

ООО «УсольВагонМаш» входящий в состав ОАО "ПО Усольмаш" и являющийся членом НО "Союзгрузпромтранс" выполнило работы по созданию на заводе сталелитейного комплекса и освоило изготовление балки надрессорной и рамы боковой двухосной грузовой тележки модели 18-100 с нагрузкой на ось 22,5 тн.с (тонно-сил) (документация ФГУП "ПО Уралвагонзавод"). В настоящее время идет подготовка к сертификационным испытаниям партии отливок рам и балок серийного производства в испытательном центре ВНИИЖТа, (г. Щербинка, Московской обл.) для получения сертификатов Регистра сертификации Федерального железнодорожного транспорта (РС ФЖТ). Параллельно с этим, в сотрудничестве с научно-проектными организациями, ведутся поиски таких конструкций балок и рам грузовой тележки, которые бы обеспечивали эксплуатационную надежность и в соответствии с требованиями железнодорожников обеспечивали бы нагрузку на ось 25 тн.с, в перспективе - до 30 тн.с. Так, Иркутским техническим университетом, в рамках научно-исследовательской работы проведен, конечно-элементный, инженерный анализ наших отливок балка и рама грузовой тележки модели 18-100 в условиях статического и динамического нагружения. При выполнении моделирования испытаний на усталостную прочность отливок в соответствии с методиками ФГУП "ПО Уралвагонзавод" установлено:

разрушение боковой рамы начинается после 3480000 циклов нагружения-разгружения ($P_{min} = 10$ тн.с; $P_{max} = 60$ тн.с);

разрушение надрессорной балки начинается после 2150000 циклов ($P_{min} = 10$ тн.с; $P_{max} = 80$ тн.с).

Методика испытаний ФГУП "ПО Уралвагонзавод" разработана с учетом коэффициента запаса прочности деталей равным 1,5. Результаты инженерного анализа, проведенные в рамках данной научно-исследовательской работы показали увеличение запаса прочности по сравнению с данными ФГУП "Уралвагонзавод" в 1,2 - 1,3 раза, т.е. коэффициент запаса прочности равен 1,8-1,95. Результаты автоматизированного инженерного анализа будут использованы при конструкторской доработке деталей.

Также, ФГУП ВНИКТИ МПС России (г. Коломна, Московской обл.) была передана ООО "УсольВагонМаш" конструкторская документация на раму боковую и балку надрессорную грузовой тележки с нагрузкой на ось 25,0 тн.с.

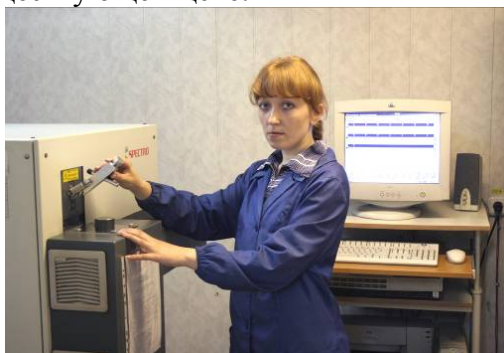
На настоящий момент модельно-стержневая оснастка (металломоделли) на балку надрессорную изготовлена, отливки получены, проводится разметка, доводка. Модельно-стержневая оснастка на раму боковую практически изготовлена, в июле будут получены отливки.



Печь ДППТУ-12

Это, по сути дела, уникальное сооружение, аналогов такой печи нет.

Начало проекта печи велось в сотрудничестве с Московской фирмой «ЭКТА», затем специалисты ООО «УсольВагонМаш» спроектировали и изготовили печь своими силами, приобретен был только источник питания. Дело усложнялось тем, что литейно-прокатный комплекс был размещен в существующем цехе.



Экспресс-лаборатория «Spectrolab» для химического анализа
всех промышленных сплавов

Качество отливок складывается из многих факторов и, прежде всего, из качества самого металла. Поэтому в этом направлении нами были предприняты определенные меры. Вместе с правильной организацией шихтового двора, входного контроля поступающего металлолома, мы производим четкий экспресс-анализ выплавляемой стали. С этой целью была приобретена экспресс- лаборатория «Спектролаб» немецкой фирмы «Spectro», с помощью которой в процессе плавки в считанные секунды определяется весь химический состав стали. Спектрометр искровой предназначен для спектрального анализа промышленных сплавов всех элементов и их примесей с выдачей результата анализа.

Поскольку на нашем предприятии эксплуатируются еще и печи ДСН-3 на переменном токе, мы провели определенные исследования с целью сравнения качества выплавляемой стали в печах ДППТУ-12 (на постоянном токе) и ДСН-3 (на переменном токе) Результаты такого анализа приведены в таблицах № 1 и № 2.

**Химический состав и механические свойства стали 20 ГЛ,
выплавленной в печи ДППТУ-12**

Таблица 1

Обозна- чение	Наименование сертификационного показателя	Ед. измерения	Значение показателя по НД	Номер плавки			
				360	369	372	375
				Условный номер отливки «Рама боковая»			
				8	16	20	24
ОСТ 32.183- 2001	Химический состав (сталь 20ГЛ)						
	- углерод	%	0,17-0,25	0,18	0,19	0,18	0,19
	- марганец	%	1,10-1,40	1,28	1,15	1,29	1,10
	- кремний	%	0,3-0,5	0,27	0,35	0,33	0,27
	- фосфор, не более	%	0,04	0,04	0,039	0,04	0,036
	- сера, не более	%	0,04	0,028	0,029	0,04	0,04
	- хром, не более	%	0,30	0,14	0,10	0,06	0,07
	- никель, не более	%	0,30	0,10	0,10	0,08	0,08
	- медь, не более	%	0,30	0,07	0,08	0,14	0,13
	Механические свойства						
	- временное сопротивление, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс мм ²)	490 (50)	66,3	61,0	61,8	57,4
	- предел текучести, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс мм ²)	294 (30)	47,0	42,0	42,0	38,0
	- относительное удлинение, не менее	%	20	24,0	24,0	22,0	20,0
- относительное сужение, не менее	%	30	49,9	46,0	34,2	32,0	
- ударная вязкость	Дж	49	13,1	12,75	13,13	12,75	

