STRENX®
PERFORMANCE STEEL

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЦЕПОВ

STRENX: БЛИЖАЙШИЙ ПУТЬ К ЭФФЕКТИВНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГРУЗОВ.

SSAB

Введение

Сталь является наиболее распространённым конструкционным материалом в мире. От других материалов сталь отличается невысокой стоимостью производства и может иметь различные характеристики, что делает её пригодной для применения в широком спектре областей с использованием различных технологий. Кроме того, сталь наиболее часто подвергается переработке для повторного использования: каждый год в мире перерабатывается больше стали, чем алюминия, бумаги, стекла и пластика вместе взятых. Археологические находки в Турции указывают, что история стали началась около 4000 лет назад. За это время немало усилий было приложено для создания прогрессивной высокопрочной стали, которая доступна для нас сегодня.

Конструкция и технология производства– аспекты, за счёт которых можно существенно улучшить транспортные средства, в частности грузовые автомобили и прицепы. Выбор материалов в значительной степени определяется этими аспектами и оказывает влияние на стоимость и эффективность данной продукции. С помощью прогрессивной высокопрочной стали могут быть разработаны более лёгкие решения, напрямую связанные с сокращением затрат и выбросов CO_2.

Прогрессивная высокопрочная сталь является естественным выбором для многих компаний, которые желают оптимизировать свою продукцию и повысить конкурентоспособность. Дальновидные компании за счёт использования прогрессивной высокопрочной стали занимают лидирующее положение в отношении технологического процесса, а также конструкции и материала предлагаемых изделий. Вместе с тем они пользуются преимуществами знаний и опыта, которые были получены на протяжении многолетней деятельности с традиционной сталью. Приняв решение использовать прогрессивную высокопрочную сталь, эти производители могут внедрить новые методы производства и передовые идеи в конструкцию своей продукции.

Компания SSAB всегда уделяет большое внимание поддержке своих заказчиков, благодаря чему они могут в максимальной степени использовать преимущества прогрессивной высокопрочной стали. Используя прогрессивную высокопрочную сталь, заказчики компании SSAB получают не только высококачественный материал, но и сотрудничество с партнёром, готовым делиться своими знаниями. Наши заказчики знают, какую продукцию они хотят получить. Мы оказываем им поддержку в применении и выборе стали с оптимальными характеристиками для проектирования и производства.

Этот документ будет интересен производителям прицепов, которые желают увеличить полезную нагрузку, уменьшить объём технического обслуживания, добиться более экономичного расхода топлива и длительного срока службы своей продукции, а также организовать эффективный и, вместе с тем, экологичный производственный процесс.

СОДЕРЖАНИЕ

Экономические и экологические аспекты применения прогрессивной высокопрочной стали для производства прицепов 4

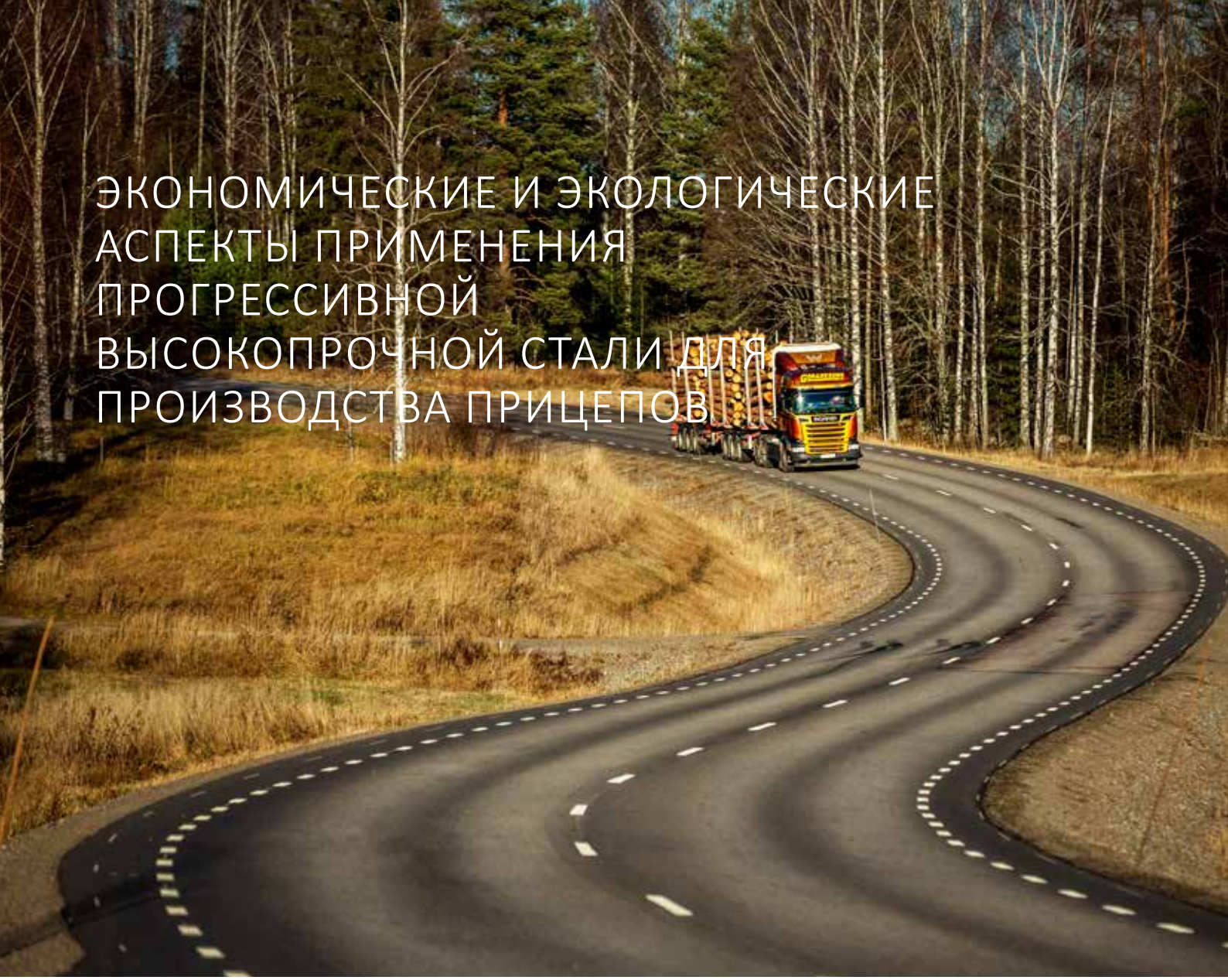
Проектирование 8

- ТИПИЧНЫЙ ПРОЦЕСС МОДЕРНИЗАЦИИ 9
- ЖЁСТКОСТЬ НА ИЗГИБ 10
- УСТОЙЧИВОСТЬ 10
- УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ 12
- НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ СЛОЖНОСТИ 13

Производство 18

- КАЧЕСТВО КРОМКИ 18
- ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ 18
- ПОДХОДЯЩИЕ МЕТОДЫ СВАРКИ 20

Информация на будущее 26



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРЕССИВНОЙ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРИЦЕПОВ

Известно, что более лёгкие и прочные прицепы из прогрессивной высокопрочной стали в значительной мере повышают экономическую эффективность грузовых автомобилей. Однако, помимо финансовых преимуществ, которые получают производители и эксплуатирующие организации, необходимо учесть также сокращение выбросов CO_2.

ПРЕИМУЩЕСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ПРИЦЕПОВ

Рассматривая экономические преимущества для производителя, важно принять во внимание все аспекты, определяющие экономичность производства. Непосредственное сравнение стоимости одной тонны различных марок стали не отражает действительные производственные затраты. Во многих случаях за счёт уменьшения толщины компонентов можно существенно уменьшить расходы не только на материал, но и на его обработку. Более высокая стоимость тонны прогрессивной высокопрочной стали не означает увеличения затрат, поскольку расход материала сокращается вместе с уменьшением веса изделий. Резка, гибка и сварка тонколистового материала также имеют экономические преимущества. Лазерная резка прогрессивной высокопрочной стали не отличается от резки мягкой стали, в то же время из-за меньшей толщины материала скорость процесса повышается. Сварка тонколистового материала во многих случаях более экономична по причине уменьшения объёма расходных материалов и повышения продуктивности работ. Применяя прогрессивную высокопрочную сталь с хорошими гибочными свойствами, также можно уменьшить количество сварных швов. Для гибки профиля из прогрессивной высокопрочной стали требуется такое же усилие, как и для обычной стали с учётом снижения толщины детали. Однако в процессе обработки требуется компенсировать более высокий по сравнению с обычной сталью эффект пружинения.

Для лучшего представления этих аспектов было выполнено сравнение производственных затрат с применением традиционной стали для грузовых платформ и более лёгкой прогрессивной высокопрочной стали. Для производства рассматриваемых в исследовании шасси прицепов использовались горячекатаные стандартизованные двутавровые балки, разрезанные и снова сваренные в области седельно-сцепного устройства для выполнения перехода по высоте лонжеронов. Поперечины выполнены из формованного профиля, приваренного к лонжеронам. Для поддержки пола использовался также боковой опорный профиль. Боковой направляющий профиль изготовлен из стандартизованных П-образных балок. Все компоненты были выполнены из стали марки S355. В облегчённом исполнении горячекатаная

двутавровая балка заменена лонжероном из сварного двутавра, изготовленного из прогрессивной высокопрочной стали. За счёт использования прогрессивной высокопрочной стали толщина всех основных несущих компонентов в конструкции шасси была уменьшена, что позволило облегчить шасси приблизительно на 1500 кг.

Помимо уменьшения веса, на 30% были сокращены производственные расходы (рис. 1). Было отмечено сокращение затрат на материалы, а также их резку и сварку. Вместе с тем наблюдалось незначительное повышение затрат на гибку: по конструкционным причинам использовался профиль с другим сечением, для производства которого требовалось больше гибочных операций. В итоге производитель получил 30%-ное сокращение расходов, которое, в сочетании с более привлекательной легковесной конструкцией, может быть использовано как значительное конкурентное преимущество. Следует также отметить, что в этом исследовании рассматривалось шасси, несущие компоненты которого были изготовлены, главным образом, из горячекатаного профиля. При сравнении традиционного шасси, изготовленного из сварных профилей, можно было бы добиться ещё большей экономии.

ПРЕИМУЩЕСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗЧИКА

Для перевозчика преимущества эксплуатации лёгких и прочных прицепов очевидны, поскольку существуют ограничения по нагрузке на ось. За счёт меньшего собственного веса прицеп каждый раз может перевезти больше груза. Во многих случаях уменьшается также расход топлива. Экономию топлива можно рассчитать традиционным методом: прибл. 0,55 л на 100 км пути для уменьшения веса на 1000 кг. Данные аспекты имеют непосредственное влияние на деятельность перевозчика. В зависимости от типа транспортного средства и способа его модернизации, с помощью прогрессивной высокопрочной стали можно добиться уменьшения веса конструкции на 500 – 2000 кг. Выбрав оптимальную марку прогрессивной высокопрочной стали, можно также сократить производственные расходы. Сочетая высокую прочность материала с его стойкостью к абразивному износу или коррозии, можно адаптировать автомобиль к тяжёлым условиям эксплуатации.

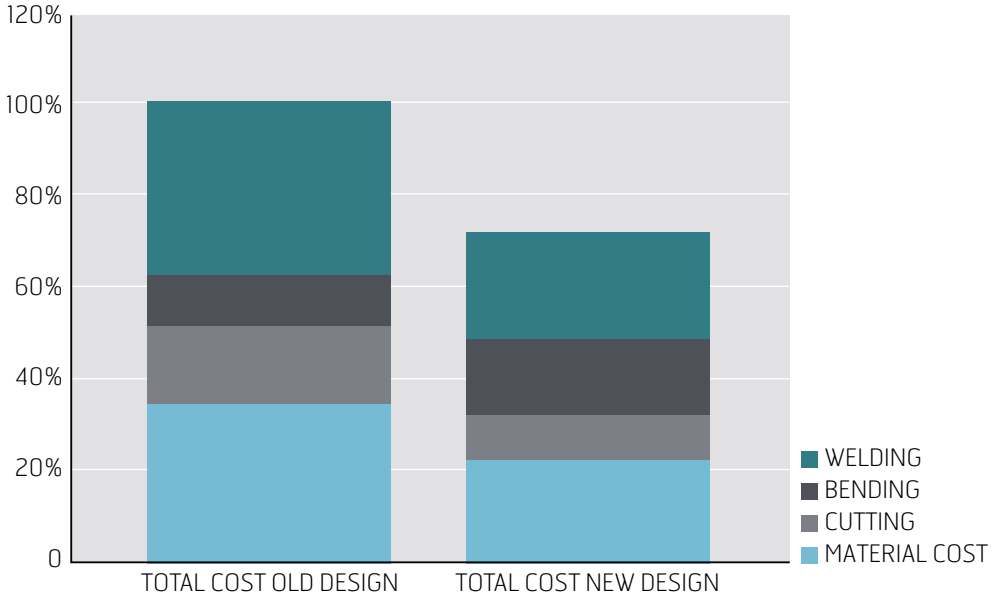
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В дополнение к экономической выгоде, более лёгкие транспортные средства оказывают меньшее воздействие на окружающую среду, экономично расходуя первичные энергоресурсы и уменьшая выбросы парниковых газов.

