

Введение

Авиационная промышленность -это отрасль, в которой Россия уверенно конкурирует с западными странами.

Развитие экономики и укрепление обороноспособности России через производство, поставку на рынок и послепродажную поддержку современной конкурентоспособности продукции военного и гражданского назначения является миссией ПАО «НАЗ им. В.П.Чкалова».

В связи с этим, одной из главных задач является не только сохранение высокого интеллектуально-технического уровня своей продукции, но и постоянное его совершенствование.

Проанализировав технологии сварочного производства некоторых элементов самолетов, были выявлены операции, наиболее нуждающиеся в совершенствовании и повышении общего уровня механизации.

До сих пор некоторые операции выполняются вручную, что отнимает много времени на сборку и сварку изделия. Одним из таких изделий является балка навески. В настоящий момент балка собирается при помощи одного слесаря и одного сварщика. Для того чтобы изготовить балку требуется постоянно ее кантовать, т.к. технология сварки накладывает определенную последовательность выполнения швов, а это невозможно выполнить в одиночку.

Цель работы –разработка приспособления для сборки и сварки балки навески, которое позволит ускорить процесс подготовки деталей перед сваркой, будет иметь возможность поворота изделия и доступ к сварке со всех сторон.

В выпускной квалификационной работе рассматривается разработка приспособления, позволяющее практически полностью исключить человеческий фактор при сварке и дается экономическая оценка эффективности от внедрения усовершенствованной технологии изготовления конструкции балки в производство.

1 Описание сварной конструкции

При проектировании сборочно-сварочного приспособления необходимо детально изучить особенности изготавливаемой конструкции.

Балка навески представляет собой конструкцию, заваренную в четырех местах ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом, как показано на рисунке 1.

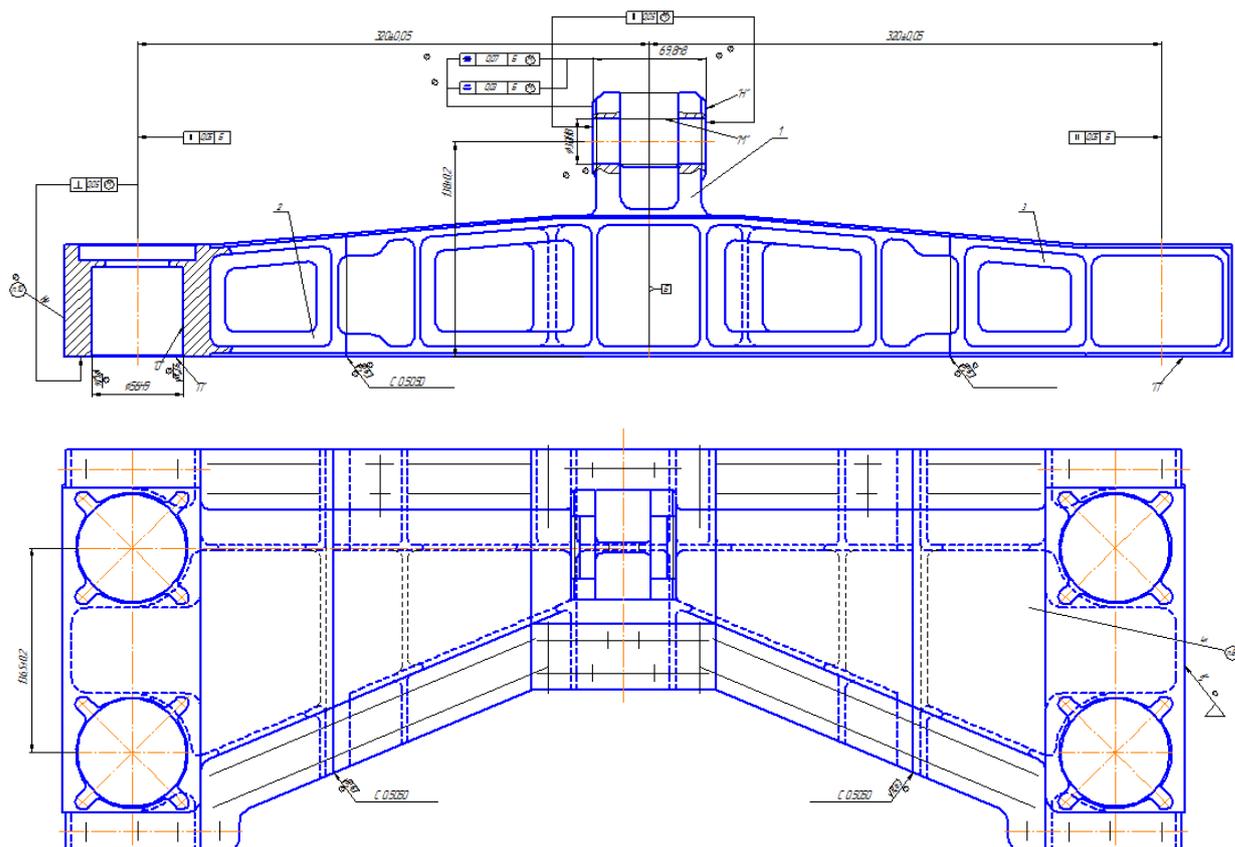


Рисунок 1 – Вид балки

Балка состоит из трех частей:

- левая;
- правая;
- центральная.

Балка заваривается в четырех местах. Проблема производства балки заключается в определенной последовательности наложения швов. При сварке изделие приходится постоянно кантовать. Т.к. сборка осуществляется, вручную это значительно замедляет производительность.

1.1 Материал сварной конструкции

Сталь 08X14H5M2ДЛ (ВНЛ-3) - это сталь коррозионно-стойкая высокопрочная мартенситного класса поставляемая по ОСТ 1 90090-79.

Сталь 08X14H5M2ДЛ применяют для деталей ответственного назначения авиационной промышленности.

Механические свойства стали 08X14H5M2ДЛ, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Механические свойства стали 08X14H5M2ДЛ

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ψ , %	НВ
1226	883	12	35	311-415

Химический состав стали 08X14H5M2ДЛ представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Химический состав стали 08X14H5M2ДЛ, в %

C	S	P	Mn	Cr	W	V	Ti	Si	Ni	Nb	N	Mo	Cu
0,08	0,03	0,03	1,00	13,00-14,00	0,2	0,05	0,05	0,70	4,5-5,5	0,1	0,05	1,5-2,0	1,2-1,75

Нагрев отливок до температур свыше 900°C должен производиться либо с эмалевым покрытием, либо в защитной среде (гелий, аргон, с точкой росы 52°C согласно ГОСТ 10157-79).

Охлаждение отливок после нагрева их под закалку рекомендуется производить вроссыпь с принудительным воздушным охлаждением. Для улучшения обрабатываемости резанием отливок из стали ВНЛ-3 следует после предварительной термообработки подвергать отливки высокому отпуску при температуре 650°C с охлаждением на воздухе или после закалки подвергать отливки отпуску при температуре 350°C с охлаждением на воздухе.

Стали мартенситного класса в условиях сварочного термического цикла в околошовных участках закаливаются на мартенсит с высокой твердостью и низкой деформационной способностью.[2]В результате деформаций, сопровождающих сварку, а также длительного действия высоких остаточных и структурных напряжений, имеющих в сварных соединениях в исходном состоянии после сварки, в таком металле возможно образование холодных трещин. Они образуются на последней стадии

непрерывного охлаждения или при выдержке металла при комнатных температурах. Водород, находящийся в сварных соединениях и диффундирующий даже при низких температурах, способствует охрупчиванию металла и образованию таких холодных трещин.

Предварительный и сопутствующий сварке подогрев обычно предотвращает образование трещин. Для хромистых сталей мартенситно-ферритных классов, как правило, рекомендуется общий подогрев до 200—450°C. Температура подогрева назначается большей с увеличением склонности к закалке и жесткости изделия. При любом сопутствующем подогреве опасно охлаждение ветром, так как при этом усиливается вероятность появления трещин. [1]

Для улучшения структуры и свойств необходимо осуществлять высокий отпуск. Структура после отпуска характеризуется сорбитом отпуска, с тем или иным количеством свободного феррита. Лучшие свойства достигаются при полном или почти отсутствии в структуре свободного феррита.

Однако термическая обработка не может проводиться вне временной связи со сварочной операцией. Если непосредственно после сварки изделие остудить до комнатных температур, то в металле швов и зон термического влияния будет получена структура мартенсита. Последующий высокий отпуск при термической обработке приводит к получению сорбитной структуры. Однако за период охлаждения при температурах ниже ~100°C и за период вылеживания изделия до начала термической обработки в сварных соединениях могут образовываться трещины как выходящие на поверхность, так и внутренние надрывы размером 1-4 мм, которые потом могут развиваться. [1]

Если после сварки осуществляемой с подогревом выше верхней мартенситной точки сваренное изделие поместить в печь не снижая его температуры ниже ~ 350°C, то мартенситного превращения в швах и в зонах термического влияния не произойдет, трещин в соединениях не образуется,

но конечная структура будет грубозернистой ферритно-карбидной. Металл с такой структурой обладает малой прочностью и низкой вязкостью.

Наилучшие свойства могут быть получены, когда после сварки с температур сопутствующего подогрева производят «подстуживание» примерно до 100°C, выдержку при этой температуре в течение 2ч (для завершения распада аустенит-мартенсит, без образования трещин) и посадку в печь для термической обработки всего изделия.

Свойства сварных соединений для обеспечения равной прочности с основным металлом зависят не только от режима термической обработки изделия после сварки, но и от режима термической обработки перед сваркой. Если отпуск после закалки перед сваркой производился при температурах ниже, чем те, которые использовались при термической обработке после сварки, то в сварных соединениях обнаруживается наиболее слабая зона на небольшом расстоянии (до 4—5 мм) от границы сплавления, в которой при сварке достигалась температура наиболее разупрочняющего отпуска. Термическая обработка изделия после сварки в таких случаях не восстанавливает свойств металла в этой зоне до свойств основного металла [10]. Для обеспечения равной прочности отпуск после сварки рекомендуется осуществлять при температуре приблизительно на 20°C ниже температуры отпуска заготовок до сварки.