	при +20 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , кси	см ² (кгс·м см ²)	(5,0)				
	- ударная вязкость при -60 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , кси	$\frac{Дж}{см^2}$ (кгс·м см ²)	24,5 (2,5)	6,7	6,25	6,25	6,25
	- микроструктура	-	феррито- перлитная (Ф+П) зерно № 8÷9	Ф+П № 8÷9	Ф+П № 8÷9	Ф+П № 8÷9	Ф+П № 8÷9

**Таблица № 2 Химический состав и механические свойства стали 20 ГЛ,
выплавленной в печи ДСН-3**

Таблица 2

Обозначе- ние НД	Наименование сертификационного показателя	Ед. измерения	Значение показателя по НД	Номер плавки		
				33	38	43
ОСТ 32.183- 2001	Химический состав					
	- углерод	%	0,17-0,25	0,18	0,19	0,21
	- марганец	%	1,10-1,40	1,12	1,10	1,10
	- кремний	%	0,3-0,5	0,29	0,26	0,29
	- фосфор, не более	%	0,04	0,04	0,04	0,04
	- сера, не более	%	0,04	0,04	0,03	0,026
	- хром, не более	%	0,30	0,30	0,08	0,11
	- никель, не более	%	0,30	0,30	0,16	0,12
	- медь, не более	%	0,30	0,26	0,14	0,17
	Механические свойства					
	- временное сопротивление, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс мм ²)	490 (50)	56,0	55,0	62,0
	- предел текучести, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс мм ²)	294 (30)	37,0	36,0	42,0
	- относительное удлинение, не менее	%	20	22,0	24,0	10,0
	- относительное сужение, не менее	%	30	51,5	52,0	19,8
	- ударная вязкость при +20 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , кси	$\frac{Дж}{см^2}$ (кгс·м см ²)	49 (5,0)	10,88	10,25	8,5
- ударная вязкость при - 60 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , кси	$\frac{Дж}{см^2}$ (кгс·м см ²)	24,5 (2,5)	5,5	4,0	1,75	
- микроструктура	-	феррито- перлитная (Ф+П) зерно № 8÷9	Ф+П зерно № 8÷9	Ф+П зерно № 8÷9	Ф+П зерно № 8÷9	

Для наглядности приведены кривые зависимости ударной вязкости (КСУ) стали от температуры испытаний (соответственно с печи ДППТУ-12 и ДСН-3 (Рисунок 1).

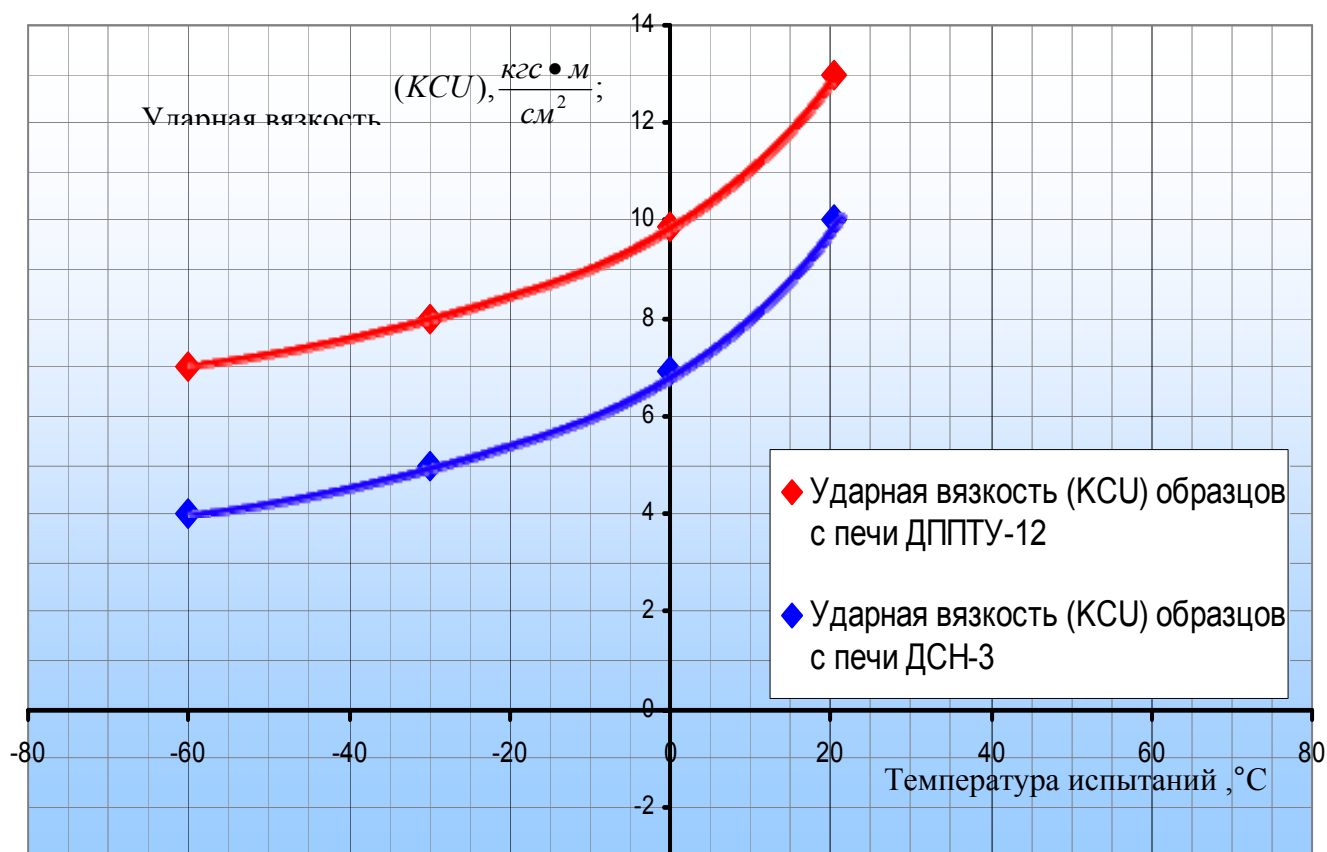


Рисунок 1 – Зависимость ударной вязкости (КСУ) стали марки 20ГЛ от модели печи

Как видно из таблиц и графика механические свойства стали 20ГЛ, выплавленной в печи постоянного тока намного лучше, чем механические свойства стали, выплавленной в печи на переменном токе. Эта особенность печи ДППТУ-12 вселяет надежду на получение качественных отливок.