Анализу нередко подвергаются различные этапы жизненного цикла автомобиля. При сравнении модернизированного прицепа и прицепа традиционной конструкции, выполненного из обычной стали, большое внимание уделяется тому, какое влияние на окружающую среду оказывает производство стали, и сроку службы изделия. От последнего аспекта на 90% зависит то, насколько транспортное средство является экологичным.

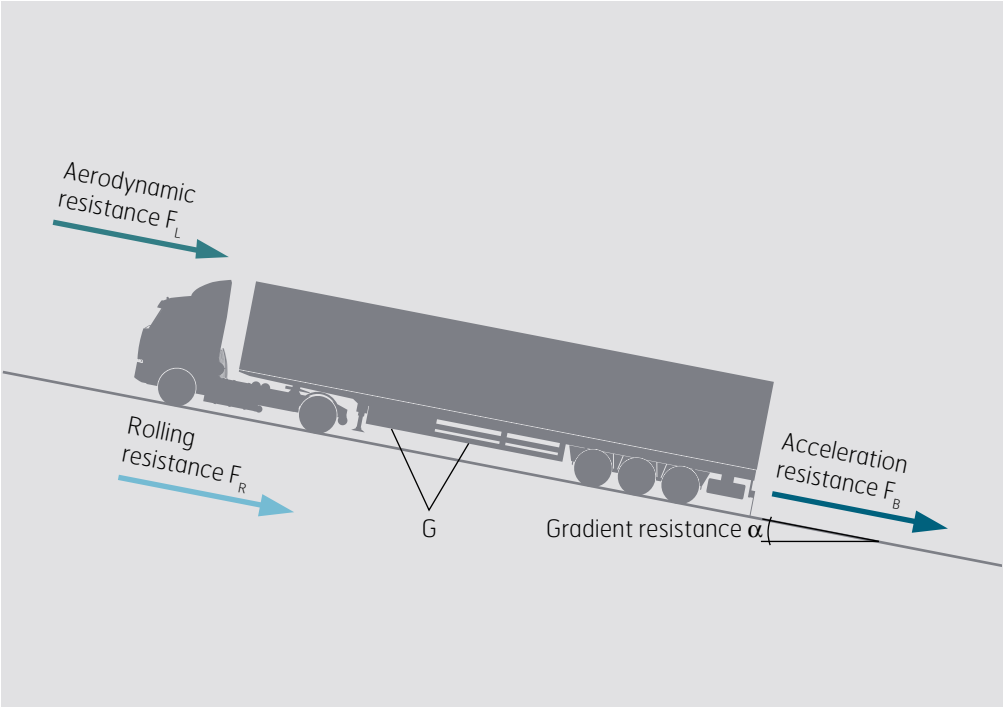
При рассмотрении срока службы с перспективы ограниченного по объёму груза принимается во внимание топливно-энергетический баланс автомобиля. Потребление топлива транспортными средствами определяется несколькими мешающими факторами, с которыми оно сталкивается во время эксплуатации. Рис. 2.

РИСУНОК 1 Сравнение производственных расходов на изготовление стандартного и легковесного шасси для прицепа, с учётом стоимости материала.



При использовании более тонкого материала уменьшаются затраты на резку и гибку. Поскольку расходуется меньшее количество стали, стоимость материала также уменьшается.

РИСУНОК 2 Обзор факторов, влияющих на расход топлива дорожными транспортными средствами.



F – общее сопротивление
ρ – плотность атмосферы
c_w – коэффициент аэродинамического сопротивления
A – площадь фронтальной поверхности
v – скорость
k_r – коэффициент сопротивления качению
m – вес
α – угол уклона
k_m – коэффициент сопротивления ускорению
a – ускорение

$$F_{wi} = F_R + F_L + F_{St} + F_B$$

$$F_L = \frac{\rho}{2} \bullet c_w \bullet A \bullet v_x^2$$

$$F_R = k_R \bullet m \bullet g \bullet \cos \alpha$$

$$F_{St} = m \bullet g \bullet \sin \alpha$$

$$G = m \bullet g$$

$$F_B = k_m \bullet m \bullet a_x$$

За исключением аэродинамического сопротивления, все мешающие факторы находятся в линейной зависимости от массы. Аэродинамическое сопротивление определяется размерами автомобиля и скоростью его движения. Таким образом, помимо массы, экономичность потребления топлива зависит от скорости, ускорения и рельефа (ровная или холмистая местность). На эти факторы значительное влияние оказывают дорожные условия и поведение водителя. В одинаковых дорожных условиях прослеживается линейная зависимость между потреблением топлива и весом транспортного средства, а потребление топлива при определённом весе сопоставляется с абсолютным весом автомобиля.

Транспортные средства, которые движутся с высокой постоянной скоростью, имеют высокое аэродинамическое сопротивление и низкое сопротивление ускорения, вес в этом случае влияет на экономичность в умеренной степени. Однако вес будет существенно влиять на экономичность медленных транспортных средств, которые часто делают остановки.

ПОЛУПРИЦЕПЫ

Автомобили с большими полуприцепами доминируют в сфере грузовых перевозок Европы и Соединённых Штатов. На них приходится значительная часть топлива, расходуемого в транспортной отрасли. В этой сфере за счёт уменьшения веса можно добиться как прямой, так и косвенной экономии. В случае, когда груз ограничен по объёму, более лёгкое транспортное средство расходует меньше топлива, если же имеются ограничения по весу, лёгкое транспортное средство может перевезти больше груза.

ГРУЗ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ОБЪЁМУ

Как отмечалось выше, в этом случае экономичность более лёгких транспортных средств в значительной степени зависит от дорожных условий. Объём потребления топлива автомобилем с полуприцепом в различных условиях приведён в таблице 1.

На примере 40-тонного полуприцепа с самосвальным кузовом можно рассмотреть, насколько расход энергоресурсов и объём выбросов зависят от веса транспортного средства. Предположим, что этот автомобиль перевозит ограниченный по объёму груз по автомагистралям и шоссе. Традиционно экономия топлива рассчитывается следующим образом: 0,055 л на 100 км пути для уменьшения веса на 100 кг. Предполагается, что пробег прицепа за весь период эксплуатации составляет 1,2 млн. км.

ГРУЗ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ВЕСУ

В случае ограничения по весу более лёгкое транспортное средство может перевезти дополнительный груз. В результате для транспортировки определённого количества материала требуется сделать меньше рейсов. Таким образом для груза с ограничением по весу экономия существеннее, чем для груза, ограниченного объёмом. В качестве примера рассчитано уменьшение расхода топлива и выбросов CO_2 для легковесного самосвала. Вес транспортного средства был уменьшен за счёт использования прогрессивной высокопрочной стали, в результате чего полезная нагрузка была увеличена на 1839 кг, см. таблицу 2. Таким образом, имея общий пробег 1,2 млн. км, за весь срок службы автомобиль может перевезти дополнительные 2 210 000 т груза на расстояние 1 км, что соответствует 76 550 полным загрузкам. При расходе топлива 40 л на 100 км, за период эксплуатации транспортного средства будет сэкономлено 30 620 л дизельного топлива, уменьшение выбросов CO_2 составит 81,4 т, а потребление первичной энергии будет сокращено на 316 МВт для каждого автомобиля.

ТАБЛИЦА 1 Расход топлива автомобилем со стандартным полуприцепом в различных дорожных условиях и экономия удельного расхода топлива при уменьшении веса транспортного средства.

Коэффициент загрузки	Общий вес (т)	Автомагистраль (л/100 км)		Шоссе (л/100 км)		Городская дорога (л/100 км)	
		Gabi[1]	NTM[2]	Gabi[1]	NTM[2]	Gabi[1]	NTM[2]
Порожний (0%)	14	23,6	22,6	22,7	23,0	35,4	28,8
Полностью загруженный (100%)	40	37,8	36,0	41,4	39,6	64,4	50,4
Экономия топлива при уменьшении веса ТС, (л/(100 км*100 кг уменьшения веса)).		0,052	0,049	0,069	0,061	0,107	0,080

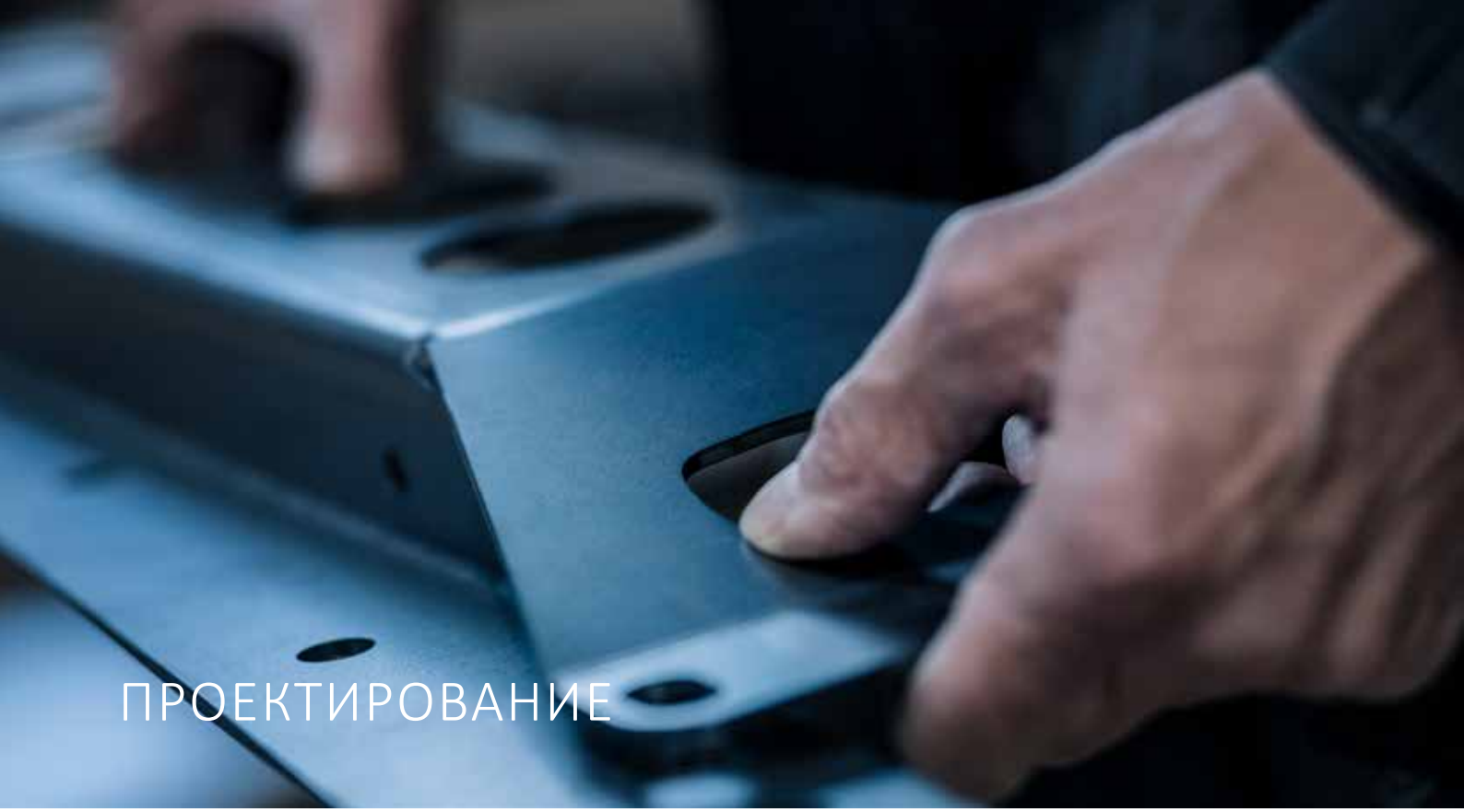
1) ПО Gabi LCA и база данных PE International, Лайнфельден-Эхтердинген, Германия.
2) Экологические данные NTM по европейскому международному грузовому транспорту, предварительный рабочий документ, версия от 22.12.2009, Network for transport and the Environment, NTM, Швеция.

ТАБЛИЦА 2 Пример модернизации полуприцепа с самосвальным кузовом.

Вес и снижение веса конструкции при переходе от стали Strenx 355 MC к Strenx 700 MC									
Изделие	Стандартное исполнение (кг)	После модернизации (кг)	УВ (кг)	УВ (%)	У выб. CO_2 Сталь (кг)	УТ (л/100 км)	У выб. CO_2 Обслуживание (кг/100 км)	У выб. CO_2 Срок службы 1,2x106 км (кг)	УЭ Срок службы 1,2x106 км (кВтч)
Шасси прицепа	1 109	676	433	39,0					
Дополнительные компоненты шасси	400	344	56	14,0					
Оси, колёса, тормоза, электрокомпоненты и др.	4 000	4 000	0	0					
Полуприцеп в сборе*	5 509	5 020	489	8,9	710	0,27	0,72	9290	36 570
Вес самосвального кузова	6 500	5 150	1 350	20,8					
Порожний самосвальный кузов полуприцепа в сборе*	12 009	10 170	1 839	15,3	3 200	1,01	2,69	32 550	140 000
Полезная нагрузка	26 991	28 830	+1 839	+6,8					
Загруженный самосвальный кузов полуприцепа в сборе*	39 000	39 000	-	-	3 200	0	0	84 650	330 730

УВ – уменьшение веса, У выб. CO_2 – уменьшение выбросов CO_2, УТ– уменьшение расхода топлива, УЭ – уменьшение расхода энергии.