Свариваемость хромоникелевых аустенитных сталей определяют с помощью структурной диаграммы Шеффлера по эквивалентным концентрациям хрома и никеля [4]. Эквивалентное содержание хрома и никеля в металле шва стали 08X14H5M2ДЛ определяют по формулам:

$$Cr_3 = \%Cr + \%1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot \%Nb + \%Mo + 0,5 \cdot \%V + 4,0 \cdot Ti, \quad (1)$$

$$Ni_3 = \%Ni + 30 \cdot \%C + 30 \cdot \%N + 0,5 \cdot \%Mn, \quad (2)$$

где Cr, Si, Nb, V, Mo, Ti, Ni, C, N, Mn - процентное содержание элементов в металле шва (см. таблицу 2).

$$Cr_3 = 13,5 + 1,5 \cdot 0,7 + 0,1 + 1,75 + 0,5 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,05 = 16,63\%,$$

$$Ni_3 = 5 + 30 \cdot 0,08 + 30 \cdot 0,05 + 0,5 \cdot 1 = 9,4\%.$$

При помощи диаграммы Шеффлера (рисунок 2) определяем примерный тип микроструктуры сварного шва.

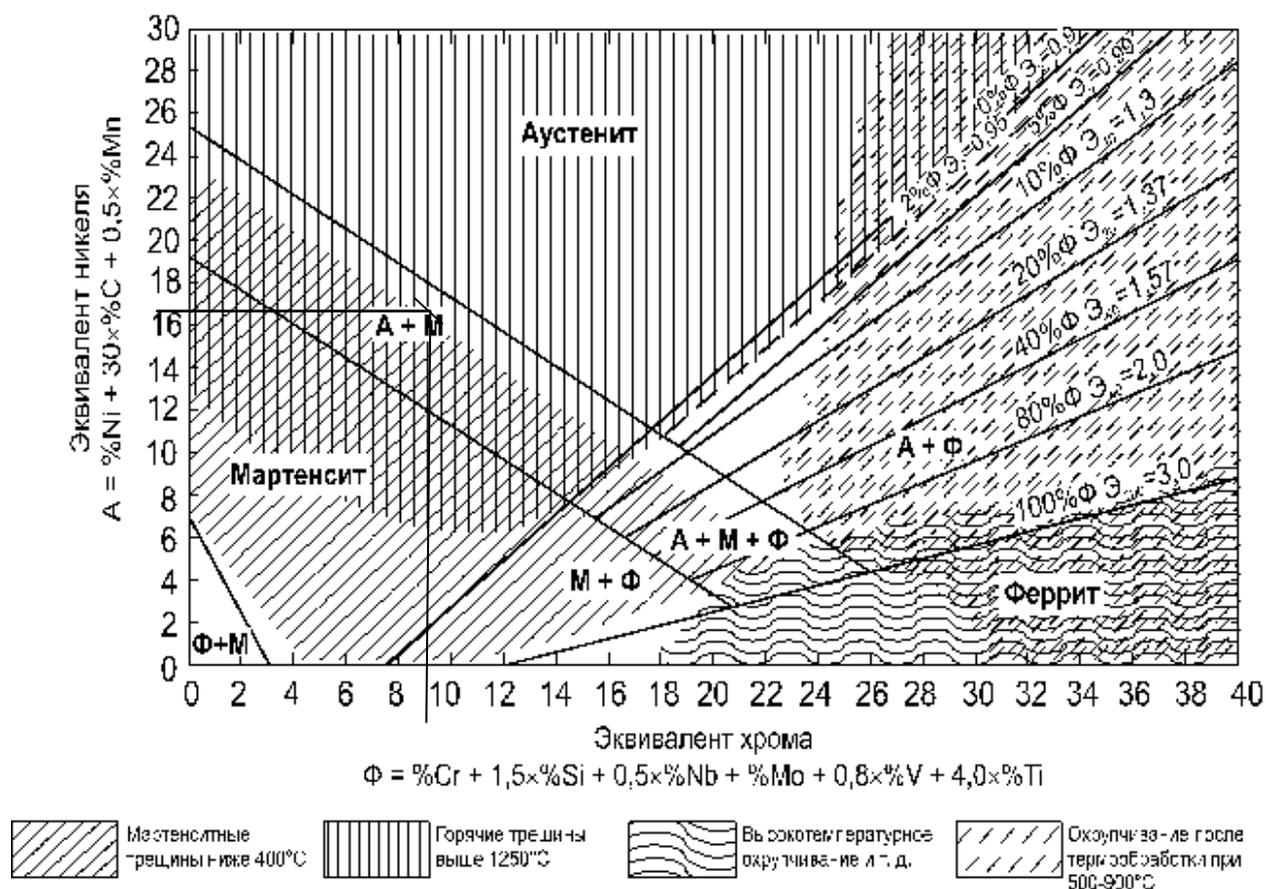


Рисунок 2 – Диаграмма Шеффлера

Микроструктура сварного шва – аустенитно-мартенситная.

1.2 Способ сварки

К сварным соединениям, выполненным из аустенитной стали 08X14H5M2ДЛ, предъявляются высокие требования к качеству.

На предприятии ПАО «НАЗ им. В.П.Чкалова» для сварки балки используется ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов.

Данный способ сварки обеспечивает хорошее качество и формирование сварных швов, позволяет точно поддерживать глубину проплавления металла.

Недостатками аргонодуговой сварки являются невысокая производительность. Применение же автоматической сварки невозможно, в связи с конструктивной особенностью балки.

1.3 Сварочные материалы

При сварке балки в качестве неплавящегося электрода применяется лантанированный электрод марки ВЛ / ЭВЛ-2(WL-20).

Данные электроды имеют очень легкий первоначальный запуск дуги, низкую склонность к прожогам, устойчивую дугу и отличную характеристику повторного зажигания дуги.

Добавление 1,0 - 2,0% оксида лантана увеличивает максимальный ток, несущая способность электрода примерно на 50% больше для данного типоразмера при сварке на переменном токе, чем чисто вольфрамового. По сравнению с цериевыми и ториевыми, лантановые электроды имеют меньший износ рабочего конца электрода.

Лантановые электроды более долговечны и меньше загрязняют вольфрамом сварной шов. Оксид лантана равномерно распределен по длине электрода, что позволяет длительное время сохранять при сварке первоначальную заточку электрода. Это серьезное преимущество при сварке на постоянном (прямой полярности) или переменном токе от улучшенных источников сварочного тока, сталей и нержавеющей сталей. При сварке на переменном синусоидальном токе рабочий конец электрода должен иметь сферическую форму.

В качестве присадочного материала применяется проволока Св-03Х12Н9М2С-ВИ (ЭП659А), которая производится в соответствии с ТУ 14-1-3013-80, следующего химического состава (таблица 3).

Таблица 3 -Химический состав сварочной проволоки Св-03Х12Н9М2С-ВИ по ТУ 14-1-3013-80, %

С	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	Al	S	P
≤0,03	1,40- 1,70	0,60- 0,90	11,60- 12,00	0,20- 0,30	8,50- 8,90	0,010	≤0,010	≤0,010

Проволока сварочная Св-03Х12Н9М2С-ВИ (ЭП659А) применяется для сварки нержавеющей сталей и сплавов с повышенными требованиями к качеству шва и межкристаллической коррозии, проволока выплавляется вакуумно-индукционным способом, что в результате сварки дает

высококачественный шов. Эта марка проволоки предназначена для сварки и наплавки деталей оборудования химического, энергетического машиностроения.

В качестве защитного газа для сварки стали 08X14H5M2Д используется аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79, так как для борьбы с трещинами следует применять материалы повышенной чистоты. Состав газа указан в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав аргона высшего сорта по ГОСТ 10157-79

Ar, %, не менее	O ₃ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, К, не более
99,992	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215

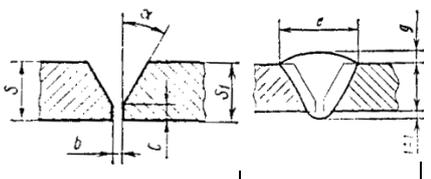
В сварочном производстве используется аргон, поставляемый в газообразном и жидком состоянии. Газообразный аргон отпускают, хранят и транспортируют в стальных баллонах (по ГОСТ 949-73), или автоцистернах под давлением $15 \pm 0,5$ или $20 \pm 1,0$ МПа при 293°К. При поставке аргона в баллонах вместимостью 40 дм³ объём газа в баллоне составляет 6,2 м³ (давление 15 МПа, температура 293°К).

1.4 Режимы сварки

Толщина свариваемых кромок 10 мм, при сварке используется разделка С17 по ГОСТ 14771-76 (таблица 5).

Таблица 5 - Ориентировочные размеры сварных швов стыковых соединений из нержавеющей стали (сварка в среде аргона).

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s = s ₁	b		c ± 1	e ± 2	g		g ₁	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.			Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b		$c \pm 1$	$e \pm 2$	g		g_1	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.			Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.
C17		ИИп	9,0 – 10,0	1	± 1	1	14	1	± 1	1	± 1	

Сварки неплавящимся вольфрамовым электродом осуществляется на режимах, приведенных в таблице 6[3].

Таблица 6- Режимы аргодуговой сварки вольфрамовым электродом постоянным током прямой полярности нержавеющей сталей

Тип соединения	Толщина материала, мм	Диаметр проволоки, мм	Режим сварки		
			Ток, А	Напряжение дуги, В	Расход газа, л/мин
В стык с разделкой кромок	10	1,6	90	9	5

1.5 Сварочное оборудование

В качестве источника питания для дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона применяется ТИР-300. Технические характеристики ТИР-300 указаны в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики ТИР-300

Параметры	Значения
Номинальный сварочный ток, А	300
Пределы регулирования сварочного тока, А	
первая ступень	10-150
вторая ступень	40-300
Номинальное напряжение питающей сети, В	220,380
Режим работы	Продолжительный
Напряжение холостого хода, В	65

Номинальное рабочее напряжение, В	30
К.П.Д., %	75

Продолжение таблицы 7

Габаритные размеры, мм	1230 × 620 × 1000
Масса, кг, не более	480
Климатическое исполнение, категория размещения	У3

2 Конструкторская часть

2.1 Схема базирования свариваемой конструкции

Базирование деталей балки навески осуществляем по схеме УНО. Базирование деталей осуществляем последовательно.