Изучив опыт производства балок надрессорных и рам боковых на ФГУП «ПО Уралвагонзавод» на нашем предприятии было принято решение построить поточную линию по их изготовлению с применением печи ДППТУ-12, замкнутого цикла приготовления формовочной смеси, формовки, заливки, обрубки, дробеметной и термической обработок с последующей механической обработкой отливок мощностью 36000 тн. годного литья в год.

В начале нашего пути стояла задача спроектировать, технологически обосновать и изготовить модельно-стержневую оснастку на отливки «Рама боковая № черт. 100.00.002-4» и «Балка надрессорная № черт. 100.00.001-5». Далее отлить опытные партии данных отливок и провести предварительные испытания на базе испытательного центра ФГУП «ПО Уралвагонзавод».

На стадии изготовления модельно-стержневой оснастки, по предложению Президента Гладышева А.М. был применен нетрадиционный подход в технологии изготовления промоделей моделей данных отливок, а именно, вместо классических деревянных были спроектированы и изготовлены по особой технологии промодели моделей из специально разработанного материала, ранее нигде не использующегося для этих целей. Это ускорило сроки изготовления моделей, повысило качество форм при изготовлении металлических моделей, исключило расход пиломатериалов.

В процессе изготовления металлических моделей для форм, а в дальнейшем и для изготовления стержней, облицовочных смесей были использованы холоднотвердеющие смеси (ХТС), полученные на смесители непрерывного действия мод. Т 36/3 фирмы «IMF» (Италия),

что полностью оправдало наши надежды на хорошую выбиваемость стержней из ХТС, хорошие противопопригарные свойства ХТС.

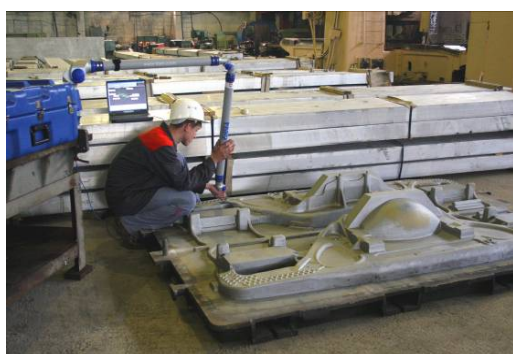
Изготовление форм осуществлялось по технологии машинной формовки на формовочных машинах модели 22507 производства ОАО «Сиблитмаш». (г. Новосибирск).



Изготовление стержней на смесителе непрерывного действия модели Т36/3 фирмы "IMF" (Италия).

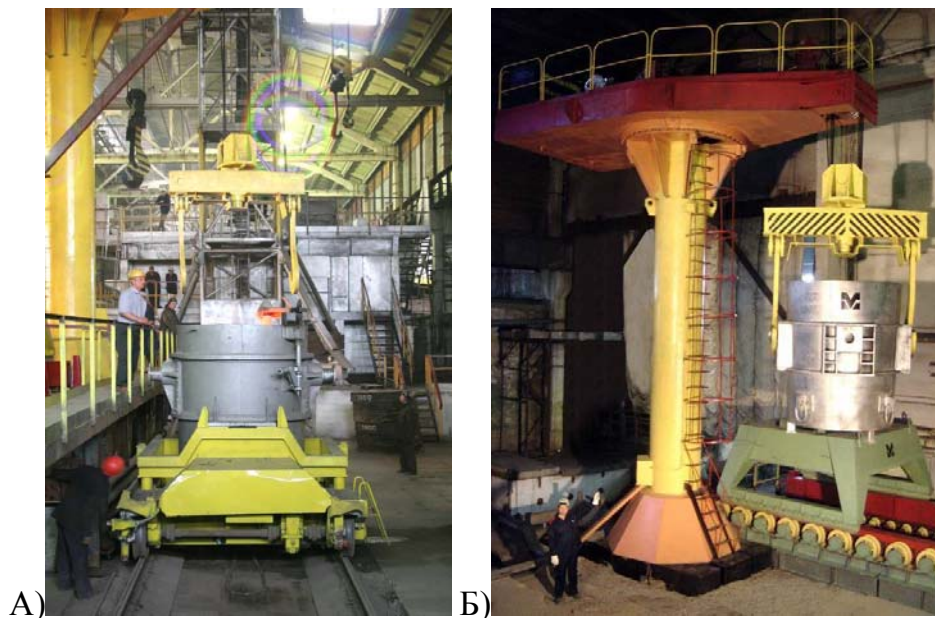


Готовые стержни из холоднотвердеющих смесей (ХТС)



Модель «верха» отливки «рама боковая» с подмодельной плитой

При заливке форм подача ковша с жидкой сталью осуществляется от печи под прямым углом в пролет разливки, поэтому для решения этой задачи был построен поворотный круг, на котором сталеваз с ковшом поворачивается на 90°. Подъем и установка ковша на разливочную машину производится специальным подъемно-поворотным стендом.



А)

Б)

А) Транспортировка сталеразливочного ковша

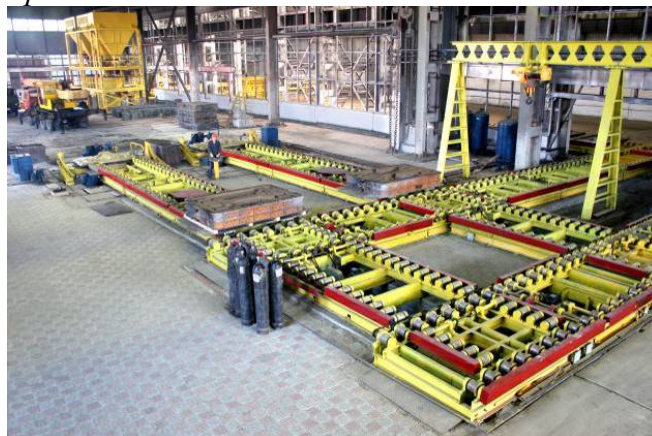
Б) Установка подъемно-поворотным стендом ковша с жидкой сталью на разливочную машину конвейера

Разливка стали на разливочной машине

Заливка форм осуществляется специальной разливочной машиной, которая передвигается по рольгангу над формами. Подача форм под заливку также производится по конвейеру. Автоматизация процесса сборки форм, их подачи, заливки и выдержки позволяют четко соблюдать технологический процесс изготовления отливок.