* Экологические данные для груза с ограничением по объёму.
** Экологические данные для груза с ограничением по весу, коэффициент загрузки 100%.



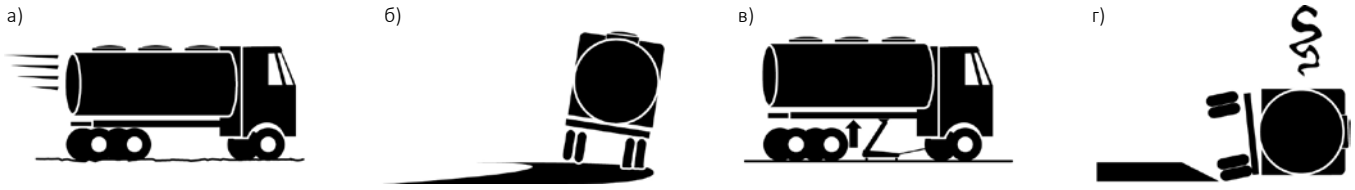
ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Как правило, производители проектируют прицепы на основе опыта и знаний, полученных на протяжении многолетней деятельности, и с учётом передовых технологий конечных пользователей. В целом, удачные решения могут использоваться также для легковесных транспортных средств, изготовленных с применением высокопрочной стали. С помощью прогрессивной высокопрочной стали можно разработать новые решения, однако для максимального использования её характеристик может потребоваться модификация конструкции.

Конструкция шасси прицепа включает две продольные балки, изготовленные из стандартизованного горячекатаного профиля или сварных двутавровых балок, а также ряд поперечных профилей. Для изготовления поперечин может использоваться открытый профиль, трубы или профиль коробчатого сечения. В зависимости от модели прицепа, в конструкции шасси также могут быть предусмотрены элементы для крепления пола и другой профиль. В области седельно-сцепного устройства, как правило, используется плита с усилительным профилем. Модернизация шасси имеет потенциал не только повышения статической несущей способности, но и улучшения таких характеристик, как усталостная прочность и устойчивость. Это означает, что решение для повышения имеющейся несущей способности является хорошей отправной точкой для оптимизации или улучшения других характеристик транспортного средства. Важно понимать, что неудачная конструкция или низкое качество производства способны свести на нет преимущества модернизации.

Для шасси, изготовленных из мягкой стали, расчётная нагрузка соответствует общей несущей способности, которая определяется необратимой деформацией, см. рисунок 3. Для легковесных шасси с уменьшенной толщиной компонентов и увеличенным рабочим напряжением расчётная нагрузка и срок службы определяются усталостной прочностью, упругим прогибом и устойчивостью конструкции.

РИСУНОК 3 Различные виды воздействия в процессе эксплуатации прицепа



Чтобы гарантировать успешную модернизацию прицепа, необходимо учесть все виды воздействия, возникающие в процессе его эксплуатации: а) большое количество циклов с низкой амплитудой; б) рабочие ситуации, вызывающие упругую деформацию; в) запас прочности, нет необратимых деформаций при максимальной нагрузке; г) устойчивость во время вождения.

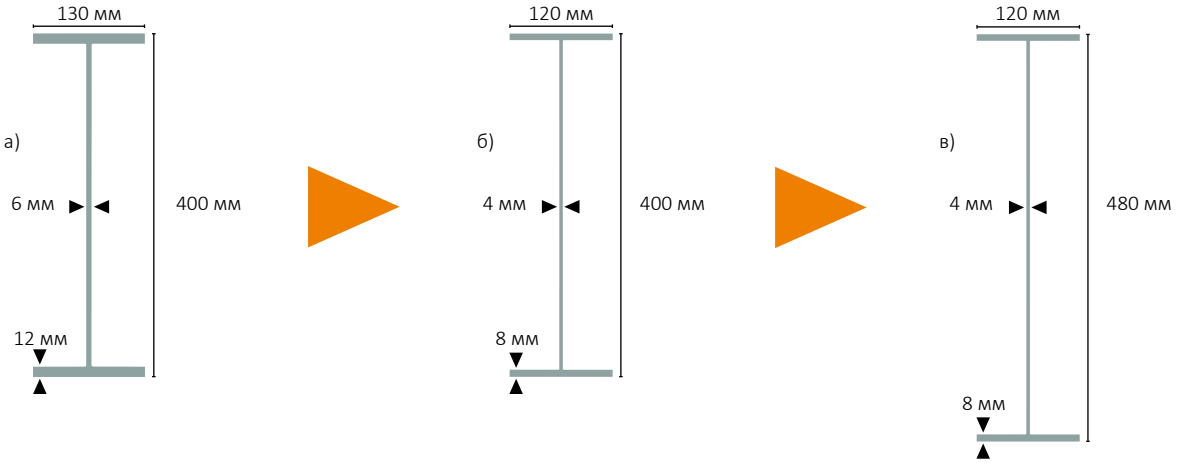
ТИПИЧНЫЙ ПРОЦЕСС МОДЕРНИЗАЦИИ

Для изготовления компонентов облегчённых шасси часто используется сталь Strenx 700 MC. В результате перехода с 09Г2С на сталь Strenx 700 MC вес несущих деталей шасси уменьшается приблизительно на 30%, а в некоторых случаях, в зависимости от конструкции, на 50%. В качестве примера рассчитано возможное уменьшение веса главной балки прицепа длиной 13,75 м при переходе с 09Г2С на сталь Strenx 700 MC. Была определена несущая способность имеющейся конструкции и предложена подходящая альтернатива из стали Strenx 700 MC, см. рисунок 4.

Общий вес несущих компонентов из обычной стали составил 1085 кг, а из стали Strenx 700 MC – 704 кг. То есть, вес был уменьшен на 381 кг или 35,2%. Эти данные следует воспринимать в качестве примера. В зависимости от типа транспортного средства, имеющихся требований и особенностей конструкции преимущества модернизации могут быть большими или меньшими, чем в приведённом выше примере. Расчёты учитывают только статическую несущую способность и являются хорошей основой для разработки конструкции облегчённого шасси.

В шасси стандартной конструкции использование для лонжеронов более прочной стали, чем Strenx 700 MC с целью повышения конструкционной прочности ограничено. Чтобы в максимальной степени использовать в шасси преимущества высокопрочной стали, требуется рассмотрение других концепций. При этом для некоторых специализированных прицепов оптимальным выбором может быть сталь более высокой прочности, например, Strenx 960. Подверженные износу или вмятинам полки лонжеронов и профили таких деталей, как задний бампер или перегородки могут быть выполнены из стали, которой характерна более высокая прочность или стойкостью к износу, например, Strenx 1100 или Hardox 450. В то же время, с помощью холоднокатаной стали Docol 1000 DP или Docol 1200 M можно существенно уменьшить вес элементов пола и других деталей шасси. Эти изделия могут быть изготовлены посредством гибки или – в случае больших партий – методом роликового формования либо штамповки.

РИСУНОК 4 Облегчённые решения для повышения несущей способности и жёсткости на изгиб.



Обзор свойств и возможностей уменьшения веса лонжерона традиционной конструкции (а) и облегчённых альтернатив (б) и (в) из стали Strenx 700 MC.

	Традиционная конструкция (а)	Облегчённая конструкция (б)	Облегчённая конструкция (в)
Марка стали	S355	Strenx 700 MC	Strenx 700 MC
Вес, m (кг/м)	42	27	30
Максимальный изгибающий момент, M (кНм)	286	306	369
Момент инерции, I ($м^4$)	140 E–06	93E–06	140E–06
Момент сопротивления сечения, W [$м^3$]	72E–05	46E–05	58E–05
Уменьшение веса, WR (%)	–	36	30

ЖЁСТКОСТЬ НА ИЗГИБ

Нередко жёсткость на изгиб в вертикальном направлении воспринимается как ключевая характеристика облегчённых прицепов, выполненных из высокопрочной стали. На некоторых рынках упругий прогиб транспортного средства по отношению к дорожному просвету регулируется предписаниями, однако в большинстве случаев он ограничивается функциональностью изделия. То есть, прогиб шасси прицепа не должен вызывать проблем с открыванием и закрыванием дверей. Также во время загрузки должен присутствовать достаточный зазор между компонентами автомобиля и прицепа в области пятого колеса. Выбор материалов может быть ограничен требованиями, регулирующими упругий прогиб некоторых прицепов специального назначения, например, низкорамных.

Поскольку все марки стати имеют одинаковые модули упругости, жёсткость на изгиб определяется геометрией поперечного сечения балки. Другими словами, жёсткость на изгиб изделий с одинаковой внешней геометрией уменьшается вместе с уменьшением толщины профиля. Жёсткость на изгиб шасси прицепа в вертикальном направлении определяется геометрией лонжеронов. Повысить недостаточную жёсткость на изгиб можно посредством увеличения высоты поперечного сечения.

Увеличение высоты балки является наиболее эффективным способом повышения жёсткости. Если высота балки ограничена, жёсткость на изгиб можно повысить путём увеличения ширины полки, см. рисунок 5. Данный метод может использоваться также для уменьшения рабочего напряжения в критических областях и повышения жёсткости балок в поперечном направлении. Благодаря современным методам производства ширина полки может быть адаптирована по длине балки в соответствии с распределением нагрузки. Однако из-за уменьшения толщины полки ширина может быть увеличена только до определённой степени, иначе на сжатой стороне полка будет слишком тонкой, и может возникнуть местное смятие, что ограничит эффективное использование материала полки. Если балка прицепа имеет слишком большую высоту, увеличение высоты и уменьшение толщины ребра может быть затруднено ограниченной устойчивостью тонкой стенки к местному смятию. Аспект ограниченной стабильности и метод расчётов описываются далее в Справочнике по листовой стали SSAB[1].

УСТОЙЧИВОСТЬ

Общая устойчивость транспортного средства на дороге и самосвального прицепа при разгрузке зависит от ряда факторов, один из которых – жёсткость шасси на кручение. Это требуется принять во внимание при модернизации шасси прицепов с самосвальным кузовом и прицепов другого типа, подверженных значительной крутящей нагрузке. Жёсткость шасси на кручение определяется его конструкцией, а также расположением поперечин и наличием диагональных стяжек. Уменьшение толщины ребра лонжерона имеет ограниченный эффект, в то время как уменьшение толщины поперечин оказывает значительное влияние на показатели жёсткости шасси на кручение. Чтобы избежать проблем со устойчивостью, можно внести изменения в конструкцию, которые обеспечат жёсткость на кручение на прежнем или более высоком уровне.

Жёсткость на кручение можно значительно улучшить, применяя для поперечин профиль с закрытым сечением, см. рисунок 6. Для оптимизации использования материала не менее важно положение поперечин. Перераспределение либо применение одной или двух дополнительных поперечин оказывает влияние на общую жёсткость на кручение. В общем случае поперечины должны быть сконцентрированы по направлению к задней части шасси. Однако на практике данное правило зачастую используется чрезмерно, и перемещение поперечин либо применение дополнительных в стратегически важных областях передней части может значительно улучшить характеристики транспортного средства. Поскольку небольшой поворот передней части выражается в значительном смещении задней, повышение жёсткости на кручение спереди в целом улучшает управляемость автомобиля.

Ещё одной эффективной мерой является использование диагональных стяжек. Для оптимального использования материала стяжки должны быть спроектированы так, чтобы растягивающую нагрузку несла только одна стяжка, а другая в это время сгибалась. Это означает, что стяжки должны быть достаточно тонкими и располагаться без сварного соединения в центре. Чтобы оценить эффективность этих мер, угол перекоса был сопоставлен с крутящим моментом, применённым к задней части обычного шасси с самосвальным кузовом. Хотя была проведена оценка конкретного случая, результаты ясно продемонстрировали влияние принятых мер на жёсткость шасси на кручение. Во всех расчётах общая масса поперечин была одинаковой. То есть, при использовании профиля с закрытым сечением его толщина была уменьшена. Результаты показывают, что с уменьшением толщины стенки жёсткость на кручение незначительно уменьшилась по сравнению с исходным исполнением. Вместе с тем, при использовании трубы для поперечин или диагональных стяжек жёсткость была существенно улучшена.

1. Справочник по листовой стали компании SSAB, ISBN 978-91-978573-1-4.

РИСУНОК 5 Для повышения жёсткости и сопротивления изгибу в критических областях может использоваться полка с переменной шириной.