Выполним базирование детали 1. В качестве главной базы выбираем I поверхность детали и опираем ее на 3 точки, лишая 3 степеней свободы. Опорная база (1,2,3) лишает возможность перемещения нижнего пояса вдоль оси Oz и вращения вокруг осей Oy и Ox.

Базирование по поверхности II осуществляется на пальце (4,5) и лишает возможности перемещения вдоль Ox и Oy.

Для избавления от вращения вокруг оси Oz используется базирование по поверхности III, которое осуществляется на втором срезанном пальце (6).

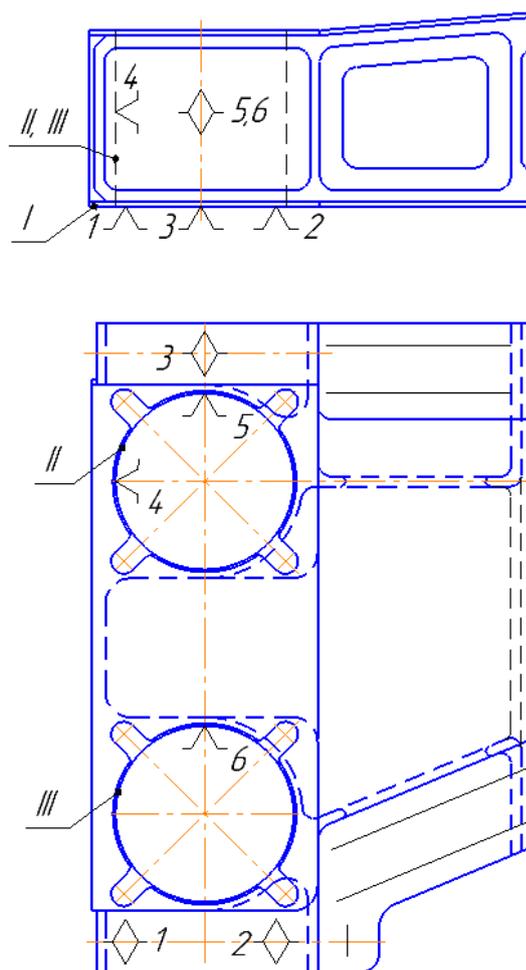


Рисунок 3- Базирование детали 1

Центральная часть балки лишается 6 степеней свободы при использовании опорной базы, направляющей и упорной баз. Опорная база (7,8,9) лишает возможность перемещения нижнего пояса вдоль оси Oz и вращения вокруг осей Oy и Ox. Упорную базу (10) используем для лишения возможности перемещения вдоль Oy. Направляющую базу (11,12) используем для лишения возможности перемещения вдоль Ox, а также вращения вокруг оси Oz.

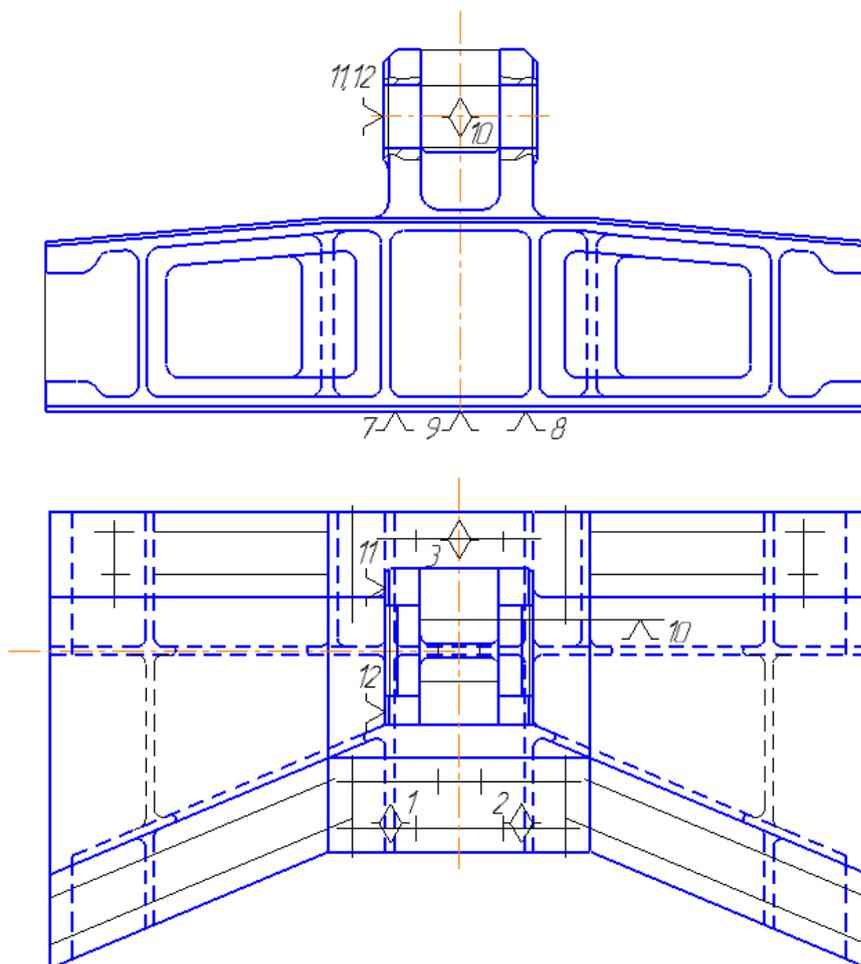


Рисунок 4– Базирование детали 2

Базирование детали 3 осуществляется в той же последовательности, что и деталь 1.

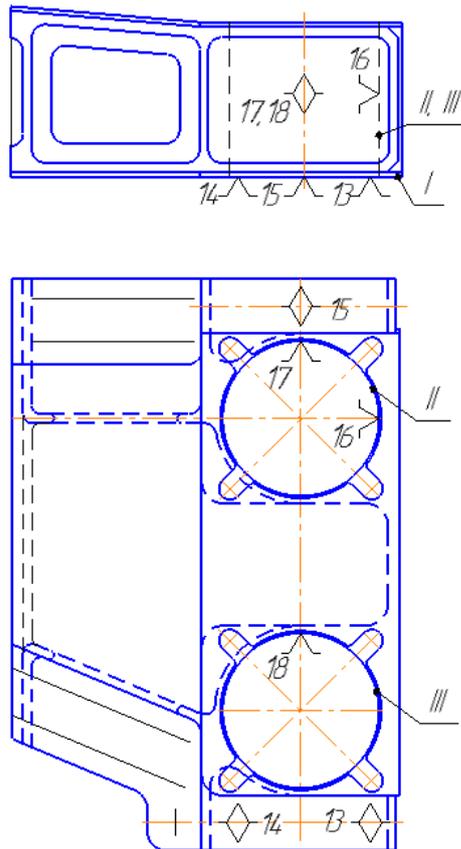


Рисунок 5- Базирование детали 3

2.2 Разработка принципиальной схемы приспособления

Для разработки принципиальной схемы приспособления необходимо учитывать выбранную схему базирования.

При сборке под сварку необходимо последовательно ориентировать собираемые в изделие детали, учитывать их совмещение в соответствии с размерами сборочного чертежа и временные закрепления деталей перед сваркой с помощью зажимных устройств. В свою очередь, установочные детали приспособления будут определяться поверхностями собираемого изделия.

Тип и размеры установочных элементов, их количество и взаимное расположение будут определяться исходя из выбранной схемы базирования.

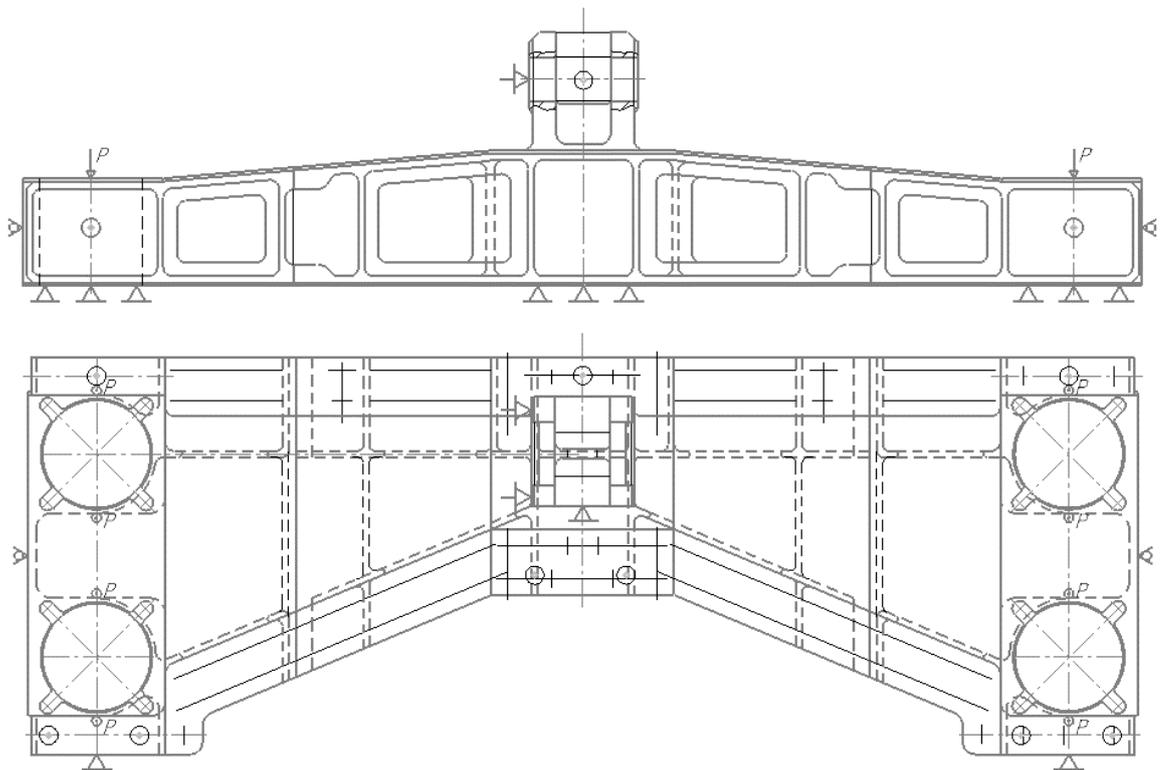


Рисунок 6 - Принципиальная схема приспособления для сборки и сварки балки

2.3 Размерные цепи

2.3.1 Размерная цепь балки навески

Размерная цепь балки представлена на рисунке 7. В работе принимаем, что сборка и балки навески осуществляется методом полной взаимозаменяемости. В этом случае расчет размерной цепи ведется методом максимум-минимум, используя методику решения обратной задачи.