Формовка балки надрессорной на ФМ 22507



*Участок формовки и сборки форм
(формовочные машины модели 22507 с роликовым конвейером)*



*Участок формовки и сборки форм
(формовочные машины модели 22507 с роликовым конвейером)*



Выбивная решетка

Особое место в технологическом процессе изготовления отливок занимает землеприготовительное отделение.



Землеприготовительное отделение

Специально для этого передела был пристроен пролет к существующему зданию.



Практически все оборудование землеприготовительного отделения было спроектировано и изготовлено своими силами, в том числе, бегуны, бункера с дозаторами, шнековые транспортеры. Кстати сказать, выбивные решетки, роликовые конвейера для возврата пустых опок с узлами перегрузки то же были спроектированы и изготовлены своими силами. Большая работа была проделана по проектированию, изготовлению, монтажу и пуско-наладке дробеметной камеры и проходной термической электропечи для нормализации отливок.



Дробеметная камера конвейерного типа

На дробеметной камере с вращающимися подвесками производится очистка от пригара и окалины поверхностей отливок. Камера работает в автоматическом режиме с постоянной очисткой дробы в сепараторах и возвратом ее на дробеметные аппараты.



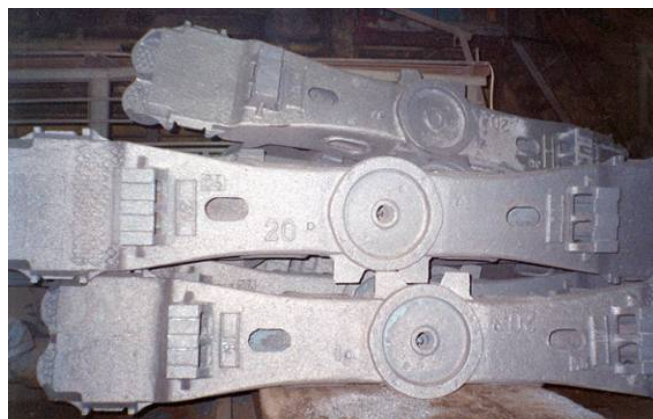
Загрузка отливок в термопечь



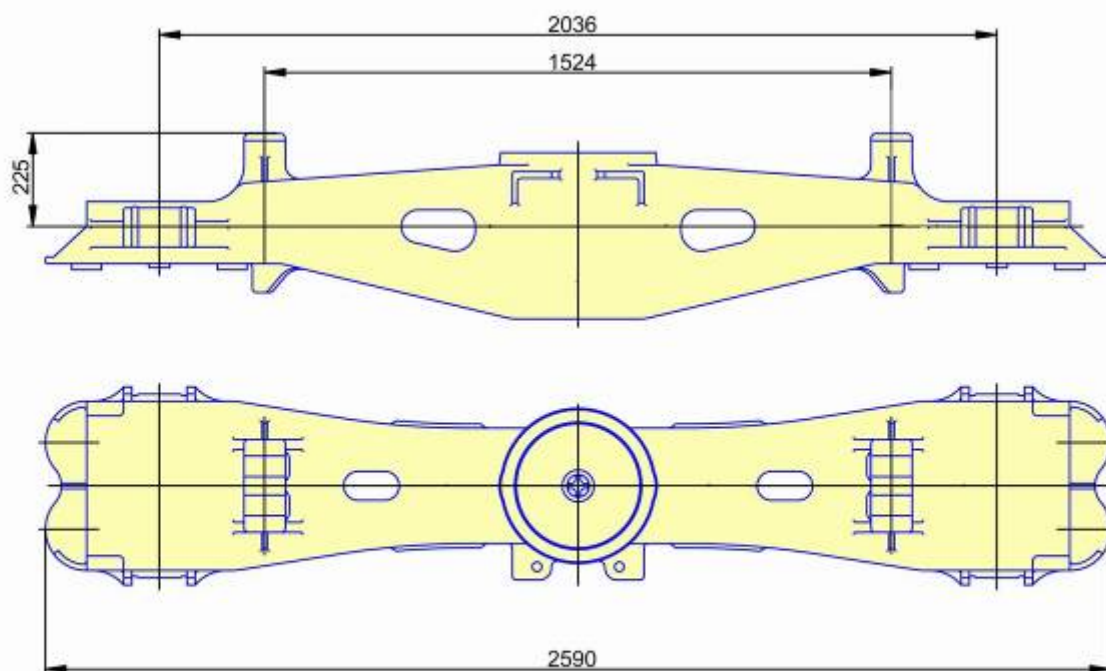
Прходная термическая электропечь

Нормализация отливок проводится в электропечи термической проходного типа. Загрузка печи отливками по 3 штуки производится горизонтальным толкателем каждые 15 минут. Нагрев отливок выполняют спирали сопротивления мощностью 1,3 мВт, расположенные по всему периметру камеры печи. Поддержание рабочей температуры в каждой из 4-х зон осуществляется автоматически с выдачей графиков термообработки.