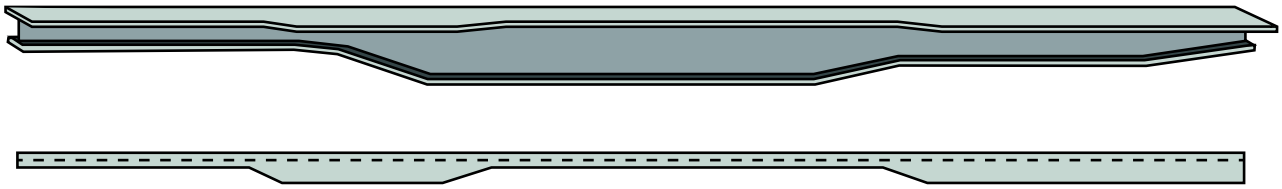
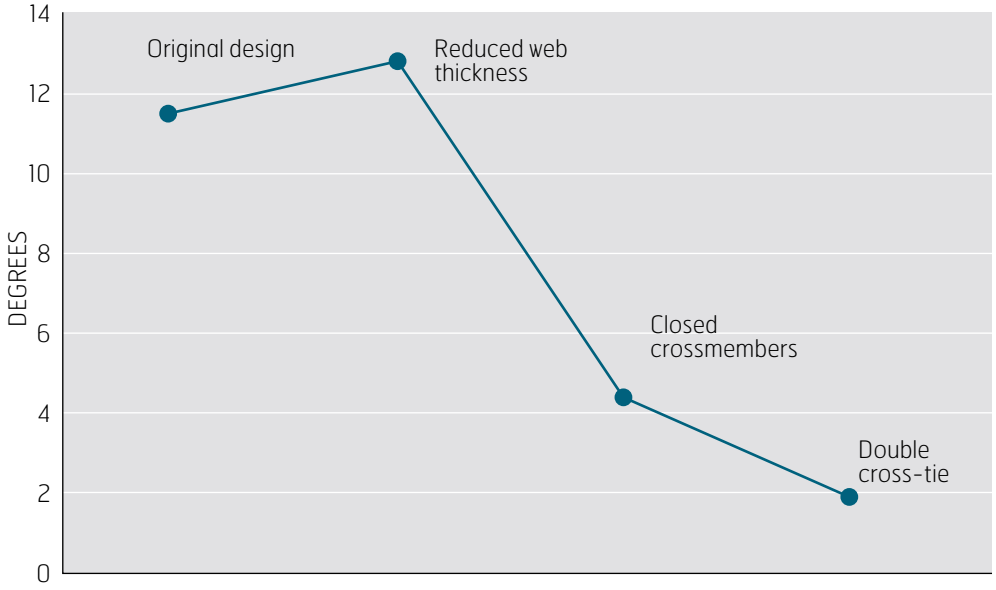


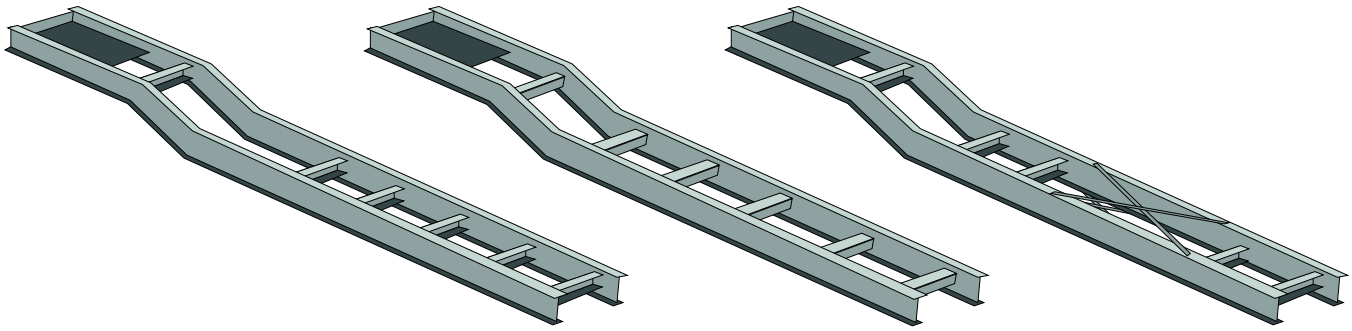
РИСУНОК 6 Сопротивление шасси кручению: с поперечинами открытого сечения, с поперечинами закрытого сечения, с диагональными стяжками.



Исходная конструкция

Поперечины закрытого сечения

Двойные диагональные стяжки



УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ

Во время вождения и в процессе погрузочно-загрузочных работ все прицепы подвержены усталостной нагрузке. Срок службы шасси прицепа определяется историей нагрузок, которые могут иметь различную интенсивность и частоту. При этом, история нагрузок зависит от типа прицепа, дорожных условий и перевозимых грузов. При использовании прогрессивной высокопрочной стали для модернизации шасси прицепа конструкционные детали, как правило, изготавливаются из листовой стали меньшей толщины. За счёт уменьшения толщины листа повышается уровень рабочего напряжения всего шасси. Вместе с использованием более прочной стали усталостная прочность базового материала повышается. Для сварных соединений эта зависимость ограничена наличием концентраторов напряжения и технологическими дефектами. Это означает, что усталостная долговечность сварных соединений в большей степени определяется конструкцией и качеством исполнения, нежели выбором материалов. При использовании прежней компоновки сварных соединений и качества их исполнения усталостная прочность шасси будет уменьшена.

УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ

Выносливость материала представляется кривыми, составленными на основании результатов тестирования образцов при использовании истории нагрузки с постоянной амплитудой. Образец подвергается одинаковой повторяющейся нагрузке вплоть до разрушения. После испытания нескольких образцов с применением различной нагрузки может быть составлена кривая усталости. На рисунке 7 слева вверху кривая демонстрирует, что выносливость материала определяется его статическими характеристиками. В нижней части рисунка 7 выносливость материала определяется наличием, размерами и формой дефектов поверхности. Дефектами поверхности могут быть микровключения , образовавшиеся в процессе прокатки листа, дефекты при обрезке кромок, просверленные отверстия, царапины и сварные соединения. Они указаны в порядке влияния на выносливость.

ПОЧЕМУ СВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЯВЛЯЕТСЯ КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТЬЮ?

По причине острой геометрии и остаточного термического напряжения, полученного в процессе сварки, сварные соединения имеют меньшую выносливость по сравнению с базовым материалом. Обычно выносливость сварных соединений рассматривается в рамках микроструктуры, термического воздействия и твёрдости, однако основными причинами уменьшения их прочности являются дефекты и местные концентраторы напряжения. Все методы последующей обработки сварных соединений ориентированы на улучшение геометрии и уменьшение остаточных напряжений. Для повышения выносливости соединения должны иметь плавный радиус перехода ив зоне сплавления сварного шва, см. рисунок 8.

НАЧАЛО И КОНЕЦ СВАРНОГО ШВА

Сварка не является непрерывным процессом, а начало и конец шва считаются критическими участками для усталостной прочности сварного соединения, поскольку риск дефектов и посторонних включений в этих областях выше. По причине ограниченной длины прихваточный шов имеет меньшую выносливость по сравнению со сварными швами большей длины. Прихваточный шов следует размещать в областях с небольшой нагрузкой и как можно меньше использовать для продольных балок. Область между верхней полкой и ребром менее чувствительна к наличию прихваток, поскольку она в большей степени подвержена напряжению сжатия. Сварные соединения необходимо проектировать так, чтобы начало и конец шва находились в области с низким напряжением. В некоторых случаях для смещения начала и конца шва от областей с наибольшим напряжением (например, конца усилительной пластины) швы могут быть выполнены в форме рыбьего хвоста, см. рисунок 9.

РИСУНОК 7 Кривые усталости образцов листовой катаной стали с пробивным отверстием и сварным соединением.

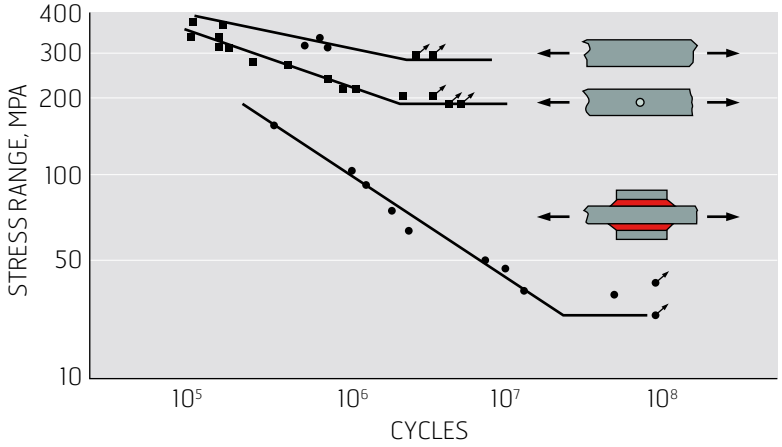
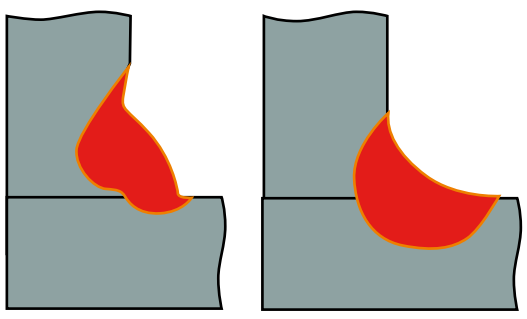


РИСУНОК 8 Острая и гладкая геометрия сварного соединения.



K_1=5,6 K_1=1,6

ПОПЕРЕЧНОЕ И ПРОДОЛЬНОЕ УСТАЛОСТНОЕ НАГРУЖЕНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Дефекты сварного соединения ориентированы по направлению сварки и проходит по корню и наружной поверхности сварного шва. В случае параллельно направленного основного напряжения дефекты сварного шва оказывает небольшое влияние на выносливость сварного соединения. В то же время, поперечные напряжения значительно уменьшают выносливость соединения. Например, усталостная долговечность кронштейна, приваренного к нижней полке, составляет менее 5% данного показателя у сварного соединения между ребром и полкой.

ИСТОРИЯ НАГРУЖЕНИЯ

История нагружения прицепов имеет достаточно нерегулярный характер, на протяжении всего срока службы прицеп подвергается приблизительно 10^8–10^9 циклам нагружения. Даже если большая часть циклов имеет незначительную амплитуду, они сочетаются с другими циклами, оказывая потенциально критическое влияние на усталостную прочность. Цикл с большой амплитудой можно воспринимать, как средство зарождения, а с малой амплитудой – как средство распространения трещины. Из-за сочетания этих эффектов предел выносливости, свойственный для постоянного спектра нагрузок, не актуален для прицепов. Исключением является случай, когда все нагрузки в истории прицепа меньше предела выносливости. Поэтому важно, чтобы сварные соединения, расположенные в области высокого напряжения (например, соединения с продольной нагрузкой), имели высокую выносливость. Сварные соединения с меньшей выносливостью должны находиться в областях низкого напряжения (например, возле нейтральной зоны ребра лонжерона).

В качестве примера можно привести сравнение для альтернативной конструкции кронштейна, приваренного к балке, подверженной изгибу в вертикальном направлении. При общей изгибающей нагрузке максимальное напряжение воздействует на полки лонжерона, одна полка работает на сжатие, вторая на растяжение, равнодействующая в нейтральной зоне равна нулю. На рисунке 10 (а) кронштейн приварен возле полок, начало и конец шва расположены в наиболее нагруженной области балки. На рисунке 10 (б) конструкция изменена, и кронштейн закреплён электрозаклёпкой рядом с нейтральной зоной. В результате напряжение сварного соединения было уменьшено на 50%, что увеличило усталостную долговечность конструкции в 8 раз по сравнению с прежним исполнением.

НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ СЛОЖНОСТИ

В ситуациях, когда для уменьшения веса конструкций осуществляется переход от традиционного материала к прогрессивной высокопрочной стали, нередко возникают сложности, избежать которых можно, применив достаточно простые меры. Первый и наиболее важный совет – сохранять конструкцию как можно более простой. Для интеграции компонентов с небольшим количеством сварных соединений рекомендуется до минимума сократить число деталей и использовать современные методы производства. Для изготовления лонжерона рекомендуется использовать цельную полосу без стыков для полок и ребра. Такое решение уменьшает количество сварных соединений, в частности поперечных, что имеет значение для обеспечения высокой усталостной прочности.

Для рёбер и полок лонжерона часто используются усилительные пластины с целью повышения несущей способности и жёсткости шасси. Такое решение может улучшить статические характеристики, однако для усталостной прочности оно приносит больше вреда, чем пользы.

Если лонжерон изготовлен из целиковых полос без усилительных пластин, усталостная прочность определяется качеством продольного сварного соединения лонжерона. При загрузке прицепа нижняя полка подвергается продольным растягивающим напряжениям, действующим параллельно сварному шву. В случае, когда к нижней полке приварен усилитель, возникает поперечная нагрузка на сварное соединение, которая уменьшает усталостную прочность как минимум в 8 раз, см. рисунок 11.

РИСУНОК 9 Для смещения начала и конца шва от областей с высоким напряжением швы могут быть выполнены в форме рыбьего хвоста.