Метод максимума–минимума полагает, что все составляющие звена размерной цепи одновременно имеют самые неблагоприятные значения. Например, все увеличивающие звенья имеют максимальные значения, а все уменьшающие – минимальные.

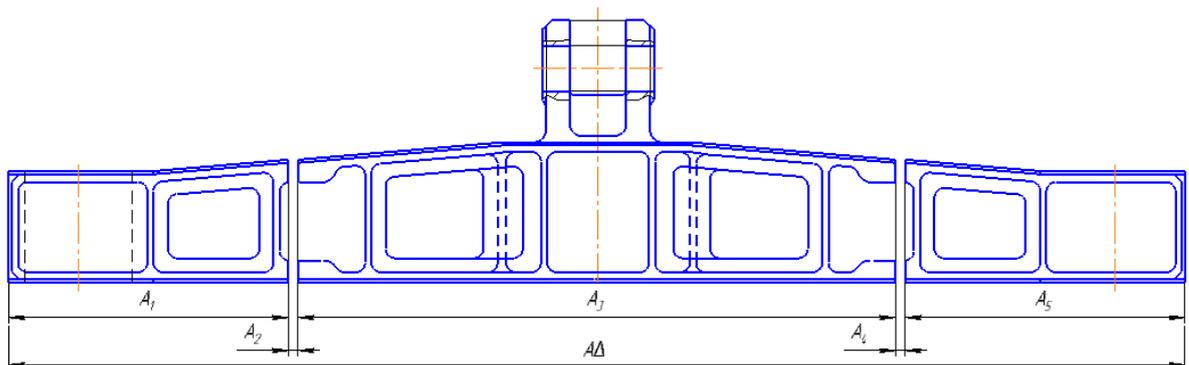


Рисунок 7 – Размерные цепи

На рисунке 14 замыкающим звеном является $A\Delta$, увеличивающими $\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{A}_3, \vec{A}_4, \vec{A}_5$. Размеры звеньев $A_1 = 175,5 \pm 0,5$ мм, $A_2 = 1 \pm 1$ мм, $A_3 = 379 \pm 0,7$ мм, $A_4 = 1 \pm 1$ мм, $A_5 = 175,5 \pm 0,5$ мм.

Номинальный размер замыкающего звена, мм.

$$A\Delta = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \vec{A}_i, \quad (1)$$

где \vec{A}_i - сумма номинальных размеров увеличивающих звеньев; \vec{A}_i - сумма номинальных размеров уменьшающих звеньев.

Подставляем значения в формулу (1) и получаем:

$$A\Delta = 175,5 + 1 + 379 + 1 + 175,5 = 732 \text{ мм.}$$

Верхний предельный размер замыкающего звена, мм

$$\Delta_{BA\Delta} = \sum_{i=1}^n A_{B\vec{A}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} A_{H\vec{A}_i}, \quad (2)$$

где $\sum_{i=1}^n A_{B\vec{A}_i}$ - сумма наибольших предельных размеров увеличивающих звеньев; $\sum_{n+1}^{m-1} A_{H\vec{A}_i}$ - сумма наименьших предельных размеров уменьшающих звеньев.

Подставляем значения в формулу (2) и получаем:

$$\Delta_{BA\Delta} = 176 + 2 + 379,7 + 2 + 176 = 735,7 \text{ мм.}$$

Нижний предельный размер замыкающего звена

$$\Delta_{HA\Delta} = \sum_{i=1}^n A_{H\vec{A}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} A_{B\vec{A}_i}, \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^n A_{H\vec{A}_i}$ - сумма наименьших предельных размеров увеличивающих звеньев; $\sum_{n+1}^{m-1} A_{B\vec{A}_i}$ - сумма наибольших предельных размеров уменьшающих звеньев.

Подставляем значения в формулу (3) и получаем:

$$\Delta_{HA\Delta} = 175 + 0 + 378,3 + 0 + 175 = 728,3 \text{ мм.}$$

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена

$$\Delta_{B_{A_{\Delta}}} - A_{\Delta} = 735,7 - 732 = 3,7 \text{ мм.} \quad (4)$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена

$$\Delta_{H_{A_{\Delta}}} - A_{\Delta} = 728,3 - 732 = -3,7 \text{ мм.} \quad (5)$$

Следовательно, размер замыкающего звена составит

$$A_{зам} = 732^{+3,7}_{-3,7} \text{ мм.}$$

2.3.2 Размерная цепь приспособления

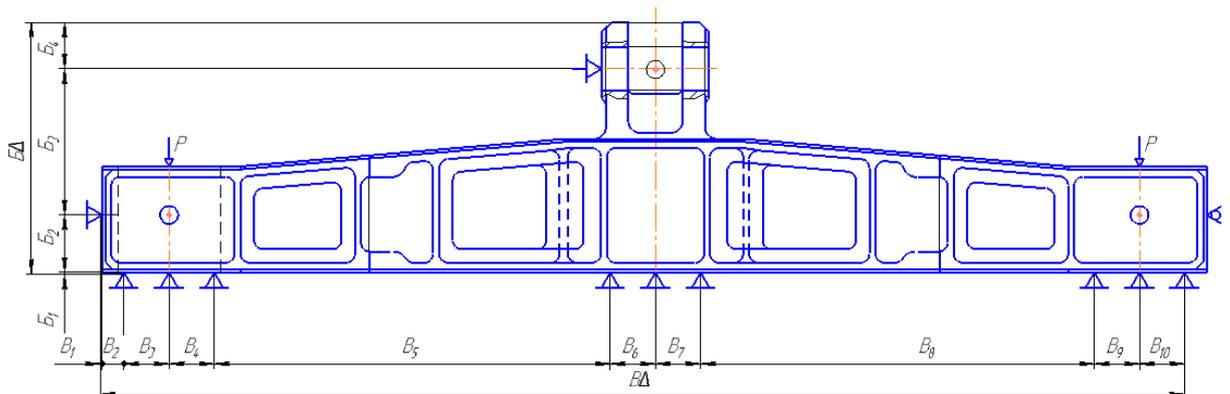


Рисунок 8 – Размерная цепь приспособления 1

В размерной цепи Б замыкающим звеном является B_{Δ} , увеличивающими $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3, \vec{B}_4$. Размеры звеньев $B_1 = 0^{+0,2} \text{ мм}$, $B_2 = 38,5 \pm 0,2 \text{ мм}$, $B_3 = 98 \pm 0,3 \text{ мм}$, $B_4 = 31 \pm 0,2 \text{ мм}$.

Подставляем значения в формулу (1) и получаем:

$$B_{\square} = 0 + 38,5 + 98 + 31 + 0 = 167,5 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (2) и получаем:

$$\Delta_{B_{B_{\Delta}}} = 0,2 + 38,7 + 98,3 + 31,2 + 0,2 = 168,6 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем:

$$\Delta_{H_{B_{\Delta}}} = 0 + 38,3 + 97,7 + 30,8 + 0 = 166,8 \text{ мм.}$$

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (4):

$$\Delta_{B_{B_{\Delta}}} - B_{\Delta} = 168,6 - 167,5 = 1,1 \text{ мм.}$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (5):

$$\Delta_{H_{B_{\Delta}}} - B_{\Delta} = 166,8 - 167,5 = -0,7 \text{ мм.}$$

Следовательно, размер замыкающего звена составит

$$B_{зам} = 167,5_{-0,7}^{+1,1} \text{ мм.}$$

В размерной цепи В замыкающим звеном является B_{Δ} , увеличивающими $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3, \vec{B}_4, \vec{B}_5, \vec{B}_6, \vec{B}_7, \vec{B}_8, \vec{B}_9, \vec{B}_{10}$. Размеры звеньев

$$B_1 = 0^{0,2} \text{ мм, } B_2 = 3 \pm 0,1 \text{ мм, } B_3 = 30 \pm 0,2 \text{ мм, } B_4 = 30 \pm 0,2 \text{ мм,}$$

$$B_5 = 263 \pm 0,4 \text{ мм, } B_6 = 30 \pm 0,2 \text{ мм, } B_7 = 30 \pm 0,2 \text{ мм, } B_8 = 263 \pm 0,4 \text{ мм,}$$

$$B_9 = 30 \pm 0,2 \text{ мм, } B_{10} = 30 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (1) и получаем:

$$B_{\square} = 0 + 3 + 30 + 30 + 263 + 30 + 30 + 263 + 30 + 30 + 3 + 0 = 712 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (2) и получаем:

$$\Delta_{BB_{\square}} = 0,2 + 3,1 + 30,2 + 30,2 + 263,4 + 30,2 + 30,2 + 263,4 + 30,2 + 30,2 + 3,1 + 0,2 = 714,6 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем:

$$\Delta_{HB_{\square}} = 0 + 2,9 + 29,8 + 29,8 + 262,6 + 29,8 + 29,8 + 262,6 + 29,8 + 29,8 + 2,9 + 0 = 709,8 \text{ мм.}$$