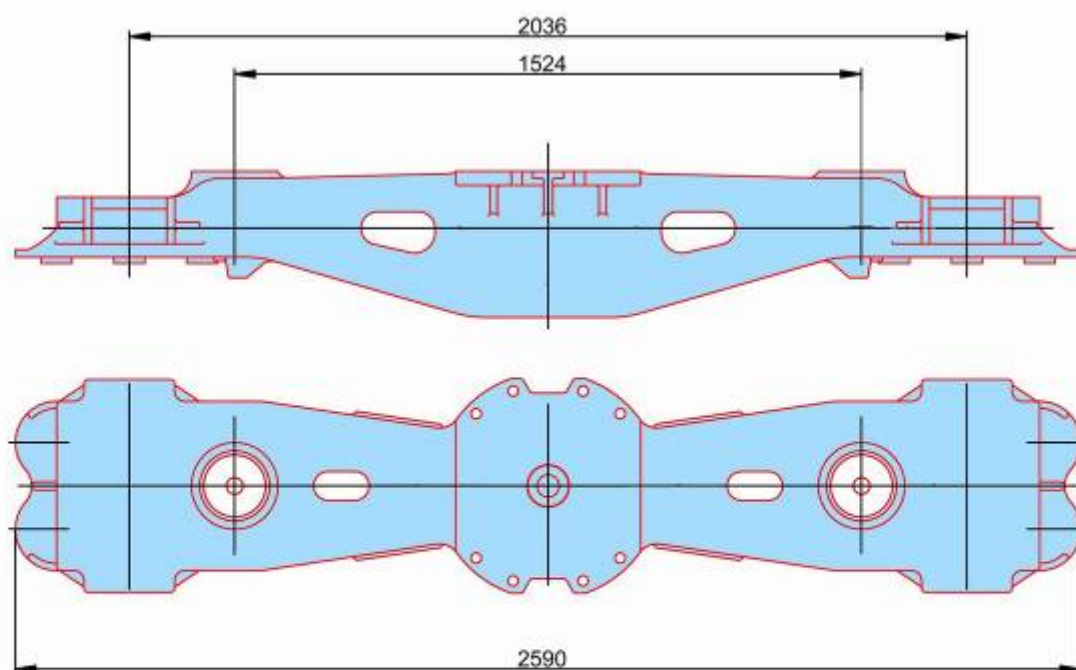
После изготовления модельной оснастки и отработки технологического процесса получения отливок была изготовлена опытная партия балок и рам, которые отгрузили на ФГУП «ПО Уралвагонзавод» для проведения полного комплекса испытаний. Положительные результаты этих испытаний еще раз подтвердили наши предположения о хорошем качестве стали, выплавляемой в печах на постоянном токе.



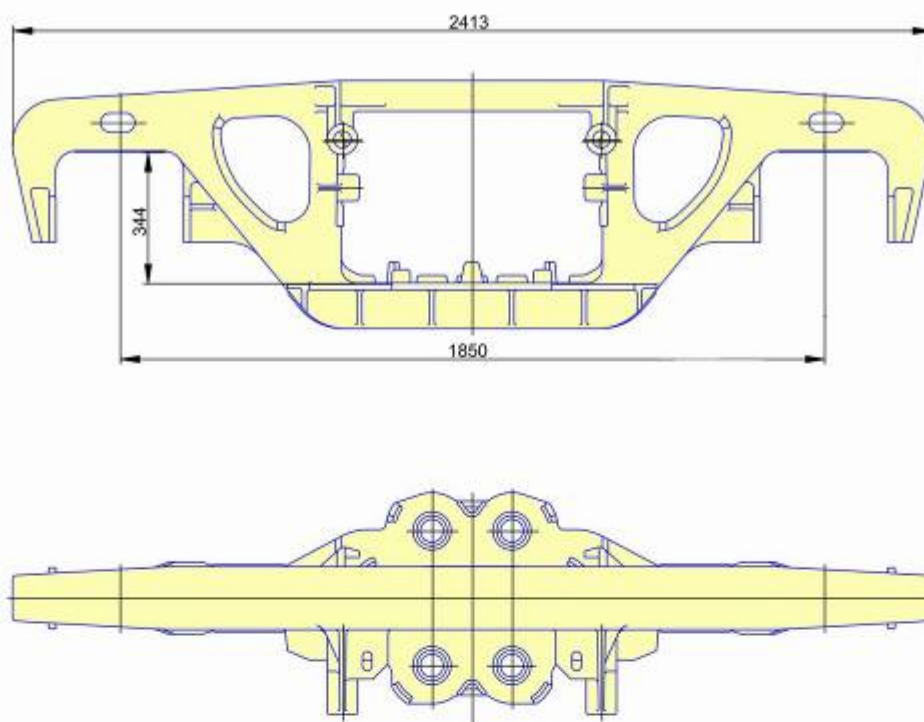
*Отливки «рама боковая»
после термической и дробеметной обработок*



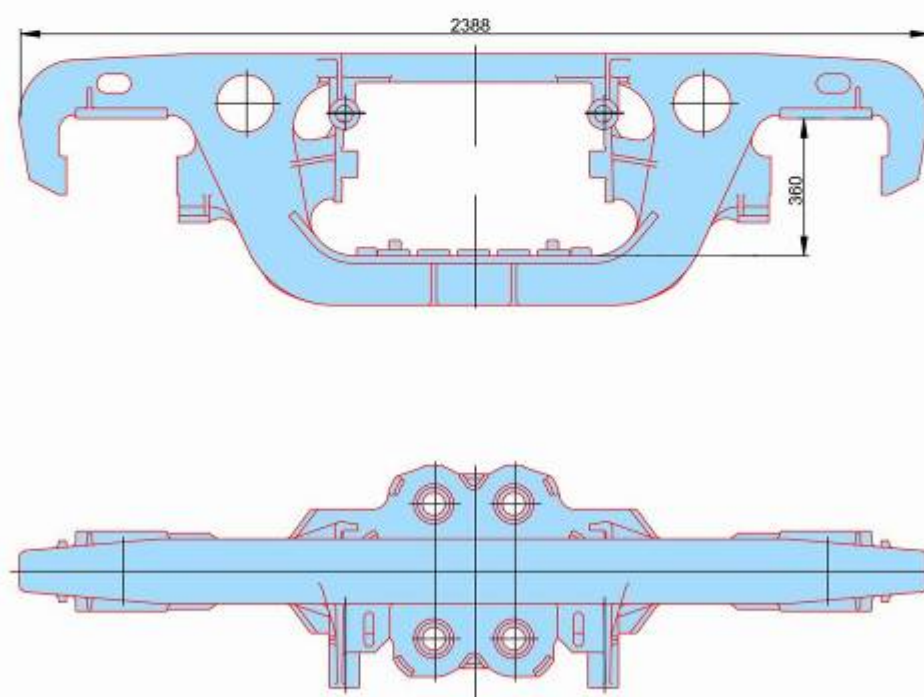
**Рисунок 2 - "Балка надрессорная" грузовой тележки модели 18-100
ФГУП "Уралвагонзавод" с нагрузкой на ось 22.5 тн/с**



