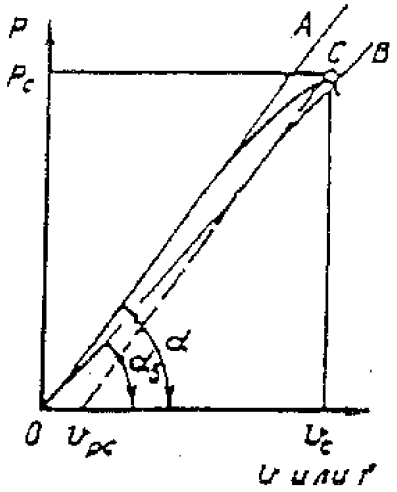
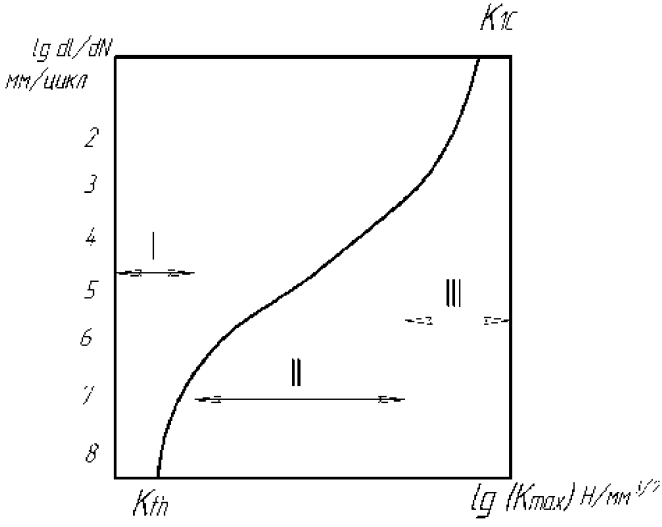


Рисунок Б.12 - Диаграмма разрушения образца



I — область медленного роста трещины;
II — область стабильного роста (Парисовский участок);
III— область критического роста трещины перед разрушением

Рисунок Б.13 - Диаграмма усталостного роста трещины (диаграмма Париса)

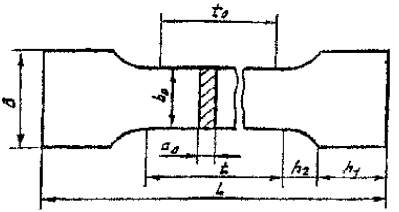


Рисунок Б.14 - Плоские образцы с головками (тип 1)

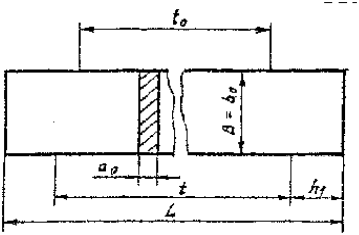


Рисунок Б.15 — Плоские образцы без головок (тип 2)