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (4):

$$\Delta_{BB_{\Delta}} - B_{\Delta} = 714,6 - 712 = 2,6 \text{ мм.}$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (5):

$$\Delta_{HB_{\Delta}} - B_{\Delta} = 709,8 - 712 = -2,2 \text{ мм.}$$

Следовательно, размер замыкающего звена составит

$$B_{зам} = 1090 \pm 3,6 \text{ мм.}$$

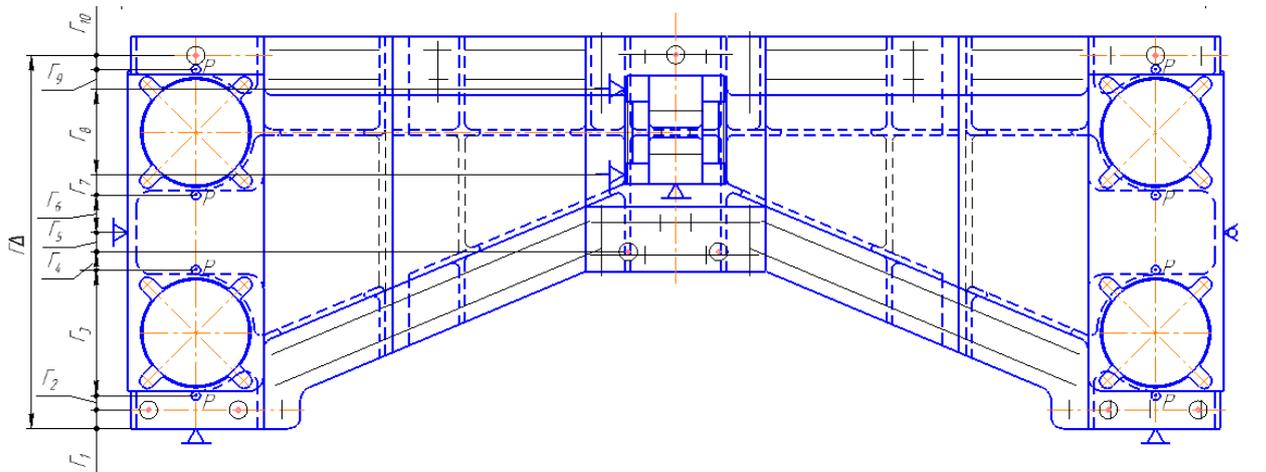


Рисунок 9 – Размерная цепь приспособления 2

В размерной цепи Γ замыкающим звеном является Γ_{Δ} , увеличивающими $\vec{\Gamma}_1, \vec{\Gamma}_2, \vec{\Gamma}_3, \vec{\Gamma}_4, \vec{\Gamma}_5, \vec{\Gamma}_6, \vec{\Gamma}_7, \vec{\Gamma}_8, \vec{\Gamma}_9, \vec{\Gamma}_{10}$. Размеры звеньев $\Gamma_1 = 12,5 \pm 0,15$ мм, $\Gamma_2 = 9,5 \pm 0,1$ мм, $\Gamma_3 = 84 \pm 0,3$ мм, $\Gamma_4 = 12 \pm 0,15$ мм, $\Gamma_5 = 38 \pm 0,2$ мм, $\Gamma_6 = 13,5 \pm 0,15$ мм, $\Gamma_7 = 28,5 \pm 0,15$ мм, $\Gamma_8 = 29 \pm 0,15$ мм, $\Gamma_9 = 13 \pm 0,15$ мм, $\Gamma_{10} = 9,5 \pm 0,1$ мм.

Подставляем значения в формулу (1) и получаем:

$$\Gamma_{\square} = 12,5 + 9,5 + 84 + 12 + 38 + 13,5 + 28,5 + 29 + 13 + 9,5 = 249,5 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (2) и получаем:

$$\Delta_{B\vec{\Gamma}_{\square}} = 12,65 + 9,6 + 84,3 + 12,15 + 38,2 + 13,65 + 28,65 + 29,15 + 13,15 + 9,6 = 251,1 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем:

$$\Delta_{H\vec{\Gamma}_{\square}} = 299 + 124,5 + 49,8 + 124,5 = 597,8 \text{ мм.}$$

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (4):

$$\Delta_{B\Gamma_{\Delta}} - \Gamma_{\Delta} = 251,1 - 249,5 = 1,6 \text{ мм.}$$

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена по формуле (5):

$$\Delta_{H\Gamma_{\Delta}} - \Gamma_{\Delta} = 247,9 - 249,5 = -1,6 \text{ мм.}$$

Следовательно, размер замыкающего звена составит

$$\Gamma_{\text{зам}} = 249,5 \pm 1,6 \text{ мм.}$$

2.4 Схема действия сил на детали изделия

Для обеспечения неподвижности швеллера требуемое усилие находится следующим образом.

Масса балки равна 29,1 кг

Требуемое усилие получается:

$$P = \frac{k \cdot G \cdot \mu}{n} = \frac{1,5 \cdot 29,1 \cdot 0,16}{2} = 3,5 \text{ кгс} = 35 \text{ Н}$$

2.5 Выбор зажимного устройства

Расчет силовых цилиндров производится в зависимости от усилия на штоке P , диаметра цилиндра D и давления в цилиндре Q .

Диаметр штока рассчитывается исходя из условий прочности под действием силы зажима. Шток изготавливается из нержавеющей стали

(например, 12X18Н10Т), допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma]=184$ МПа.

Тогда

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma]$$

где F – площадь поперечного сечения штока, равная

$$F = \frac{\pi d^2}{4}$$

P - усилие на штоке равно 35 Н/мм.

Тогда,

$$\sigma = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma] \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35}{3,14 \cdot 184 \cdot 10^6}} = 0,018 \text{ м}$$

Принимаем диаметр штока 20 мм.

Зависимость диаметра цилиндра от диаметра штока $d=(0,325 \dots 0,545)D$.

Тогда принимаем диаметр цилиндра D , равным 50 мм. [16]

В цилиндрах двустороннего действия при толкающем движении штока:

$$P = Q \frac{\pi D^2}{4} \eta, \quad (8)$$

где η – коэффициент полезного действия, равный 0,85...0,95.

Q – давление сжатого воздуха или масла в цилиндре, МПа.

Найдем давление в цилиндре по формуле (8):

$$Q = \frac{4P}{\pi D^2 \eta} = \frac{4 \cdot 35}{3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 0,9} = 0,026 \text{ МПа} = 0,3 \text{ бар},$$

2.6 Проектирование основания приспособления

В качестве основания приспособления в работе предлагается использовать поворотную раму. Рама представляет собой конструкцию, состоящую из:

- трубы квадратного профиля, 2 шт;
- заглушки на трубы, 4 шт;
- пластина-кантователя, 2 шт
- опорная пластина под изделие, 3 шт;
- палец установочный, 4 шт;

Конструктивно назначаем размеры рамы 1500x1000x100 мм. Необходимо провести расчет рамы на прочность в зависимости от веса собираемой на ней конструкции и всех установочно-зажимных устройств, располагающих непосредственно на ней.

Принимаем, что вес всех конструкций, расположенных на раме составляет равномерно, распределенную нагрузку тогда деформация рамы будет проходить по схеме.

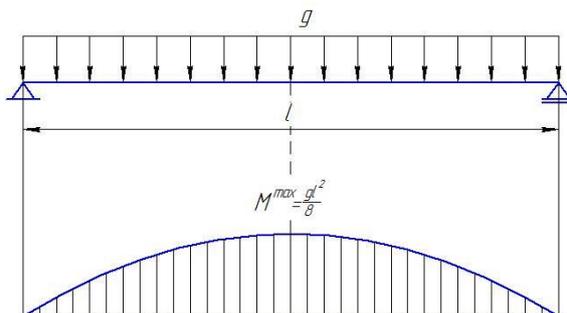


Рисунок 10 – Схема распределения усилий на свободном пролете рамы
Вес балки равен 291 Н, вес приспособлений принимаем равным весу балки 291 Н, тогда общий вес нагрузки равен 582 Н; общая распределенная нагрузка будет равна $g=2412$ Н/м.

Свободный пролет $l=0,715$ м.

Тогда максимальный изгибающий момент в самом опасном месте сечения равен:

$$M^{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{582 \cdot 0,715^2}{8} = 37 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Прочность на поперечный изгиб определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{M^{\max}}{W_x} = [\sigma]$$

Т.к. часть рамы, которая воспринимает основную нагрузку, представляет собой лист толщиной 5 мм и шириной 120 мм, тогда осевой момент сопротивления находим по формуле:

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,5^2}{6} = 0,5 \text{ см}^3 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

где b – длина свободного пролета стола, 1400 мм; h – высота профиля, 50 мм.

Тогда прочность стола будет равна:

$$\sigma = \frac{37}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 74 \text{ МПа} \leq 210 \text{ МПа}$$

Не превышает допусковых значений. Трех кратный запас по прочности обусловлен возможностью применения приспособления для других узлов при изменении номенклатуры производства ПАО «НАЗ им. В.П.Чкалова».

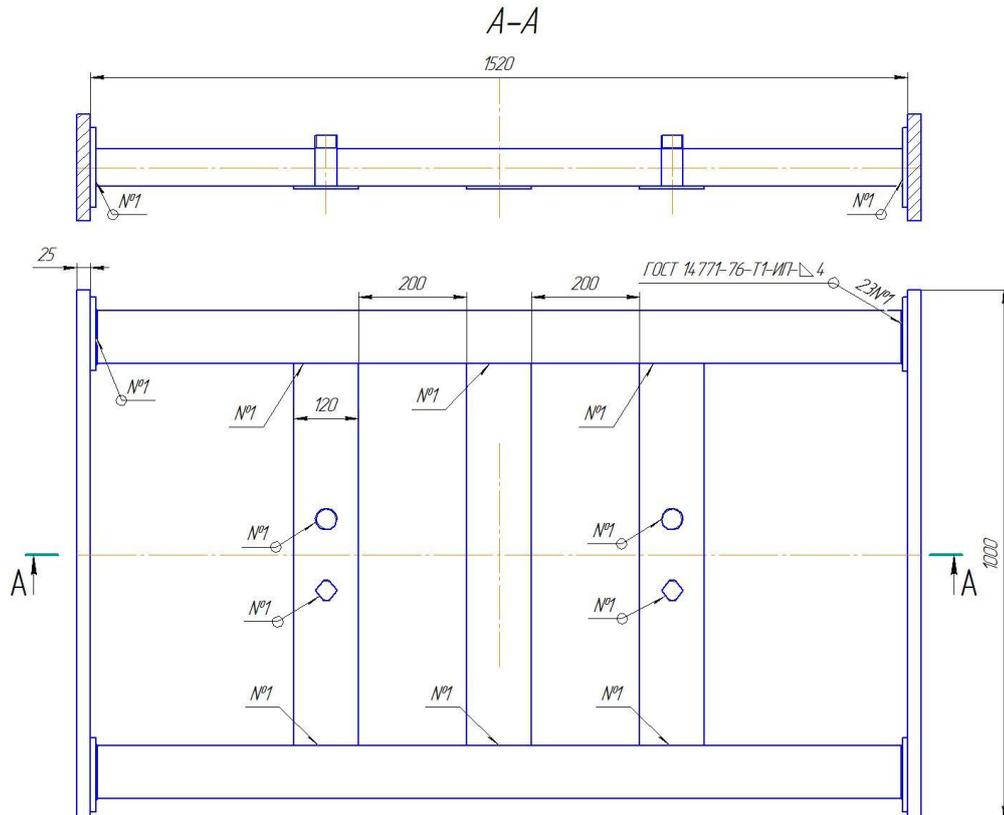


Рисунок 11 - Конструкция рамы

2.7 Выбор редуктора и электродвигателя

Выбор электродвигателя для кантователя рамы.