**Рисунок 3 - "Балка надрессорная" конструкции ВНИКТИ (г.Коломна)
с нагрузкой на ось 25 тн/с**



**Рисунок 4 - "Рама боковая" грузовой тележки модели 18-100
ФГУП "Уралвагонзавод" с нагрузкой на ось 22.5 тн/с**



**Рисунок 5 - "Рама боковая" конструкции ВНИКТИ (г.Коломна)
с нагрузкой на ось 25 тн/с**

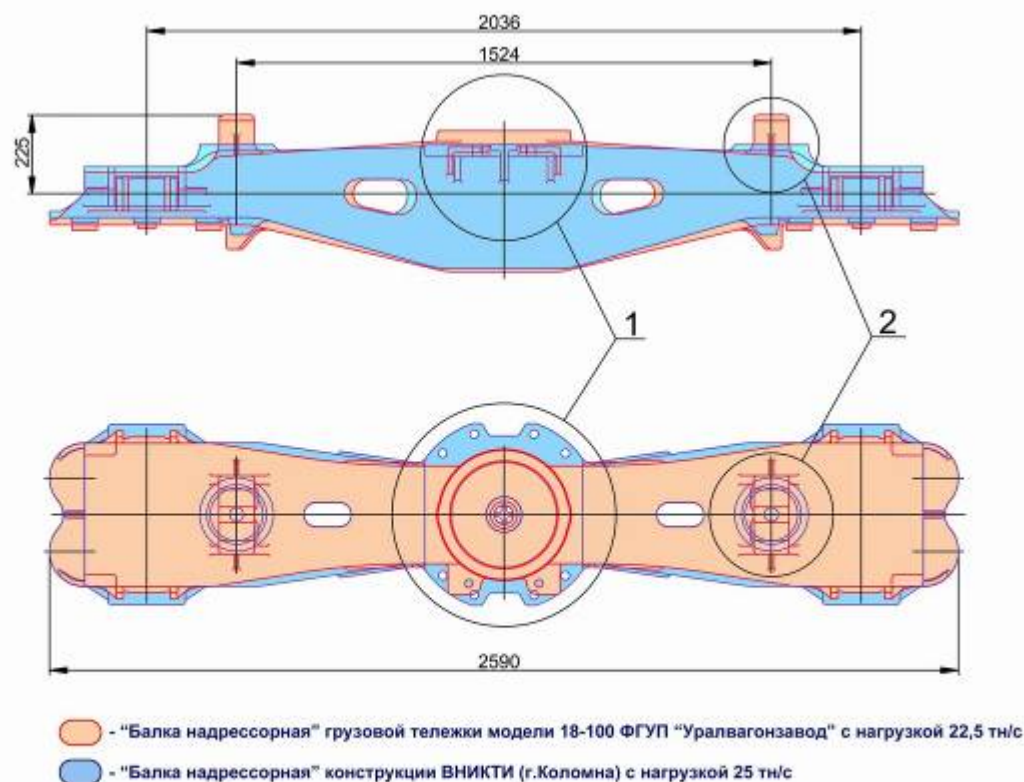


Рисунок 6 - Отличительные особенности конструкций "Балка наддресорная" грузовой тележки модели 18-100 ФГУП "Уралвагонзавод" и ВНИКТИ (г.Коломна)

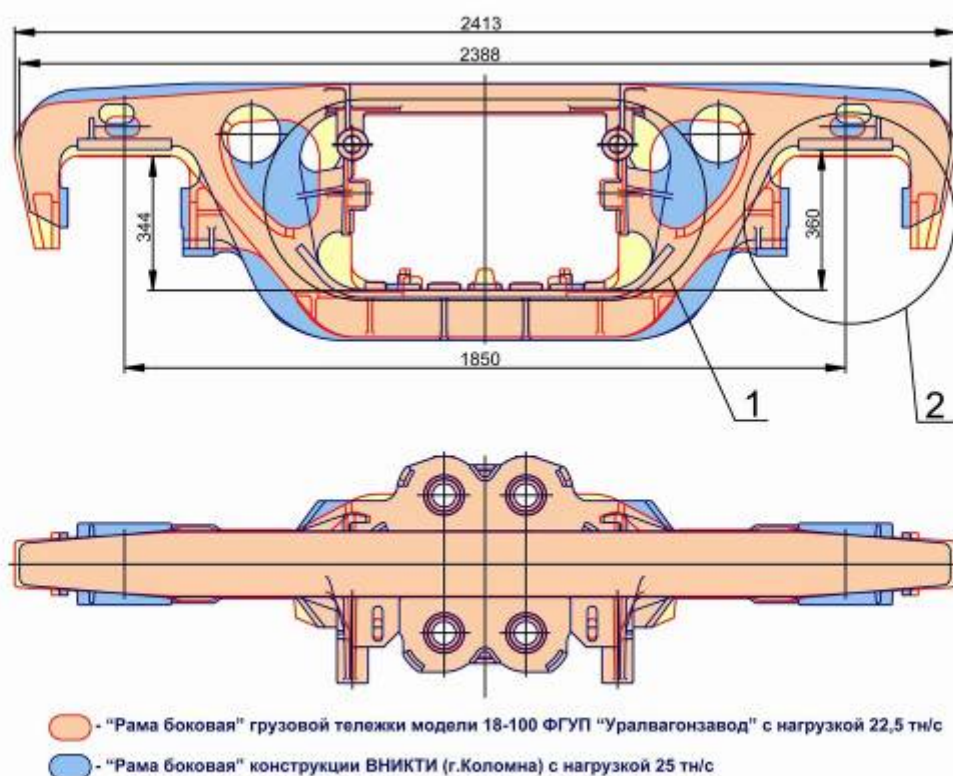


Рисунок 7 - Отличительные особенности конструкций "Рама боковая" грузовой тележки модели 18-100 ФГУП "Уралвагонзавод" и ВНИКТИ (г.Коломна)

В настоящее время на ООО «Усольвагонмаш» активно ведутся работы по поиску и внедрению в производство новых, перспективных конструкций «рам» и балок». Так, в июле 2006 года была изготовлена модельно-стержневая оснастка (металломоделли) новых «рам» и «балок» с нагрузкой на ось 25.0 тн/с конструкции ФГУП ВНИКТИ МПС России (г.Коломна), получены отливки.