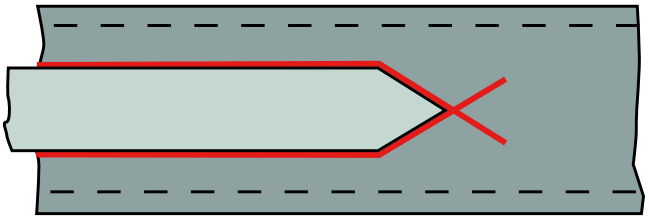
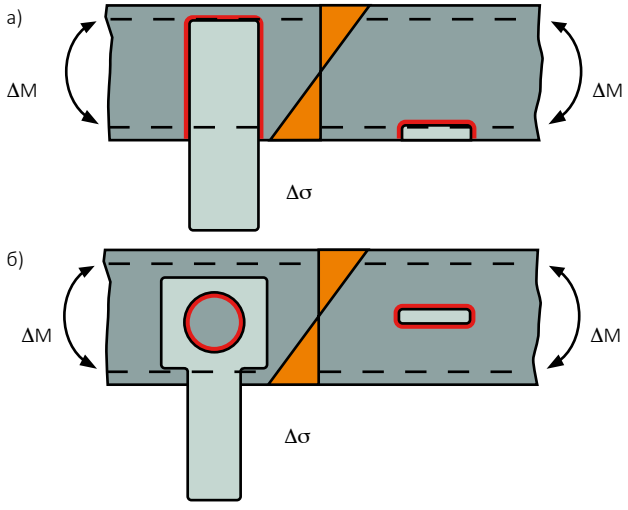


РИСУНОК 10 За счёт перемещения сварных соединений в область с низким напряжением увеличивается усталостная долговечность.



Кроме того, усилитель на полке или ребре лонжерона создаёт концентратор напряжения на сварном соединении, поскольку в этой области появляется ступенька. Таким образом, данное сварное соединение ограничит усталостную долговечность шасси и может привести к разрушению обновлённой конструкции в области высоких рабочих напряжений.

КРОНШТЕЙН ОПОРНОГО МЕХАНИЗМА

Гусячная часть является одной из критических областей шасси прицепа. Из-за перехода по высоте лонжерона здесь возникают напряжения. Данное обстоятельство не оказывает значительного влияния на несущую способность прицепа, однако его требуется учесть при проектировании вспомогательных конструкций, например, кронштейна опорного механизма.

Если механизм опускания и подъёма опорных стоек должен быть приварен к полкам, точка сварки окажется в наиболее подверженной напряжению области сечения балки. При переносе кронштейна на ребро сварное соединение будет смещено в область меньшего напряжения, см. рисунок 12. Это в значительной мере повысит усталостную долговечность сварного соединения, см. пример A.

РИСУНОК 11 Накладки, приваренные к нижней полке, существенно понижают усталостную прочность.

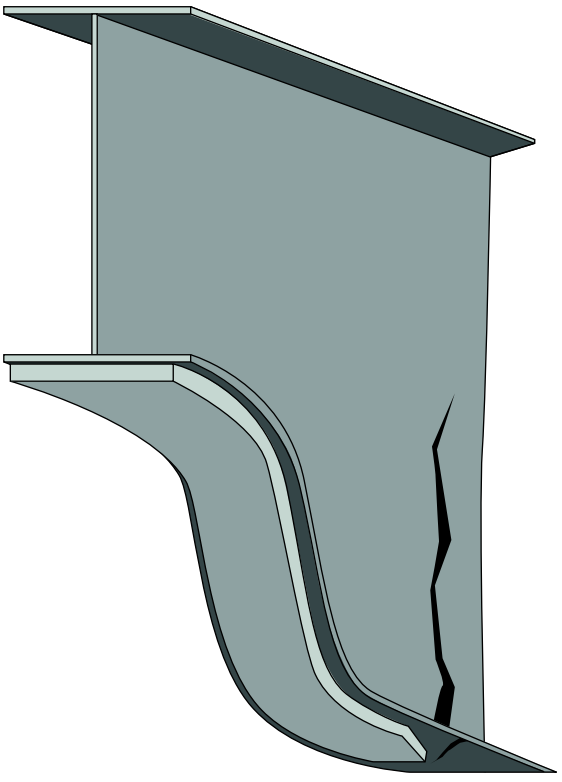
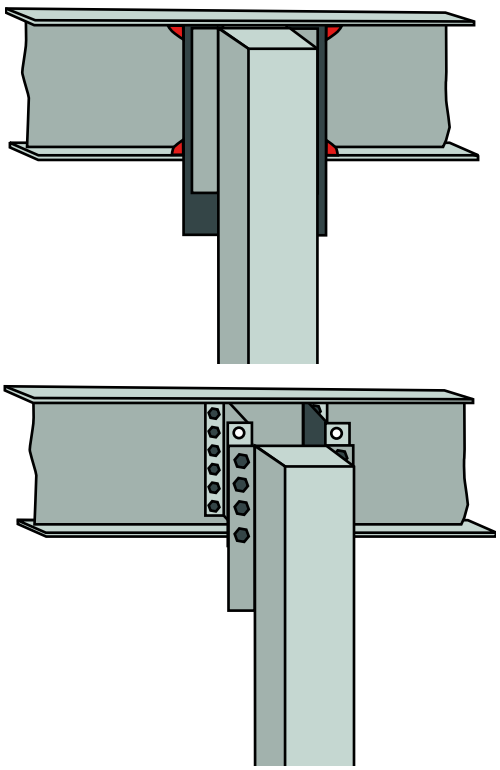


РИСУНОК 12 Для повышения усталостной долговечности кронштейна опорного механизма крепление должно располагаться рядом с нейтральной зоной лонжерона. Болтовое соединение значительно повысит усталостную прочность соединения.



ПРИМЕР А

В шасси прицепа традиционной конструкции кронштейн опорного механизма обычно приваривается к накладке, закреплённой на нижней полке в области гусячной части, см. рисунок 13. В этом случае сварное соединение кронштейна и накладки находится в критической области с точки зрения усталостной прочности. В облегчённых шасси с уменьшенной толщиной деталей рабочее напряжение повышается. Таким образом, без адаптации конструкции изделие будет иметь меньшую усталостную долговечность. Данный пример демонстрирует, как на усталостную долговечность влияет изменение конструкции крепёжного кронштейна.

Расчёты проведены для лонжерона традиционного исполнения из мягкой стали (а) и альтернативной версии из прогрессивной высокопрочной стали (б), см. рисунок 14. Предполагается, что в шасси традиционного исполнения усталостная долговечность сварного соединения составляет 16 лет. Также предполагается, что в шасси модернизированной конструкции крепёжный кронштейн приварен непосредственно к нижней полке без использования накладки. Номинальное напряжение от изгиба балки выражено формулой

$$\sigma = \frac{M_B}{W}$$

Момент инерции второго порядка I и момент сопротивления сечения W определяются теоремой Штейнера или рассчитываются с помощью системы автоматизированного проектирования. В обоих случаях напряжение может быть определено следующим образом.

$$\sigma_b = \frac{M_B}{W_b}, \quad \sigma_a = \frac{M_B}{W_a} \qquad \sigma_b = \frac{\sigma_a W_a}{W_b} = \frac{\sigma_a \cdot 685\,000}{348\,000} = \sigma_a \cdot 2$$

Расчёты показывают, что напряжение на критическом сварном соединении традиционного шасси составляет 100 МПа. В модернизированной версии это значение составляет 100 · 2 = 200 МПа. Отношение усталостной долговечности к применённому напряжению выражено степенью 3. Соответственно уменьшение усталостной долговечности критического сварного соединения усовершенствованной версии:

$$\left(\frac{\sigma_b}{\sigma_a}\right)^3 = 2^3 = 8$$

Это означает, что в шасси усовершенствованной конструкции усталостная долговечность критического сварного соединения будет уменьшена с 16 до 2 лет!

При изменении места сварного соединения в соответствии с рисунком 10 в предыдущем разделе и устранении критического соединения фактором, определяющим усталостную прочность, будет продольное сварное соединение между полкой и ребром лонжерона. Прочность продольного соединения значительно превосходит прочность поперечного соединения. Сравнив усталостную прочность этих сварных соединений, можно увидеть, что у критических соединений она составляет 63 МПа, тогда как у продольных швов – 125 МПа, см. рисунок 15. Это означает, что продольные сварные соединения в два раза более устойчивы к напряжению по сравнению с поперечными.

Вместе с двукратным увеличением рабочих напряжений в обновлённых лонжеронах, за счёт изменения конструкции усталостная прочность критических сварных соединений была улучшена в 2 раза. Таким образом, усталостная долговечность прежнего исполнения была сохранена.

РИСУНОК 13 Крепление кронштейна опорного механизма приварено к накладке нижней полки лонжерона прицепа традиционной конструкции.

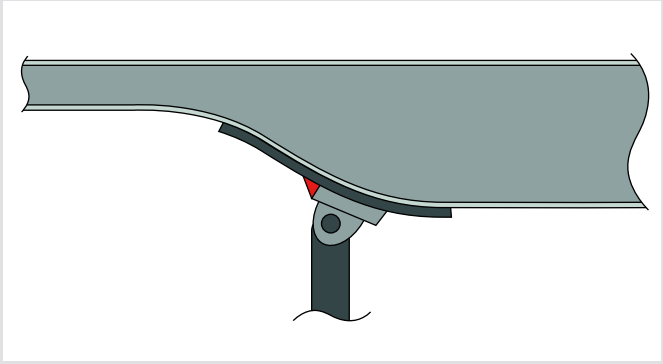
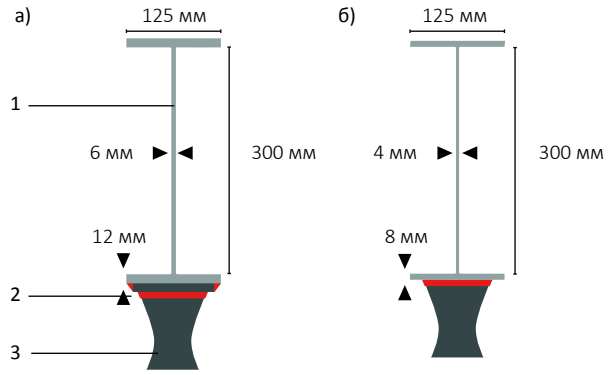


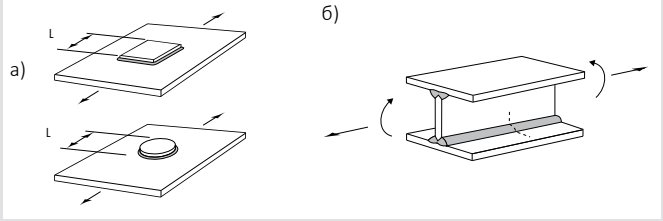
РИСУНОК 14 Геометрия и свойства главных балок традиционной (а) и модернизированной (б) конструкции, вместе с расчётами.



Момент инерции: I_a = 87E-06 м^4, I_b = 52E-06 м^4
Момент сопротивления сечения: W_a = 685E-06 м^3, W_b = 348E-06 м^3

1. Лонжерон
2. Накладка
3. Кронштейн опорного механизма

РИСУНОК 15 Номинальная усталостная прочность (FAT) сварных соединений, подверженных поперечной (а) и продольной (б) нагрузке



FAT 63 FAT 125 MPA

КРЕПЛЕНИЕ ПЕРВОЙ ЗАДНЕЙ ОСИ

Место расположения кронштейна подвески является критическим так же, как и гусячная часть. Помимо вертикального изгибающего усилия здесь присутствуют поперечные нагрузки. По причине высокого напряжения важно избегать сварных соединений на краю полок.

Чтобы уменьшить перепад по жёсткости между кронштейном подвески и нижней полкой, рекомендуется приварить кронштейн к переходной пластине. Пластина должна иметь достаточную толщину, а сварные соединения пластины и полки должны быть расположены, по крайней мере, на расстоянии 20 мм от края полки. Для увеличения запаса по изгибающему моменту и области, доступной для крепления кронштейна подвески, может использоваться полка с переменной шириной. Дальнейшее увеличение усталостной долговечности возможно за счёт болтового крепления кронштейна подвески, см. рис. 16.

Все используемые в этой вертикальные усилители ребра лонжерона,работающие на срез, должны быть расположены соосно линии нагружения от кронштейнов подвески. Если элемент жёсткости будет расположен на большом расстоянии от кронштейна рессоры, возникнет местный изгибающий момент на нижней полке, что значительно уменьшит усталостную прочность.