Мощность электродвигателя привода определяется по формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,7355 \times M_{\text{кр}} \times n}{71620 \times \eta}$$

где n – частота вращения изделия;

η – КПД всех передаточных звеньев от электродвигателя к изделию;

$M_{\text{кр}}$ – наибольший крутящий момент:

Наибольший крутящий момент определяется из условия, что вес всей конструкции P равен 582 Н, а плеча l равно 0,5 м:

$$M_{кр} = Pl = 582 \cdot 0,5 = 291 \text{ Нм};$$

Подставляем все значения и получаем

$$N_{дв} = \frac{0,7355 \times 291 \times 2,1 \times 10^{-4}}{71620 \times 0,5} = 0,0002 \text{ кВт}$$

По таблице 8, выбираем двигатель, удовлетворяющий расчетной мощности.

Таблица 8.

Марка двигателя	Мощность, кВт	Скольжение, %	КПД, %	Коэф. мощности	М _{макс} /М _н	М _п /М _н	М _{мин} /М _н	И _п /И _н
АДМ-100 УЗ	0,18	8	66	0,76	2,2	2	1,2	5

Выбор редуктора для кантователя рамы.

Кинематическая схема - оси входного и выходного валов параллельны и находятся в горизонтальной плоскости.

$$T_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}} = 400 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$F_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}} = 1100 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{ВХ.ТРЕБ.}} = 100 \text{ Н.}$$

$$n_{\text{ВЫХ.}} = 93,75 \text{ об/мин.}$$

Вид двигателя: асинхронный электродвигатель.

$$n_{\text{ВХ.}} = 1500 \text{ об/мин.}$$

Характер нагрузки: работа прерывная, нереверсивная, толчки средней силы.

Средняя ежедневная работа - 10 часов.

Количество включений в час - до 30.

Продолжительность включений - ПВ 100 % .

Условия окружающей среды: температура воздуха $\leq 30^{\circ}\text{C}$, условия отвода тепла – естественное охлаждение воздухом окружающей среды.

Согласно методическим указаниям [10], находим коэффициенты: $K_1=1,5$; $K_2=1,12$; $K_3=1,1$; $K_{ПВ}=1,0$; $K_{РЕВ.}=1$ (передача нереверсивная).

Определяем величину коэффициента условий работы:

$$K_{ур} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_{ПВ} \times K_{РЕВ};$$

$$K_{ур} = 1,5 \times 1,12 \times 1,1 \times 1 \times 1 = 1,848;$$

Определяем расчетные выходной момент и консольные радиальные нагрузки:

$$T_{ВЫХ.РАСЧ.} = 400 \times 1,848 = 739 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = 100 \times 1,848 = 184 \text{ Н}$$

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = 1100 \cdot 1,848 = 2032 \text{ Н}$$

Определяем передаточное число редуктора:

$$i_{ред} = \frac{1500}{93,75} = 16$$

Согласно рекомендации [10], выбираем одноступенчатый редуктор.

Из каталога находим:

Принимаем редуктор червячный РЧ-3-40 и РЧУ-80.16.3.2.1.

Кинематическая схема показана на рисунке 9.

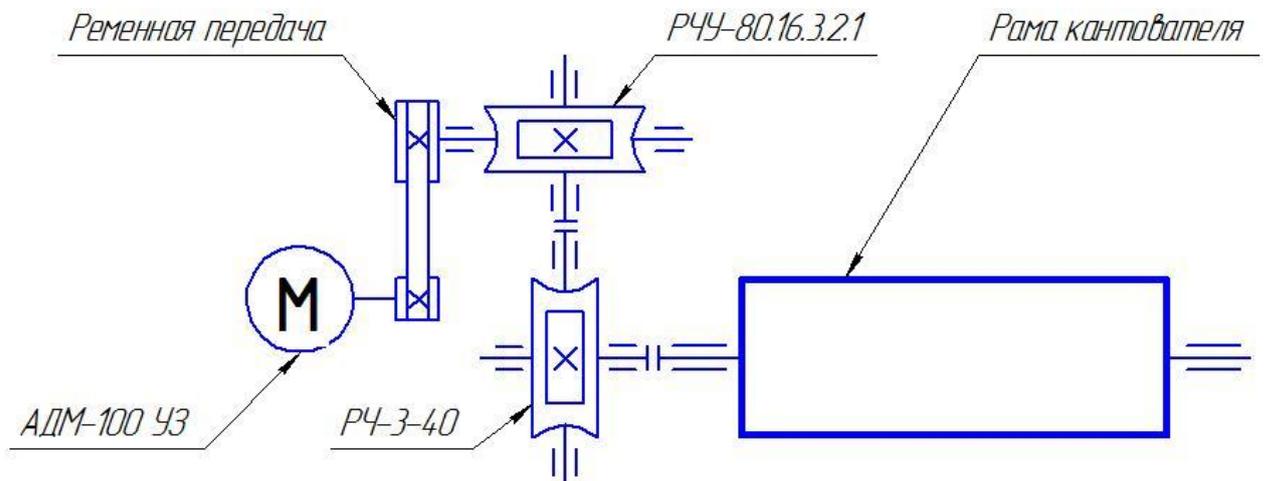
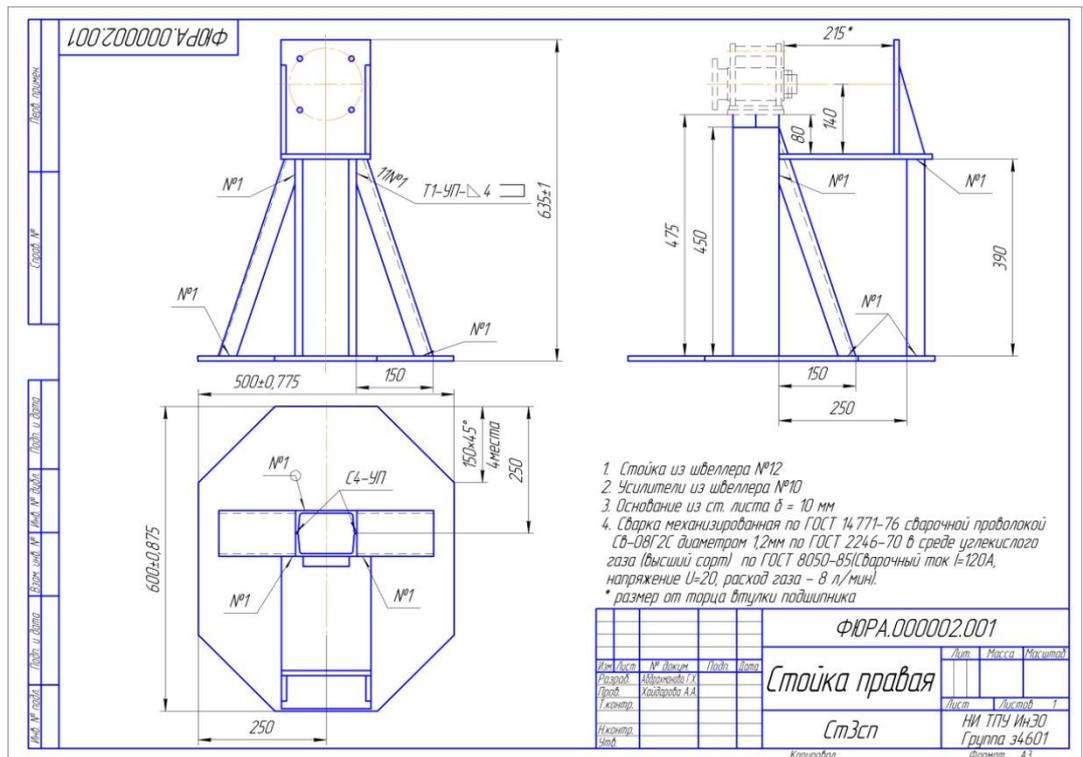
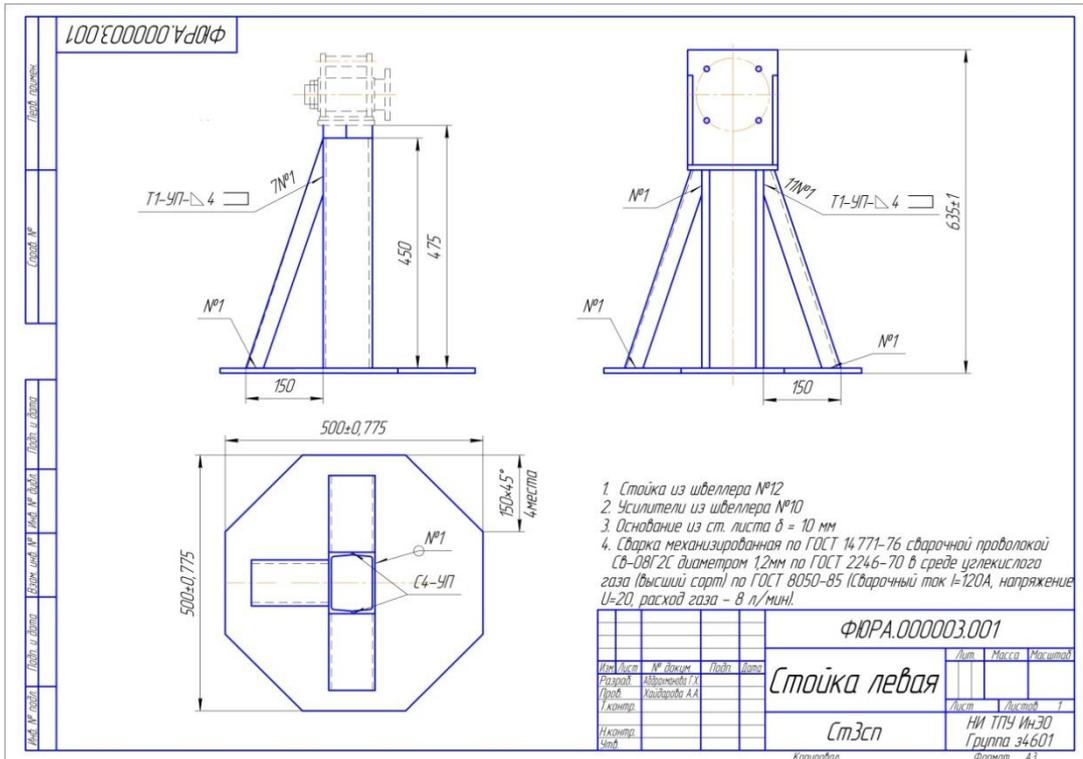