Сравнительные характеристики «балок надрессорных» и «рам боковых» конструкции ФГУП «Уралвагонзавод» и ВНИКТИ (г.Коломна)

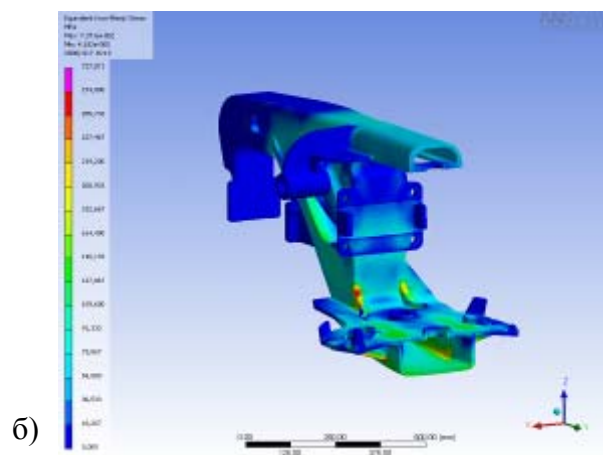
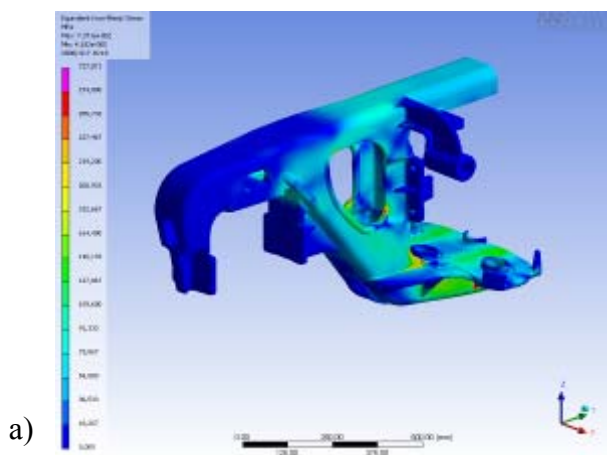
ФГУП «ПО Уралвагонзавод» «балка надрессорная» - Рисунок 2 «рама боковая» - Рисунок 3	ВНИКТИ (г. Коломна) «балка надрессорная» - Рисунок 4 «рама боковая» - Рисунок 5
Статические нагрузки: для «балки» - 235 тс. Для «рамы» - 265 тс.	Статические нагрузки: для «балки» - 235 тс. Для «рамы» - 265 тс.
Усталостные – не менее 120000 циклов, для обеих отливок.	Усталостные – не менее 120000 циклов, для обеих отливок.
Срок службы «балок» и «рам» должен быть – не менее 32 лет.	Срок службы «балок» и «рам» должен быть – не менее 32 лет.
По осевой нагрузке – 20 тс.	По осевой нагрузке – 25 тс.

**Особенности конструкций «балок надрессорных» грузовой тележки
Модели 18-100 ФГУП «Уралвагонзавод» и ВНИКТИ (г.Коломна)
(Рисунок 6):**

- 1 - на «балке» ВНИКТИ (г. Коломна) отсутствует подпятник;
- 2 - на «балке» ВНИКТИ (г. Коломна) отсутствуют скользуны.

**Особенности конструкций «рам боковых» грузовой тележки
Модели 18-100 ФГУП «Уралвагонзавод» и ВНИКТИ (г.Коломна)
(Рисунок 7):**

- 1- «рамы» отличаются конструкцией балочных проемов;
- 2- «рамы» отличаются конструкцией буксовых проемов;
- 3- отличаются размеры от подрессорных площадок до верхних площадок буксовых проемов.



*Результаты конечно-элементного анализа деталей на статическое нагружение
(распределение эквивалентных напряжений)*

ООО «Усольвагонмаш» ведет работу в тесном сотрудничестве с научными организациями, университетами. Совместно с Иркутским Государственным Техническим Университетом проведена научно-исследовательская работа по контролю циклических нагрузок с помощью конечно-элементного анализа на базе CAE-системы ANSYS. На спроектированной трехмерной модели проведены испытания: прочностные, статические, усталостные. По результатам испытаний установлено: 1. Напряжения в теле деталей не превышают предела прочности материала и приближаются к пределу текучести материала в нескольких локальных областях - концентраторах напряжений (сопряжения ребёр жёсткости с поверхностями). Данные области выделены на расчетной модели красным цветом; 2. Напряжения в более, чем 90% объёма деталей не превышает 160..170 МПа, что значительно меньше предела текучести материала.

При выполнении моделирования испытаний *на усталостную прочность* деталей в соответствии с методиками ФГУП «ПО Уралвагонзавод» установлено:

- в теле боковой рамы имеется несколько областей вероятного разрушения:
 - переход от меньшего радиусного перехода между наклонной и верхней гранями окна рамы к верхней грани окна;
 - области концентрации напряжений, выявленные при анализе напряжённо-деформированного состояния при моделировании статических испытаний;
- разрушение боковой рамы начинается после 3,48 млн. циклов нагружения-разгружения ($Q_{\min}=10$ тс, $Q_{\max}=60$ тс, частота приложения нагр=309 цикл/мин.)
- разрушение надрессорной балки начинается после 2,15 млн. циклов нагружения-разгружения ($Q_{\min}=10$ тс, $Q_{\max}=800$ тс, частота приложения нагр=309 цикл/мин.).