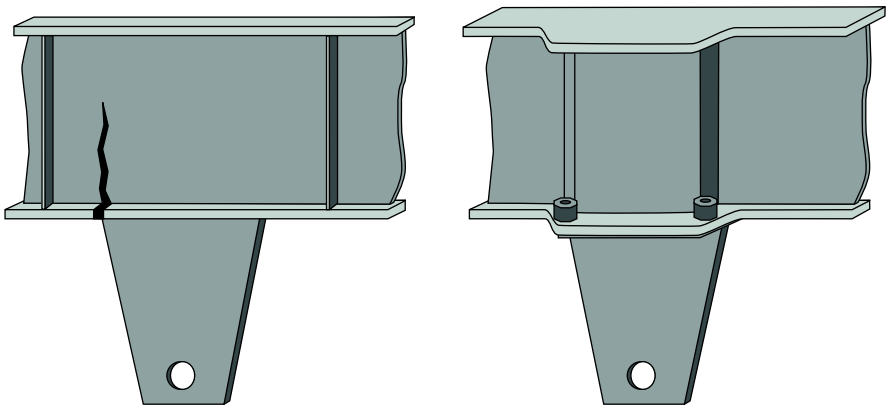
КРЕПЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧИН

Для прицепов, шасси которых подвержены скручивающей нагрузке (прицепы с самосвальным кузовом, лесовозы и т.п.), в качестве поперечин настоятельно рекомендуется использовать профиль с закрытым сечением. В большинстве случаев поперечины такой конструкции можно приваривать непосредственно к стенке без дополнительных элементов усиления. В этом случае необходимо обеспечить хорошее качество сварного соединения. Для большегрузных автомобилей усилитель ребра лонжерона может служить для крепления поперечины, что повысит жёсткость и уменьшит напряжения в этой области, см. рисунок 17.

Профиль с открытым сечением можно использовать в прицепах, где поперечины подвергаются главным образом изгибающему усилию (шторные полуприцепы, контейнеровозы, фургоны и т.п.). В ребре лонжерона вырезается отверстие, через которое проходит поперечина. Сама поперечина приваривается только к ребру лонжерона. Однако следует ещё раз отметить, что использование профиля с открытым сечением не рекомендуется для шасси, подверженных скручивающей нагрузке.

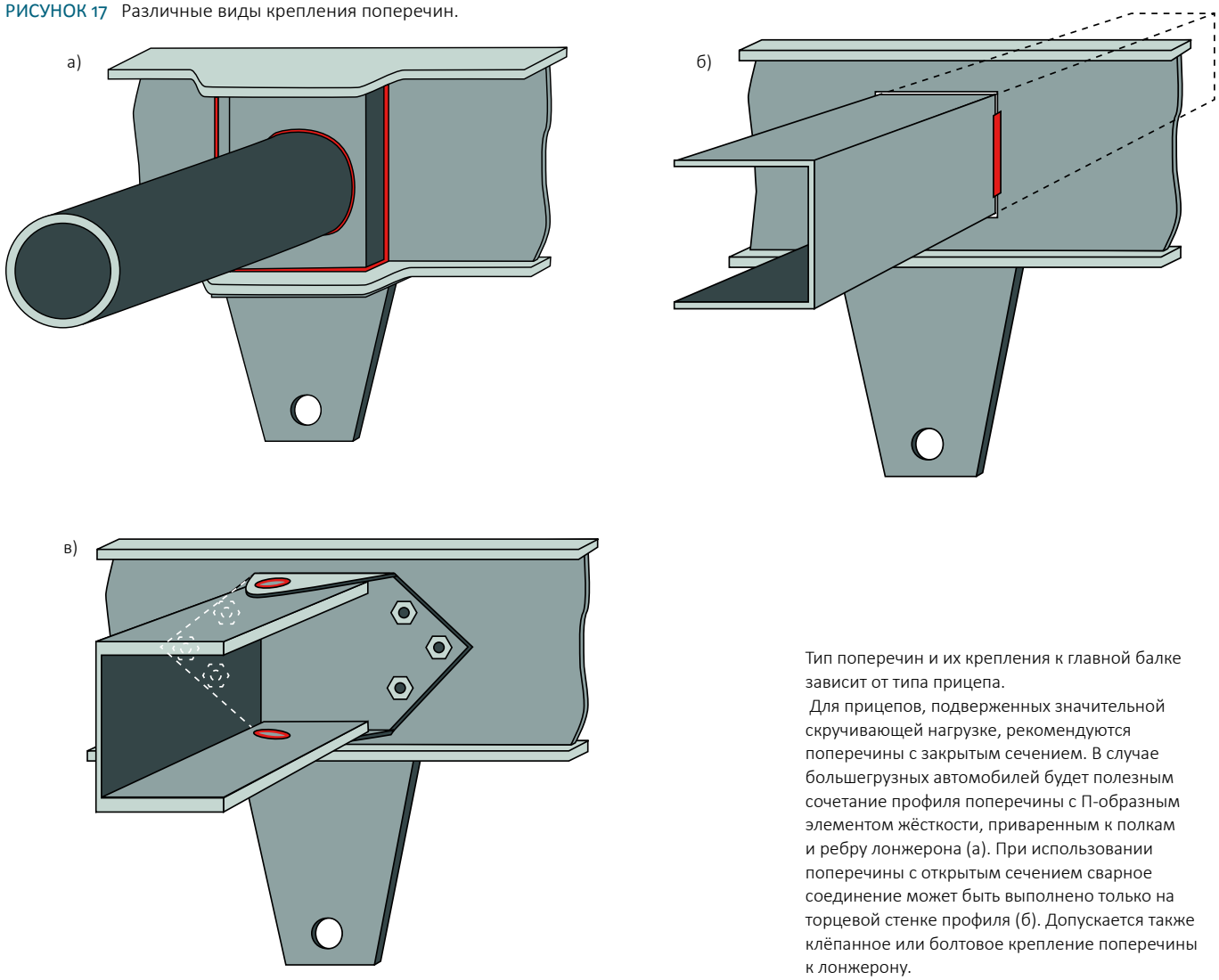
Другим решением может быть использование кронштейна для распределения напряжений по большей площади. Допускается сварное, клёпанное или болтовое соединение кронштейна к ребру лонжерона.

РИСУНОК 16 Если усилитель лонжерона расположен на значительном расстоянии от края кронштейна крепления подвески, на нижнюю полку воздействует местный изгибающий момент, что существенно уменьшает усталостную долговечность.



Для повышения усталостной прочности элемент жёсткости должен быть расположен непосредственно в области кронштейна рессоры. При использовании полки большей ширины повышается стойкость к боковому изгибу, и сварные швы могут быть расположены на необходимом расстоянии от критической области на нижней полке. Болтовое соединение дополнительно повысит усталостную долговечность.

РИСУНОК 17 Различные виды крепления поперечин.



Тип поперечин и их крепления к главной балке зависит от типа прицепа.

Для прицепов, подверженных значительной скручивающей нагрузке, рекомендуются поперечины с закрытым сечением. В случае большегрузных автомобилей будет полезным сочетание профиля поперечины с П-образным элементом жёсткости, приваренным к полкам и ребру лонжерона (а). При использовании поперечины с открытым сечением сварное соединение может быть выполнено только на торцевой стенке профиля (б). Допускается также клёпанное или болтовое крепление поперечины к лонжерону.

ПРОИЗВОДСТВО

Наш опыт показывает, что наиболее частой причиной усталостного разрушения компонентов является плохое качество сварки. Поэтому важно не только тщательно оценить новую конструкцию, но и организовать надлежащий производственный процесс. Низкое качество резки и сварки может значительно уменьшить срок службы прицепа.

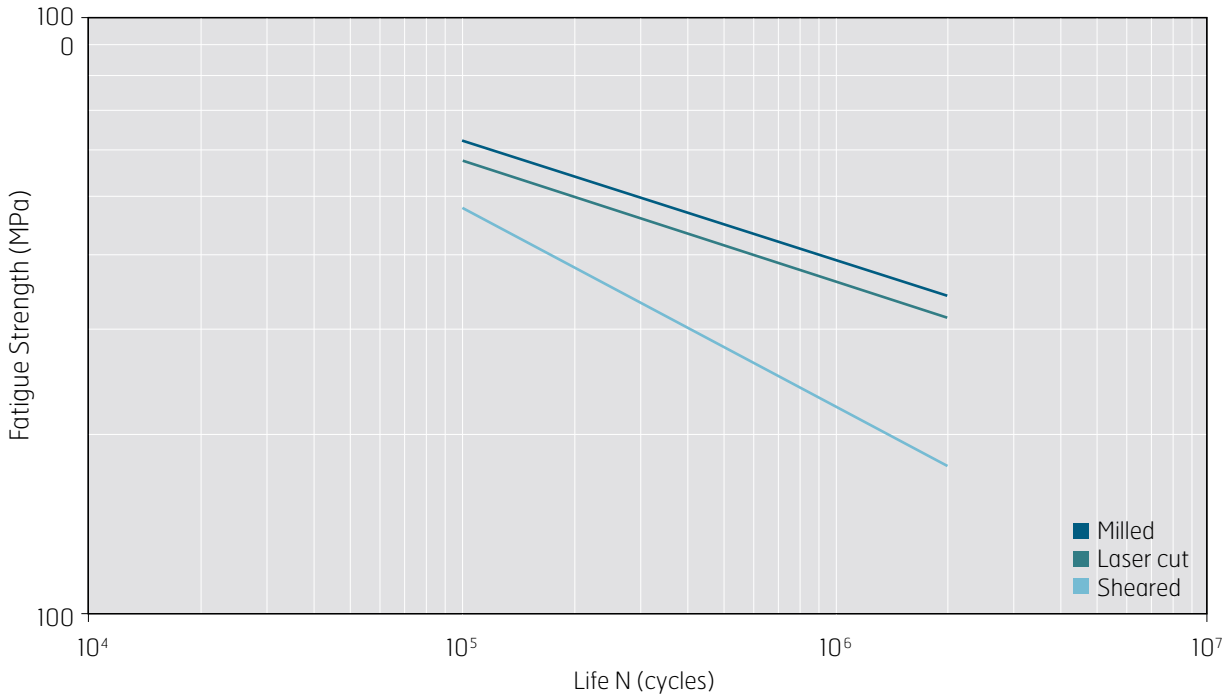
КАЧЕСТВО РЕЗКИ

Качество резки также влияет на усталостную прочность изделия, при этом качество кромки зависит от выбранного метода резки. На рисунке 18 показаны результаты тестирования усталостной прочности стали Strenx 700 MC с необрезной, а также подверженной лазерной и механической резке кромок. Как правило, качество кромок, полученных в результате лазерной резки, выше по сравнению с кромками после гильотинных ножниц. В случае рубки для получения высокой усталостной прочности важно устранить все видимые трещины и подобные дефекты. В результате резки стали Strenx 700 MC с использованием таких современных термических процессов, как лазерная и высокоточная плазменная резка, усталостная прочность изделий сохраняется на высоком уровне. В отношении показателей усталостной прочности наилучшие результаты обеспечивает лазерная резка, за ней следуют плазменная и ручная газоплазменная. Чтобы избежать проблем с усталостной прочностью, важно спроектировать точки начала и окончания резки в областях с низким напряжением. Дробеструйная обработка конструкций с обрезной кромкой, как правило, имеет положительное влияние на их усталостную прочность.

ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ

Горячее цинкование компонентов применяется для повышения коррозионной стойкости. Высокопрочная сталь Strenx, вплоть до марки Strenx 700 MC, хорошо подходит для горячего

РИСУНОК 18 Результаты тестирования усталостной прочности стали Strenx 700 MC с различной кромкой.



цинкования, если имеет соответствующее содержание кремния. В целом, процесс цинкования не оказывает влияния на такие свойства стали, как усталостная прочность сварных соединений. Однако можно заметить, что при наличии цинкового слоя усталостная прочность базового материала немного уменьшается из-за взаимодействия цинка с поверхностью стали. Горячее цинкование обычно уменьшает усталостную прочность стали Strenx 700 MC приблизительно на 10%.

ПОДХОДЯЩИЕ МЕТОДЫ СВАРКИ

Для прогрессивной высокопрочной стали могут использоваться все традиционные методы сварки. В настоящее время на производстве прицепов чаще других используются:

- дуговая полуавтоматическая сварка (с применением сплошной или флюсонаполненной проволоки)
- дуговая сварка под флюсом (иногда применяется для лонжеронов)

ПРИСАДОЧНЫЙ МЕТАЛЛ

В целом, прочность присадочного и базового материала должны соответствовать, см. таблицу 3. Однако сварные соединения компонентов прицепа редко подвергаются такому напряжению, при котором бы требовался равнопрочный присадочный материал. То есть, во многих случаях возможно применение менее прочного присадочного материала. При сварке прогрессивной высокопрочной стали дуговым методом под флюсом рекомендуется применять основной флюс.

ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕ – STRENX

Высокопрочные марки стали характеризуются чувствительностью к высокому тепловложению. Чрезмерное тепловложение способно ухудшить как прочность, так и ударную вязкость сварного соединения. Если для сварного соединения требуется обеспечить минимальный предел текучести базового материала, максимальное рекомендуемое тепловложение не должно превосходить значения, приведённые на рисунке 19.

График на рисунке 19 актуален для стыковых сварочных швов, созданных при использовании равнопрочного присадочного материала, при этом усиление перед испытанием было удалено. Максимальная температура между проходами составляет 100°C. Тепловложение может быть рассчитано, как показано на рисунке 20.

Значения КПД дуги для сварки под флюсом и полуавтоматом приведены в таблице 4.

Если сварной шов расположен в области с низким напряжением, и уровень ударной вязкости не имеет решающего значения, можно применять более высокое тепловложение.