Рисунок 12 – Схема кинематическая

3 Разработка элементов приспособления

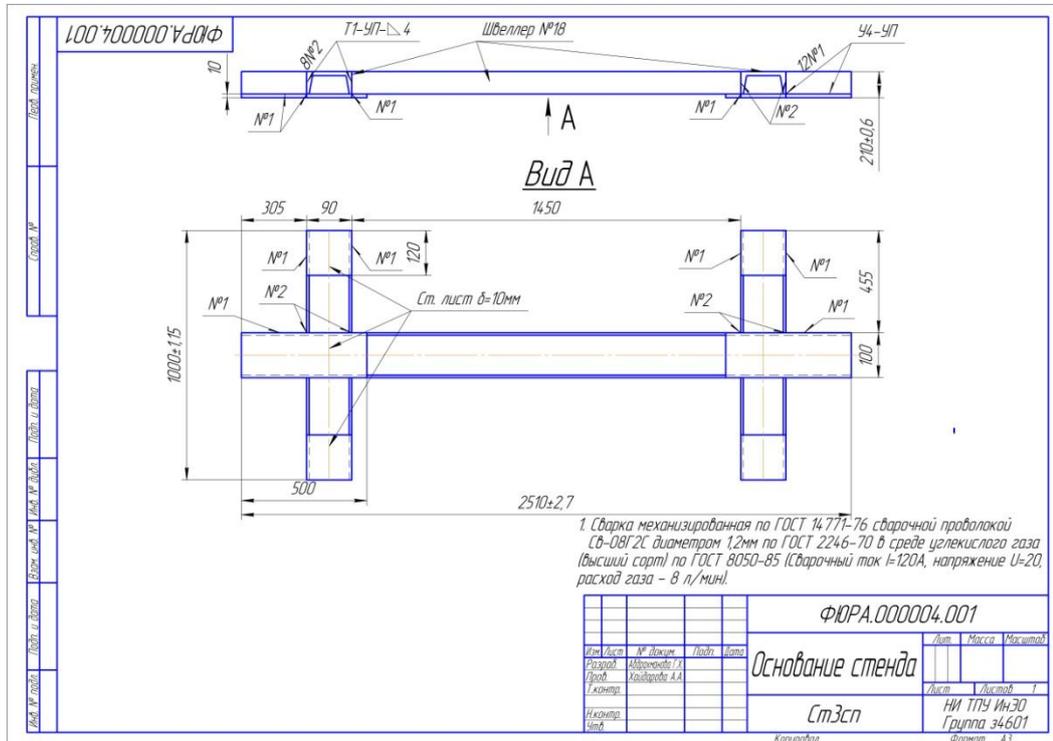
3.1 Стойки опорные

Опорные стойки выполняют несущую функцию. На них приходится вся нагрузка от приспособления. Стоки выполняются сварными чертеж левой стойки показан на ФЮРА.000003.001, чертеж правой стойки показан на ФЮРА.000002.001.



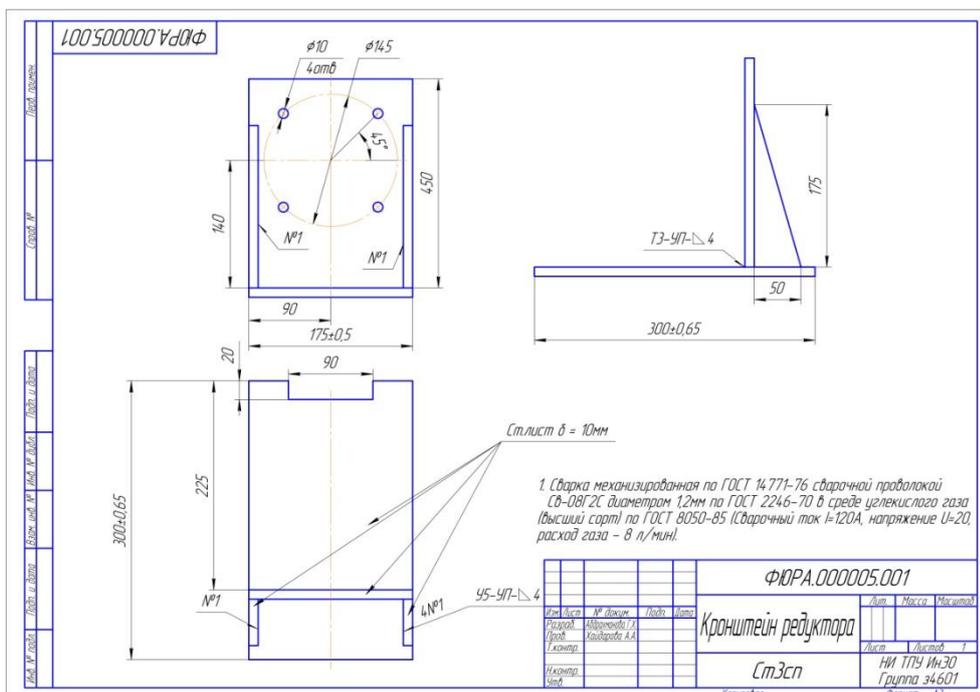
3.2 Основание приспособления

Основание приспособление состоит из листовой стали толщиной 5мм, 3 швеллера №10, чертеж основания показан на ФЮРА.000004.001.



3.3 Кронштейн крепления редуктора

Для крепления редуктора спроектирован кронштейн, обеспечивающий необходимое положение и устойчивость при работе. Чертеж кронштейна показан на ФЮРА.000005.001.



4 Технология изготовления изделия

4.1 Заготовительные операции

Технологический процесс изготовления деталей из отливок начинается с подбора металла, по размерам и маркам стали. Так как все детали на сборку и сварку поступают из литейного цеха, то заготовительной операцией будет зачистка и подготовка к сварке свариваемых кромок.

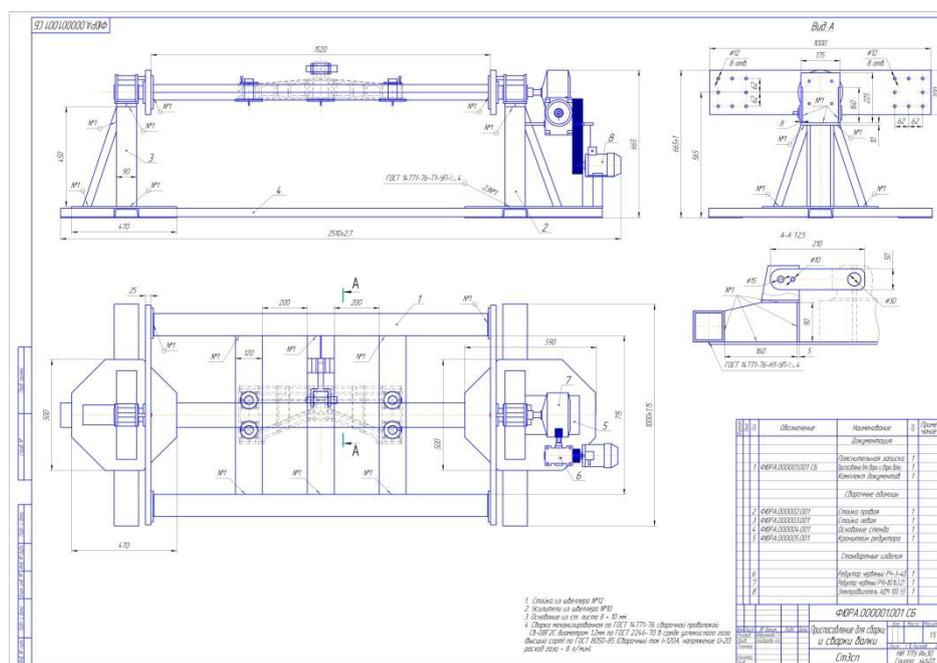
Для очистки металла от ржавчины, окалины и других загрязнений, применяем пневматическую щетку УПЩР-1.

Для подготовки сварочных кромок используем УШМ-500.

Для контроля правильности геометрической формы кромок УШС-3.

4.2 Технологический процесс сборки и сварки

Общий вид приспособления, в которое помещены дополнительные прижимы, указан на чертеже ФЮРА.000001.001 СБ



Левую и правую часть балки ставим на пластины с двумя пальцами, т.к. предполагается, что балка будет кантоваться, необходим прижим сверху, поэтому на пальце будет сделана резьба, по которой прижимается деталь диском с ручкой.