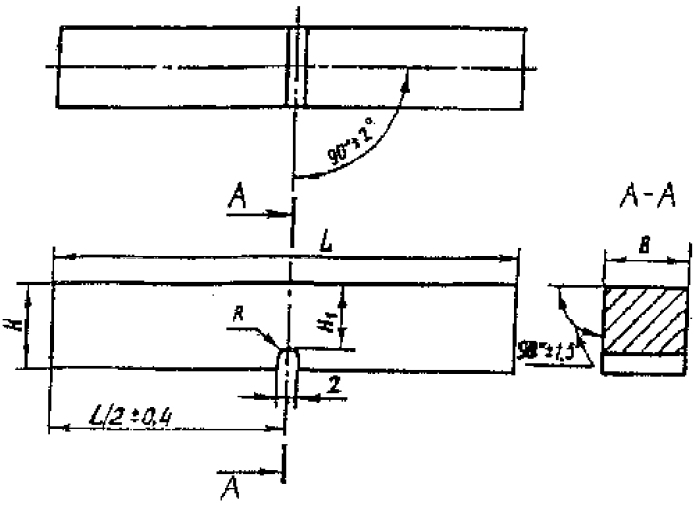


Рисунок Б.16 — Образец с концентратором типа U

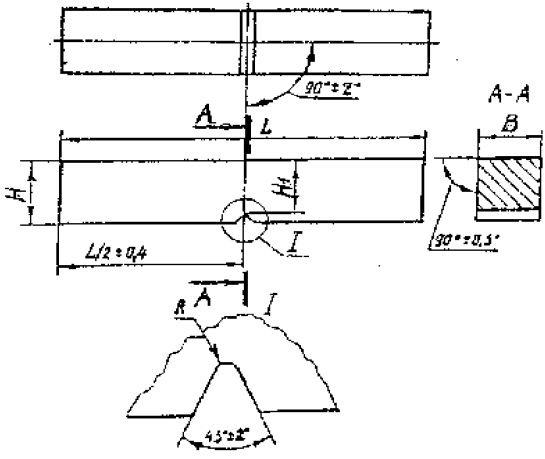


Рисунок Б.17 - Образец с концентратором типа V

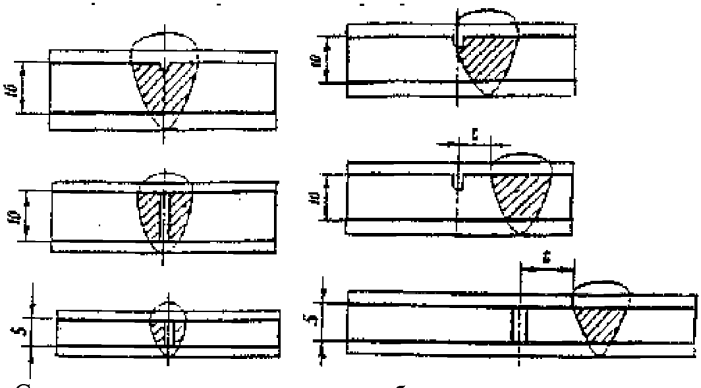
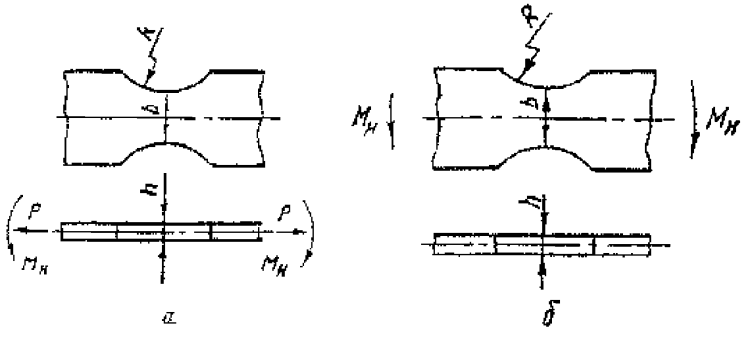


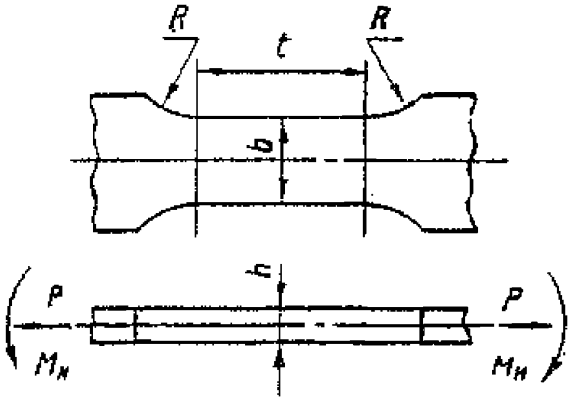
Схема расположения надреза на образцах со сварным швом, выполненным дуговой сваркой.

Рисунок Б.18 - дуговая сварка



Изгиб в плоскости размера «h»			Изгиб в плоскости размера «b»		
h	b	R	h	b	R
До 3,0 включ.	10 h	≥2 b	3,0-20,0	0,5 h–2 h	≥5 h
Св. 3,0 до 10,0 включ.	15÷30	≥2 b	3,0-20,0	0,5 h–2 h	≥5 h

Рисунок Б.19 - Рабочая часть образца типа III



h	b	t	R
До 3,0 включ.	10 h	5,65 $\sqrt{b \cdot h}$	≥2 b
Св. 3,0 до 10,0 включ.	15÷30	5,65 $\sqrt{b \cdot h}$	≥2 b

Рисунок Б.20 - Рабочая часть образца типа IV

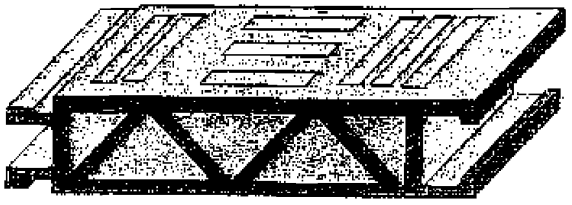
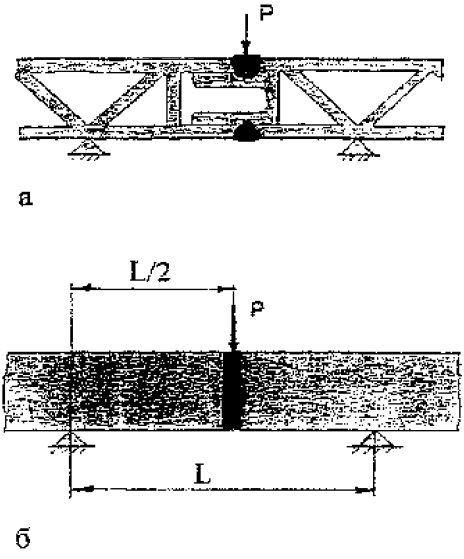


Рисунок Б.21 — Схема вырезки образцов из крупногабаритных алюминиевых панелей для испытания на растяжение



Рисунок Б.22 — Схема вырезки образцов для испытания на растяжение сварных соединений крупногабаритных алюминиевых панелей



а — в поперечном направления; б — в продольном направлении

Рисунок Б.23 - Схема приложения однократной и многократной нагрузки при испытании сварных соединений крупногабаритных алюминиевых панелей на хладостойкость и усталостную долговечность

Приложение
(справочное)

Библиография

[1] Закон Республики Казахстан «О железнодорожном транспорте» №266-II от 08.12.2001 года, изменения №414-II от 08.05.2003 года, №596-II от 09.07.2004

[2] Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог колеи 1520мм (несамоходных). ГосНИИВ - ВНИИЖТ, 1983

[3] Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств экипажной части моторвагонного подвижного состава железных дорог колеи 1520мм. 1997.

УДК 699.018+620.193.1 **МКС 45.040, 45.060**

Ключевые слова: материалы конструкционные, технические требования, методы контроля, пассажирские вагоны, моторвагонный подвижной состав

Басуға _____ж. қол қойылды Пішімі 60х84 1/16
Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «KZ Times New Roman»,
«Times New Roman»
Шартты баспа табағы 1,86. Таралымы ____ дана. Тапсырыс ____

«Қазақстан стандарттау және сертификаттау институты»
республикалық мемлекеттік кәсіпорны
010000, Астана қаласы
Есіл өзенінің сол жақ жағалауы, № 35 көше, 11 үй,
«Эталон орталығы» ғимараты
Тел.: 8 (7172) 240074

gost.e-ecolog.ru