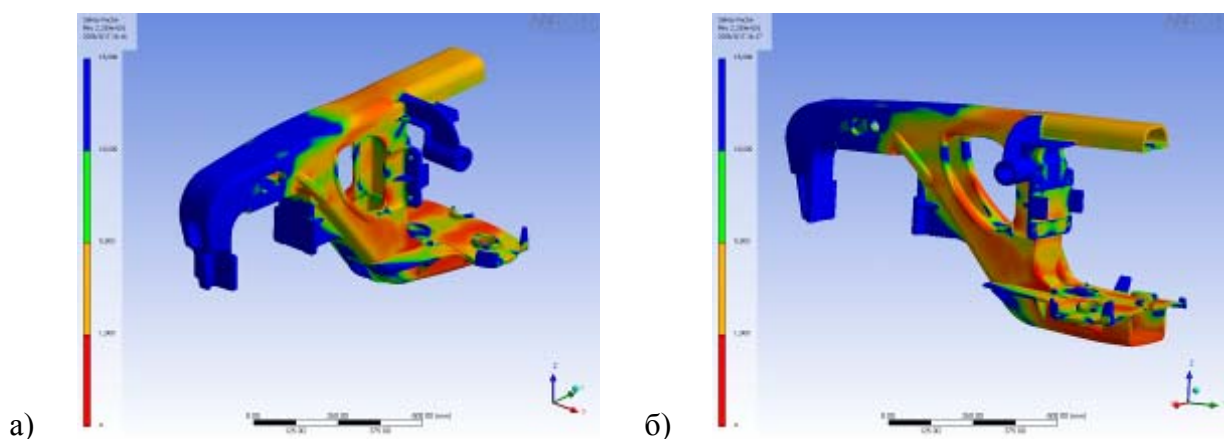


Рис. 5. Результаты конечно-элементного анализа деталей на усталостную прочность (распределение коэффициента запаса прочности)

Нормативное значение сертификационного показателя - 1,2 млн.циклов

Методика испытаний ФГУП «ПО Уралвагонзавод» разработана с учетом коэффициента запаса прочности деталей равным 1,5. Результаты инженерного анализа, проведенные в рамках данной научно-исследовательской работы показали увеличение запаса прочности деталей по сравнению с данными ФГУП «ПО Уралвагонзавод» в 1,2 – 1,3 раза, то есть 1,8-1,85.

Данные инженерного анализа показали наличие «узких» мест, которые позволили усовершенствовать конструкции «рамы боковой» и «балки надрессорной».

Результаты усталостных испытаний опытных отливок «рамы боковой» и «балки надрессорной» отражены в таблице № 3.

Как видно из таблицы № 3 основной показатель усталостных испытаний – число циклов нагружения – на раме превышает нормируемый показатель в 2,1 раза, на балке - на 30%.

На протяжении всего технологического процесса изготовления отливок предусматривается пооперационный контроль качества отливок. С этой целью приобретены приборы и оборудование для измерения всех необходимых параметров в том числе, современный цифровой ультразвуковой толщиномер УТ-04 ЭМА "Дельта" позволяющий без предварительной подготовки на любой стадии обработки отливки измерять толщину стенок.

**Результаты усталостных испытаний опытных отливок «рамы боковой»
и «балки надрессорной»**

Таблица № 3

Обозначение чертежа	Литей- ный	Р _{max} / Р _{min} ТС	Нормируемая величина: число циклов до разрушения при нагрузке Р _{min} =98кН (10 тс) Р _{max} =784 кН(80 тс) не менее	Количество циклов		Масса кг	Место разрушения
				до появления трещины	до разрушения		
Рама боковая черт. № 100.00.002-4	24	60/10	1200000	N _I = 2239500 N _{II} = 2434200	2526830	382	Г-Г
Балка надрессорная черт. № 100.00.001-5	28	60/10	1200000	N _I = 1245000 N _{II} = 1470000	1625000	495	4 - 4



Замер толщин отливок ультразвуковым толщиномером УТ-04 ЭМА "Дельта"

Самым прогрессивным и достоверным прибором по измерению геометрических размеров модели отливки на экране монитора компьютера на сегодняшний день является координатно-измерительная машина (КИМ) производства американской фирмы FARO Technologies, которая успешно эксплуатируется нами. Данная машина позволяет контролировать любые геометрические размеры, представляет возможность проводить измерения по заранее спроектированной на компьютере трехмерной модели. Проектирование осуществляется средствами автоматизированного CAD-комплекса Solid Works. Точность измерений данной КИМ составляет ±0,086 мм, рабочая зона– 3,7 м.



Контроль геометрических размеров модели на КИМ «FARO»

Эта измерительная техника установлена на участке неразрушающего контроля поточной линии производства отливок.

Заключительным переделом в производстве рам и балок является их механическая обработка. Для этого на ООО «Усольвагонмаш» организован цех, в котором смонтированы и эксплуатируются агрегатные станки производства гг. Ульяновска, Нижнего Тагила, Минска.



Специальный подрезной станок модели Ф008-002 для обработки подпятника надрессорной балки. Обработка всех поверхностей подпятника производится фасонным и другими резцами, установленными в многоинструментальной резцедержке плансуппорта при осевой и радиальной подаче. Оснащен пневматическим приспособлением.



Станок горизонтально-расточной модели 2А620 для обработки отверстий детали «рама боковая». Оснащен пневматическим приспособлением для установки и закрепления детали.



Станок специальный агрегатный многошпиндельный модели СМ 21.43 с числовым программным управлением. Предназначен для сверления отверстий в двух одновременно установленных деталей «рама боковая». Оборудован стационарным гидравлическим приспособлением.

Производство вагонного литья невозможно без внедрения системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9001, поэтому сейчас организован отдел менеджмента качества, занимающийся разработкой и внедрением этой системы. Проведены: обучение специалистов по этой системе и диагностический аудит действующих на предприятии стандартов комплексной системы управления качеством (КС УКП). Система менеджмента качества позволит нашему предприятию закрепить достигнутые успехи производства в области качества, освоение нового вида продукции, производства деталей стального литья для вагоностроения, обеспечить конкурентоспособность. Непременное участие в этом процессе всего коллектива предприятия является обязательным.

Уже в первой половине 2007 года планируется выпуск рам боковых и балок надрессорных с наращиванием объемов производства до проектной мощности.