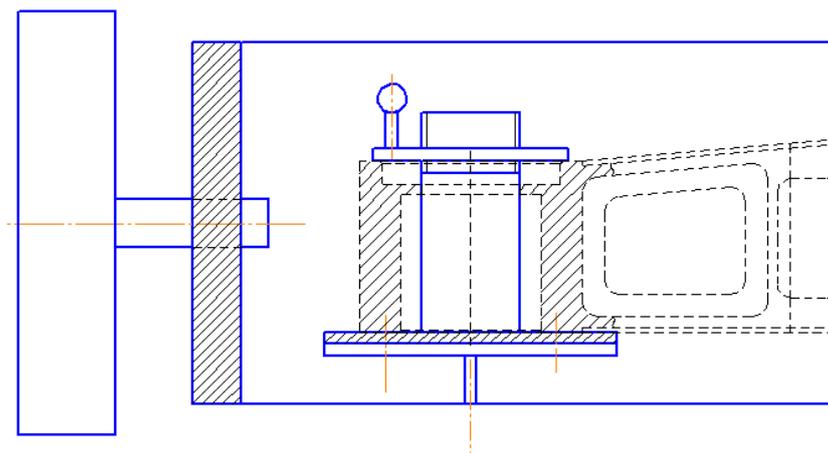


Рисунок 13–Винтовой прижим левой части балки

Пластина с пальцами выполняется, приваривается к раме, тем самым образуя жесткий контур.

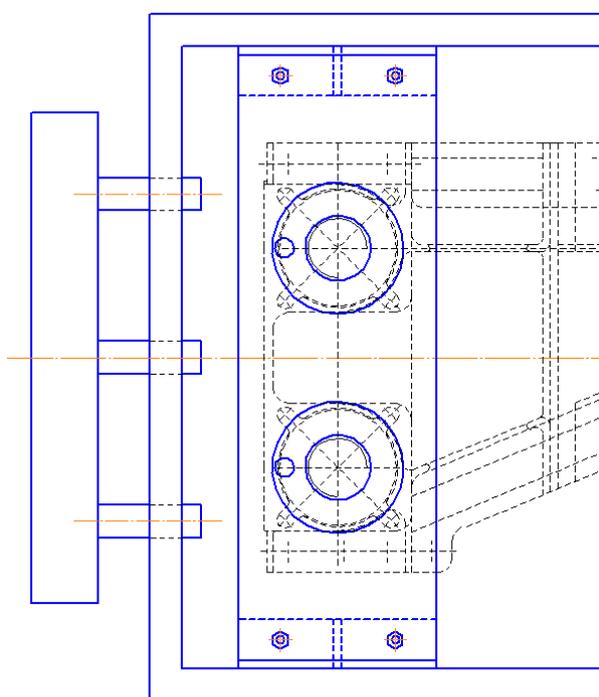


Рисунок 14–Опорная пластина с пальцами для установки балки

Центральная часть приспособления – это нижняя опорная пластина, сверху прижимная вилка с пальцем для фиксирования детали по отверстию.

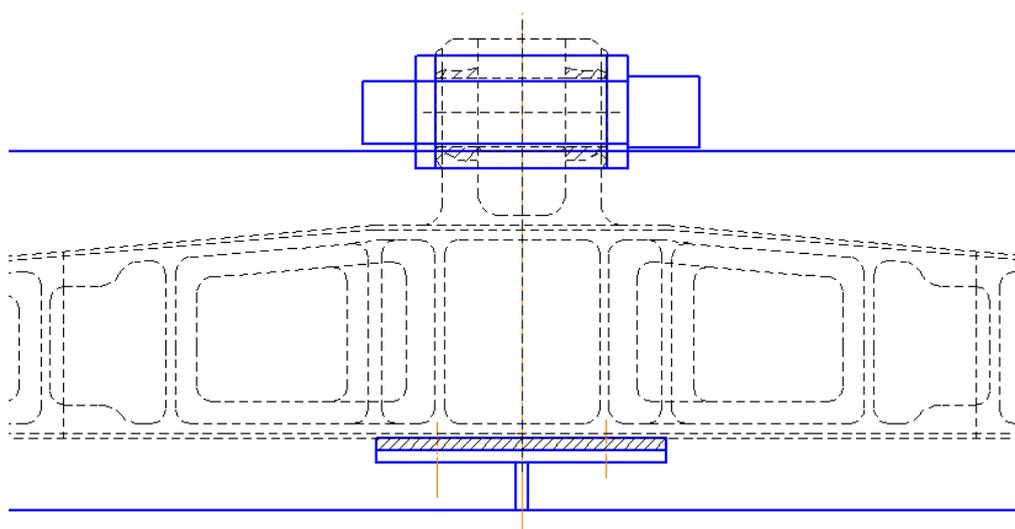


Рисунок 15–Установка центральной части балки

Вилка будет обеспечивать устойчивость детали в перевернутом положении.

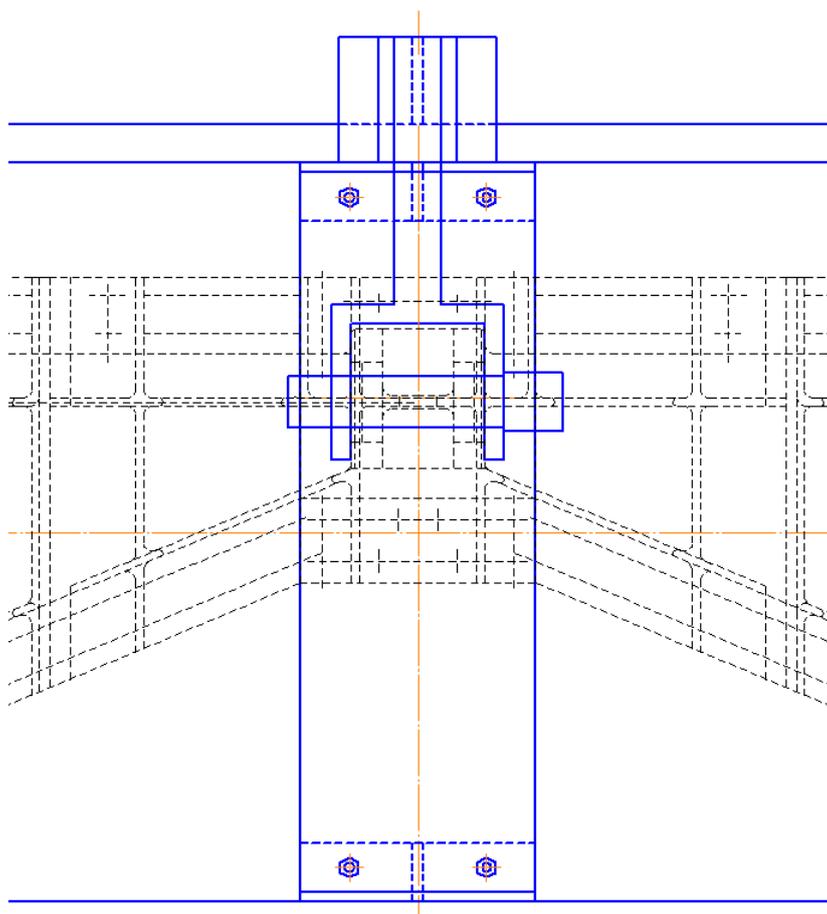


Рисунок 16–Вид сверху центральной части балки

4.3 Дефекты, возникающие при сварке

При сварке вольфрамовым электродом предъявляются высокие требования по чистоте и стерильности поверхности. При несоблюдении требований в процессе сварки, а также после ее окончания возникают дефекты, которые могут привести к разрушению сварного соединения.

Наиболее трудно определяемый дефект при сварке это - непровар. Многие сварщики часто забывают о проплаве и проваре коренного шва.

Непровары будучи концентраторами напряжений снижают прочность шва и будут являться причиной его разрушения.

Основные принципы устранения этих дефектов — разделка противоположной стороны шва и двухсторонняя сварка, достаточно широкий для проплавления и свариваемой толщины детали зазор

Еще один распространённый вид дефектов – трещины.

Причина образования трещин — несоблюдение технологии сварки, например, неправильное расположение швов, приводящее к возникновению концентрации напряжения, завышенная сила тока сварочного процесса, неверный выбор сварочных материалов, резкое охлаждение конструкции. А также повышенное содержание в шве углерода и различных примесей — кремния, никеля, серы, водорода, фосфора.

Устраняются трещины вырезанием и/или засверливанием концов трещин.

Наплывы возникают, когда расплавленный металл натекает на основной, но не сплавляется с ним. Дефект шва возникает по разным причинам — при недостаточном прогреве основного металла вследствие малого тока, излишнего количества присадочного материала.

Устраняются наплывы срезанием с проверкой наличия непровара в этом месте.

Подрез уменьшает сечения шва и создает концентрацию напряжения. Это приводит к ослаблению шва. Подрезы возникают из-за повышенного сварочного тока.

Устраняют подрез наплавкой тонкого шва по линии подреза и шлифовкой.

Кратеры снижают прочность шва из-за уменьшения сечения шва. В них могут находиться усадочные рыхлости, способствующие образованию трещин.

Устраняют кратеры вырезанием или высверливанием до основного металла, после чего заваривают снова.

Прожоги возникают из-за повышенного сварочного тока, недостаточной скорости перемещения при сварке, большого зазора между кромками металла.

Исправляют прожог зачисткой и последующей заваркой.

Так же имеют место быть такие дефекты как посторонние включения, перегрев металла, пористость шва, отклонение от норм по геометрическим размерам.

4.4 Технический контроль качества и исправления брака

4.4.1 Визуальный и измерительный контроль

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;

- наплывы (натеки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления и включения пор.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Измерительный контроль сварных соединений (определении размеров швов, смещения кромок, перелом осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта с помощью мерительных инструментов.

Контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачестве сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [3].

4.4.2 Радиографическая дефектоскопия

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения подлежат радиографической дефектоскопии.

Радиографическую дефектоскопию производят согласно требованиям ГОСТ 7512-82 и СНиП 2.05.06-85.

Радиографический контроль сварных соединений при 100 % контроле, проводится по всему периметру стыка.

При выборочном контроле отбор контролируемых соединений должен проводиться отделом технического контроля предприятия из числа наиболее трудновыполнимых или вызывающих сомнения по результатам визуального и измерительного контроля. Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями (скоплениями).