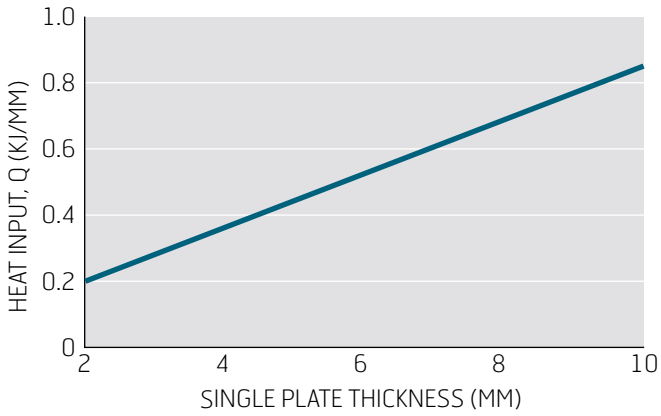
ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕ – DOCOL

Прогрессивная высокопрочная сталь Docol поставляется небольшой толщины. В связи с этим сложно уменьшить тепловложение до такого уровня, когда подверженная термическому влиянию зона ограничена настолько, чтобы не нарушить свойства базового материала. Общее правило: при сварке необходимо обеспечивать как можно меньшее тепловложение.

ТАБЛИЦА 3 Присадочный материал для прогрессивной высокопрочной стали Strenx и Docol.

Марка стали	Дуговая полуавтоматическая сварка	Дуговая сварка под флюсом
Strenx 700 MC	AWS: A5.28 ER100S-X AWS: A5.28 ER110S-X EN 12534: G Mn3Ni1CrMo EN 12543: G Mn4Ni2CrMo	AWS: A5.23 F10X AWS: A5.23 F11X EN ISO 26304-A S69X
Docol 1000 DP Docol 1200 M	AWS: A5.28 ER110S-X AWS: A5.28 ER120S-X EN 12534: G Mn3Ni1CrMo EN 12543: G Mn4Ni2CrMo	

РИСУНОК 19 Максимальное рекомендуемое тепловложение (Q) для стали Strenx 700.



Максимальное рекомендуемое тепловложение для сохранения минимального предела текучести (Re) и ударной вязкости при -40°C.

РИСУНОК 20 Формула для расчёта тепловложения.

$$E = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000}\ \text{кДж/мм} \quad Q = E \cdot k$$

U – напряжение, I – сила тока, v – скорость перемещения (мм/мин), k – КПД дуги.

ТАБЛИЦА 4 КПД дуги для различных способов сварки.

Способ сварки	КПД дуги
Дуговая полуавтоматическая сварка	0,8
Дуговая сварка под флюсом	1,0

ДЕФОРМАЦИЯ – STRENX

На практике, вызванная сваркой деформация конструкции для прицепа более критична, чем статическая прочность сварных швов. Меры по уменьшению связанной со сваркой деформации

- При сварке обеспечивать как можно меньшее тепловложение
- Уменьшить площадь поперечного сечения сварного шва, см. рисунок 21
- Перед сваркой согнуть, закрепить в зажимах или расположить заготовки под углом таким образом, чтобы компенсировать тепловую усадку
- Избегать неравномерных зазоров в корне шва
- Применять симметричные сварные швы, см. рисунок 22
- Свести усиления к минимуму, добиваться оптимальной толщины угловых сварных швов
- Выполнять сварку от центральных участков по направлению к краям для длинных продольных швов.
- Оптимизировать последовательность сварки

РИСУНОК 21 Поперечное сечение сварного шва и его влияние на угловую деформацию

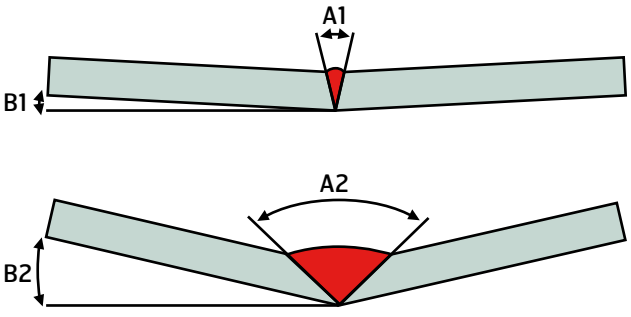
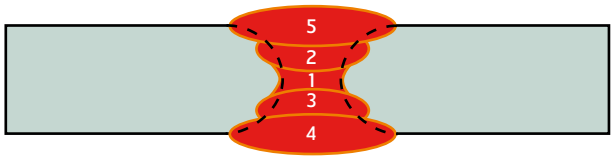
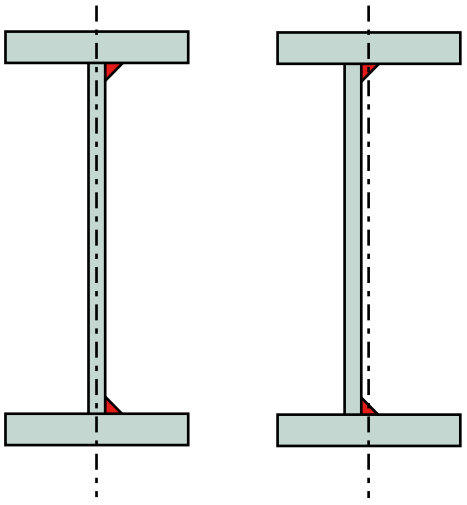


РИСУНОК 22 Симметричное наложение сварных швов



Чтобы не допустить искривления и деформации лонжерона после сварки, стенку следует сместить относительно центра полки. Это позволяет расположить продольные сварные швы в нейтральном слое фланца, см. рисунок 23.

РИСУНОК 23 Смещение ребра по отношению к полке позволяет выполнять сварку в нейтральной зоне полки, не допуская деформации.



ДЕФОРМАЦИЯ – DOCOL

Рекомендации по недопущению сильной деформации стали Docol

- При сварке обеспечивать как можно меньшее тепловложение.
- Использовать проволоку малого диаметра (0,8 мм).
- Сварка сверху вниз уменьшает тепловложение; она рекомендуется, если допустима областью применения и имеются соответствующие производственные условия.
- Если допустим небольшой зазор между листами стали, может применяться сварка прерывистым швом.
- Если требуется герметичное соединение, вместо герметичного сварного шва можно использовать силикон или другой герметик, чтобы предотвратить возникновение коррозии.
- Использовать нахлёсточный вместо стыкового сварного шва.
- При сварке тонколистового материала прихваточным швом делаются небольшие промежутки.
- В последнее время были представлены более совершенные блоки питания для дуговой сварки плавящимся электродом, с помощью которых можно выполнять сварку тонколистовой стали с приблизительно 50%-ным тепловложением.
- Если соединение доступно с обеих сторон, вместо сварки плавлением может использоваться точечная контактная сварка.
- Отказавшись от сварочного соединения в пользу механического, можно минимизировать или полностью исключить деформацию.

ПРАВКА

Горячая правка является стандартным методом восстановления деформированных под воздействием сварки лонжеронов. Для стали Strenx и Docol AHSS горячая правка не рекомендуется. Для стали Strenx и Docol AHSS горячая правка не рекомендуется. В зоне теплового воздействия сталь может утратить гарантированные свойства.

Максимальная температура, при которой материал сохраняет гарантированные механические свойства:

Strenx 700 MC	650°C
Docol 1000 DP	300°C
Docol 1200 M	200°C

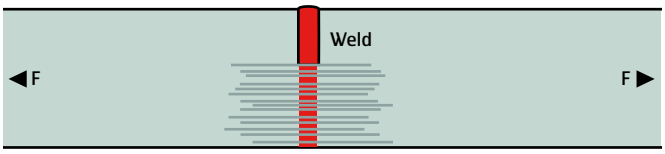
КАЧЕСТВО СВАРКИ

Если требуется сварить полки лонжерона (что не рекомендуется) с целью увеличения длины полки или всего лонжерона , для начала и окончания нагруженного сварного шва необходимо использовать технологическую пластину. Технологическую пластину можно удалить после сварки болгаркой. Рисунок 24.

Обработать кромку зачистным шлифовальным кругом и убедиться, что направление шлифовальных отметок параллельно направлению нагружения, см. рисунок 25. В качестве альтернативы можно расположить сварное соединение

РИСУНОК 24 Следует обращать внимание, чтобы начало и конец шва располагались на технологической пластине. Затем пластина удаляется болгаркой.

РИСУНОК 25 Направление шлифовальных отметок параллельно направлению напряжения



под углом 45° к кромке полки, чтобы не допустить поперечного растягивающего напряжения по отношению к сварному шву.

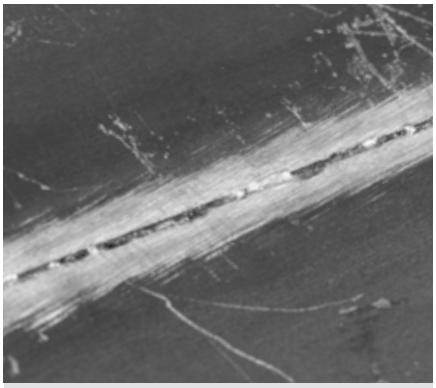
В результате сварки с применением рутиловой проволоки обычно образуется очень гладкий переход между наплавленным и основным металлом. Эта особенность может использоваться для повышения усталостной прочности шва, особенно в таких критических областях, как кронштейн подвески и место крепления кронштейна опорного механизма.

Для обеспечения высокого качества важно провести проверку всех сварных швов. Значительное влияние на усталостную прочность прицепа имеют такие дефекты, как:

- подрезы,
- дефекты в корне шва,
- непровар,
- наплывы,
- трещины всех типов

Применяя надлежащие методы сварки и осознавая риск этих дефектов, можно избежать ненужных ремонтных работ. Ниже на рисунках 26 a) – e) отображены наиболее часто встречающиеся дефекты сварного шва, а также приведена информация о том, как они образуются, и какие требуются действия для их устранения.

РИСУНОК 26 Связанные со сваркой дефекты, причины их возникновения и меры предотвращения: а)Непровар б) Подрез в) Непроплав г) Усадочная раковина д) Пористость е) Натёки.



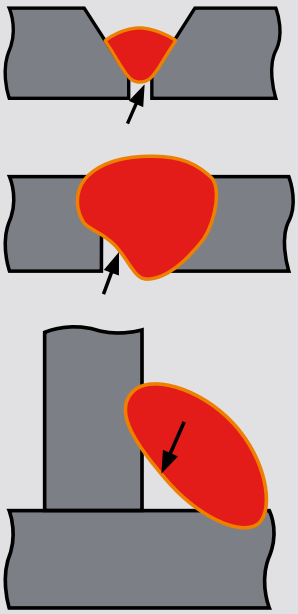
а) НЕПРОВАР/ ДЕФЕКТ В КОРНЕ ШВА

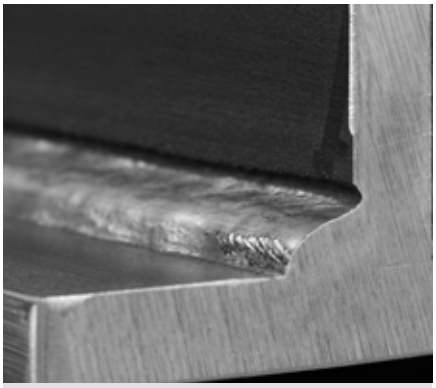
ПРИЧИНА

- Слишком малый угол разделки
- Слишком малый зазор
- Слишком большая поверхность притупления
- Неверный способ сварки
- Слишком малое тепловложение

МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ

- Увеличить угол разделки(45 – 60°)
- Увеличить зазор
- Адаптировать поверхность притупления в соответствии с тепловложением (1 – 2 мм)
- Уменьшить колебания электрода
- Увеличить тепловложение





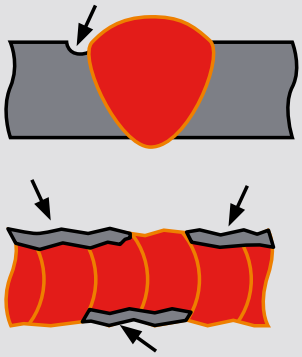
б) ПОДРЕЗЫ

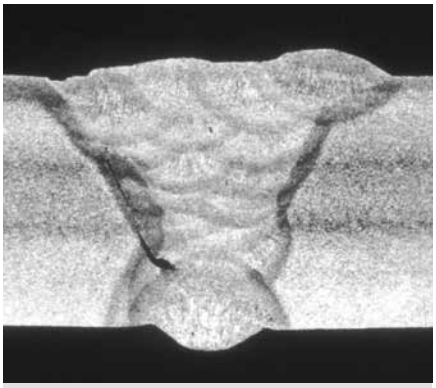
ПРИЧИНА

- Слишком высокая скорость сварки
- Неверный механизм обеспечения колебаний
- Неверный угол горелки
- Слишком высокое напряжение
- Слишком высокое тепловложение

МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ

- Уменьшить скорость перемещения
- Применять небольшие остановки в конце колебательного движения
- Рекомендуется нейтральное положение или небольшой угол с отклонением вперёд
- Уменьшить напряжение
- Уменьшить тепловложение





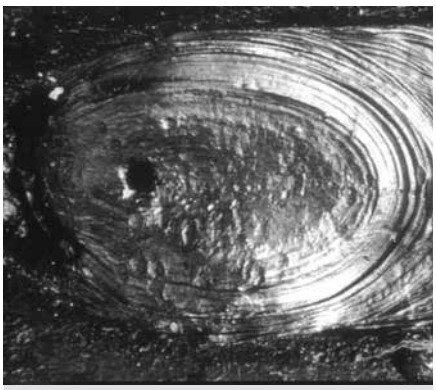
в) НЕПРОВАР

ПРИЧИНА

- Слишком низкая скорость перемещения (сварочный металл течёт перед дугой)
- Слишком высокая скорость перемещения
- Слишком низкое напряжение
- Слишком большой вылет проволоки
- Изношен контактный наконечник
- Недостаточная очистка между проходами
- Сварка с наклоном вниз

МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ

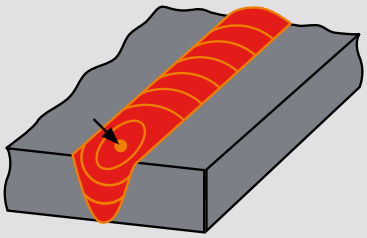
- Увеличить скорость перемещения
- Уменьшить скорость перемещения
- Увеличить напряжение дуги
- Уменьшить вылет проволоки
- Заменить контактный наконечник
- Перед очередным проходом очистить поверхность от окалины
- Откорректировать скорость перемещения с учётом положения

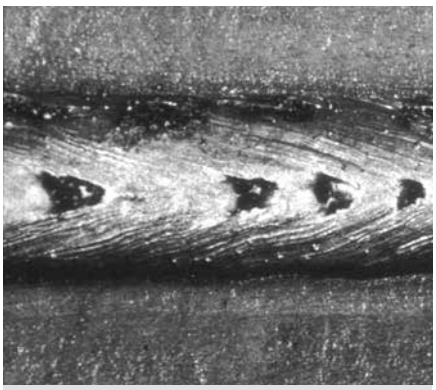


г) УСАДОЧНАЯ РАКОВИНА

ПРИЧИНА
- Неверный способ сварки

МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ
- Использовать соответствующую технику сварки. Вернуться и заполнить раковину. В случае значительного количества наплавленного металла или большого сечения перед заполнением раковины может потребоваться непродолжительное охлаждение (2 – 3 сек).

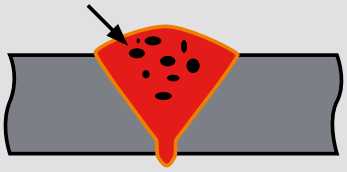


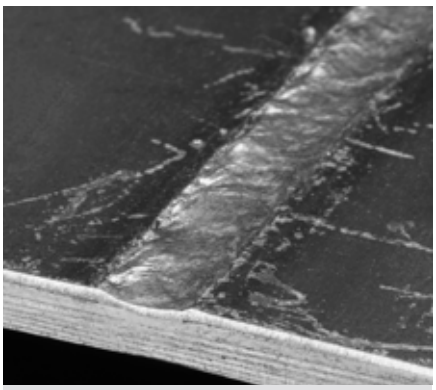


д) ПОРИСТОСТЬ

ПРИЧИНА
- Присутствие в соединении посторонних веществ (влага, масло, коррозия и т.п.)
- Мешающий поток
- Слишком сильный поток газа
- Слишком слабый поток газа
- Загрязнение защитного газа (неполадка оборудования)
- Эффект инжекции
- Покрытие (цинк, грунт)

МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ
- Обеспечить чистое состояние соединения
- Контролировать надлежащую работу оборудования
- Контролировать поток газа
- Использовать подходящую технику сварки (угол горелки)
- Удалить покрытие

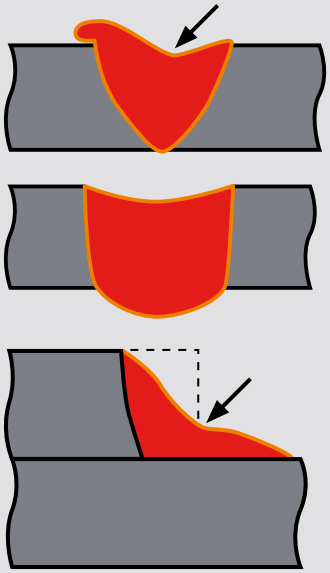




е) ВПАЛОСТЬ (СВАРНОЙ ШОВ С ВЫЕМКОЙ)

ПРИЧИНА
- Слишком высокая скорость перемещения
- Малое количество проходов
- Сварка с наклоном вниз

МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ
- Уменьшить скорость перемещения
- Выполнять достаточное количество проходов
- Перейти в горизонтальное положение



2000 BC

РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

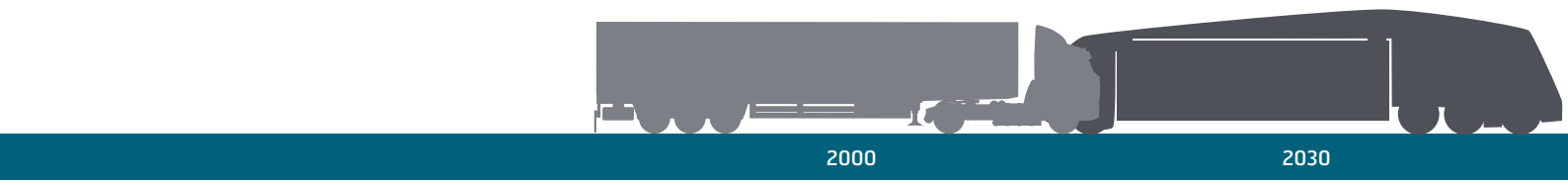
Шасси современных прицепов спроектированы на основе конструкции, которой уже около 4000 лет – именно тогда были созданы первые античные повозки, приводимые в движение быками и лошадьми. Приходит мысль, что новые производственные технологии и передовые материалы преобразуют концепцию, которая на протяжении всего этого времени использовалась практически в неизменном виде. Однако следует учесть, что сталь применяется для производства транспортных средств на протяжении всего 150 лет, а прогрессивная высокопрочная сталь была представлена только 30 лет тому назад. С изобретением в 20-м веке таких транспортных средств, как автомобили и самолёты, прогресс стал развиваться новыми темпами. Этому способствовало стремление оптимизировать конструкцию, уменьшить вес продукции серийного производства, повысить эффективность и снизить эксплуатационные затраты.

ПОТРЕБНОСТЬ В БОЛЕЕ ЛЁГКИХ И ПРОЧНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Сегодня к большегрузным автомобилям и прицепам предъявляются чрезвычайно строгие требования в отношении эффективности и эксплуатационных расходов. В результате в данной сфере увеличилось применение прогрессивной высокопрочной стали, главным образом, с пределом текучести 500 – 700 МПа. Эволюция концепции возрастом в 4000 лет теперь не является сложной задачей – появилась возможность за счёт уменьшения толщины компонентов и улучшения конструкции создавать более лёгкие и прочные шасси.

НОВЫЕ МАРКИ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ

Компания SSAB постоянно работает над созданием новых марок высокопрочной стали. Уже сегодня доступна сталь с пределом текучести 960 и 1100 МПа, что открывает новые возможности и задачи по совершенствованию продукции. Тем не менее, наличие высокопрочной стали не означает её простую интеграцию в прежнее конструктивное решение. Традиционно эффективность конструкции шасси проверялась в процессе многолетней эксплуатации путём проб и ошибок, теперь за это отвечают системы моделирования и контролируемые испытания. С тех пор как была разработана прогрессивная высокопрочная сталь, содержащие её конструкции могут подвергаться более высоким нагрузкам и упругим деформациям, однако максимальное использование механических свойств материала ограничивает усталостная прочность сварных соединений.. В большинстве качество сварных соединений является ограничивающим фактором в проектах по уменьшению веса шасси. Это означает, что послесварочная обработка (дрессировка аргонной сваркой , высокочастотная проковка и пр.), а также альтернативные методы соединения (болтовое, заклёпочное, клеевое и др.) способны обеспечить более широкое использование высокопрочной стали. Для разработки шасси более прочной и лёгкой конструкции с использованием высокопрочной стали требуется новый подход к проектированию, где сварка применяется в минимальной степени, и за счёт равномерного распределения нагрузки достигается оптимальное использование прочностных свойств материала.

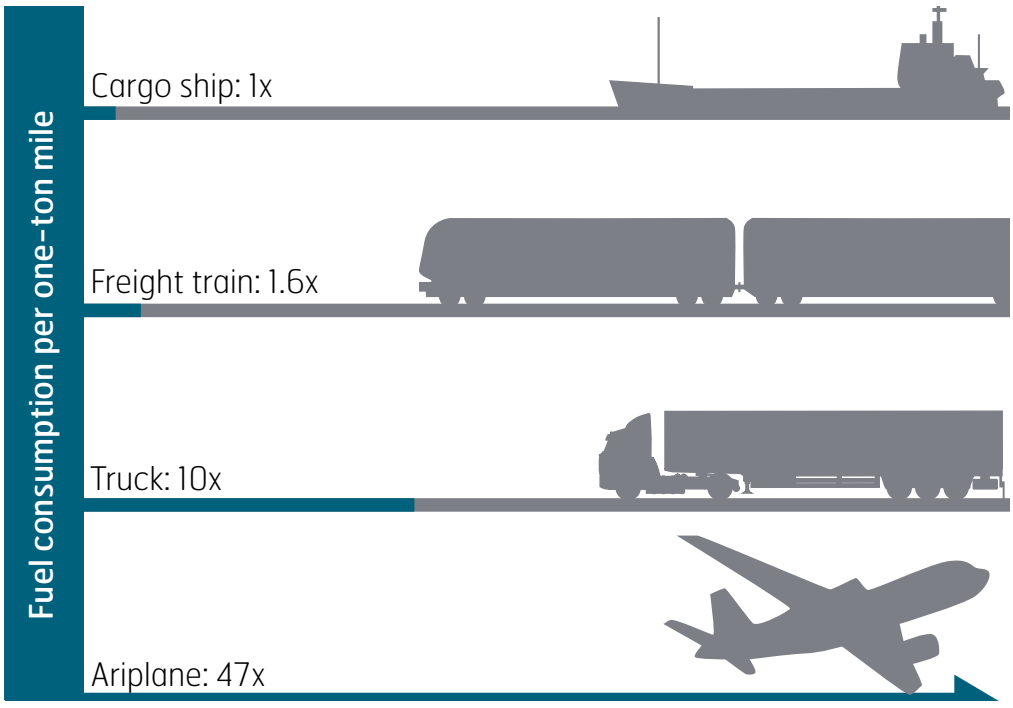


ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Внедрение тонколистового материала и новых методов производства является основой для развития передовых концепций. Интересным решением для шасси может быть принцип самонесущей конструкции, который используется в автомобилестроении. Для формовки подобных цельных конструкций, выполненных из тонколистового материала, также требуется новый подход с использованием таких нетипичных для данной сферы процессов, как роликовое профилирование и штамповка. Возможно применение также более передовых методов (например, 3D-профилирование и штамповка). Цельные конструкции из тонколистовой стали зачастую отличаются не только меньшим весом, но и высокой жёсткостью, кроме того, они обеспечивают хорошее взаимодействие компонентов и функций одной конструкции. Тем не менее, для адаптации новой конструкции требуется понять поведение шасси в условиях различной нагрузки. Также необходимо изучить требования в отношении жёсткости, выносливости и безопасности в случае столкновения таких компонентов, как задний бампер и перегородки.

Чтобы сделать новый шаг в разработке более прочных и лёгких прицепов, необходимо объединить весь опыт из сферы производства шасси с компетенцией в ряде других областей, где большое значение имеют знания и умение выбора материалов. Специалисты SSAB всегда готовы поделиться своими знаниями и оказать поддержку заказчикам.

РИСУНОК 27 Расход топлива и выделение парниковых газов при транспортировке тонны груза на расстояние в одну милю.



Сталелитейная компания SSAB базируется в странах Северной Европы и в США. Компания SSAB поставляет на рынок продукцию с высокой добавленной стоимостью и оказывает услуги, разработанные в тесном сотрудничестве с потребителями, стремясь сделать наш мир более прочным, лёгким и экологически чистым. Компания SSAB располагает штатом сотрудников более чем в 50 странах мира. Производственные объекты компании находятся в Швеции, Финляндии и США. Акции компании SSAB прошли листинг на фондовой бирже NASDAQ OMX Nordic Exchange в Стокгольме и включены во вторичный биржевой список на фондовой бирже NASDAQ OMX в Хельсинки. www.ssab.com.

240ru-Trailer design guideline-v3-2019. Confetti.

SSAB
Санкт-Петербург
194021, Санкт-Петербург, Россия
ул. Шателена, 26, литер А
Телефон : +7 812 438 17 05
Факс: +7 812 346 69 49
info.ru@ssab.com

Михаил Сергеев
Региональный технический менеджер / TDM Russia & CIS
T: +7 812 438 17 05 M: + 7 985 855 94 08
mikhail.sergeev@ssab.com

Роман Снегирев
Региональный технический менеджер / TDM Russia & CIS
M: + 7 913 910 82 36
roman.snegirev@ssab.com

www.strenx.ru