



# Инновационные технологии сварки алюминиевых сплавов в промышленном производстве

Докладчик: Бакшаев В.А.

Председатель Клуба Промышленников при ТПП РФ в Чувашии

Директор ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»

2020 г.



# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» - единственное предприятие в России, выпускающее всю гамму продукции для перевозки различных грузов.

Более 500 моделей:

- Цистерн
- Полуприцепов-цистерн
- Полуприцепов самосвального типа
- Зерновозов
- Цистерн на шасси
- Танк-контейнеров



Мы производим полуприцепы из алюминиевых сплавов, низколегированной и нержавеющей стали, объемом от 6,5 до 89 м<sup>3</sup>.

# ПОЛУПРИЦЕПЫ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА



Для светлых нефтепродуктов



Зерновозы



Для сыпучих грузов



Самосвальные полуприцепы

# РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ СВАРОЧНЫЙ КОМПЛЕКС РТК-1



## Эффект от внедрения комплекса:

- *Один робот обслуживает 5 постов.*
- *Один сварочный комплекс заменил 10 сварщиков.*
- *Улучшились экологические показатели.*

Количество доп. осей	Ход по направляющей	Номенклатура продукции
1	14 000 мм	Более 100 ед.

# РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РТК – 12С



## Эффект от внедрения комплекса:

- Комплекс заменил 20 сварщиков
- Выпуск увеличился с 700 до 1100 полуприцепов в год
- В 3 раза снизилось количество рекламаций

Количество доп. осей	Ход по координате X	Ход по координате Y	Номенклатура продукции
2	12 000 мм	3 500 мм	Более 200 ед.

# РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС М.А.К.С.



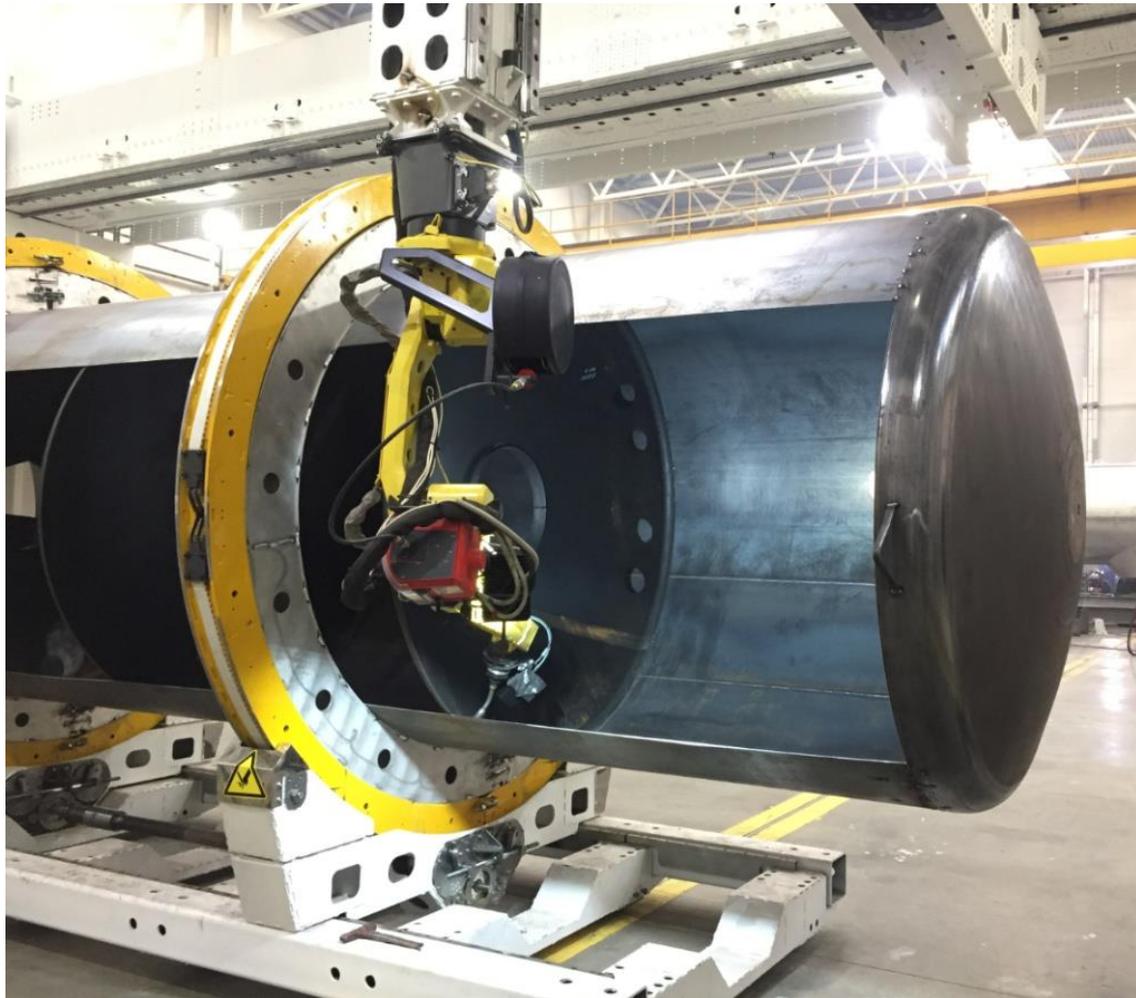
Эффект от  
внедрения  
комплекса:

*Автоматизация до  
80% сварных швов*

Изготовлено  
2 комплекса

Количество доп. осей	Ход по координате X	Ход по координате Y	Ходы по координате Z	Номенклатура продукции
3	12 000 мм	3 500 мм	1 900 мм	Все изделия

# РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС М.А.К.С.



Роботизированная сварка внутренних перегородок цистерн

## ЛИНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ И РАСКРОЯ «ПАРУС»



Линия лазерной сварки и раскроя «Парус» – это полуавтоматическая линия лазерной резки и сварки предназначенная для изготовления раскроя длиной 10 000 мм. Раскрой изготавливается из листового проката толщиной от 3 до 16 мм.

# СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Применение сварки трением с перемешиванием в процессе изготовления алюминиевых полуприцепов отличается высокой производительностью и экономичностью.

Благодаря использованию этой технологии качество сварных швов на изделиях «Сеспеля» достигло более высокого уровня по сравнению с аргодуговой сваркой.

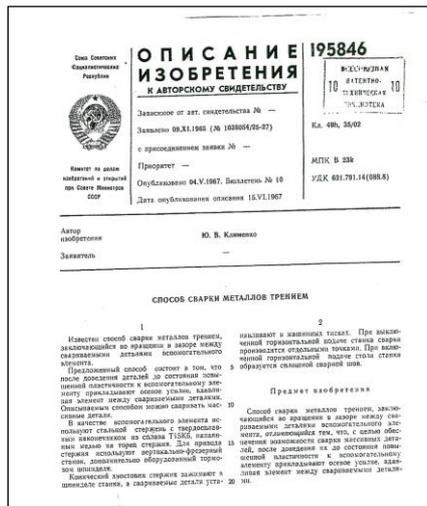
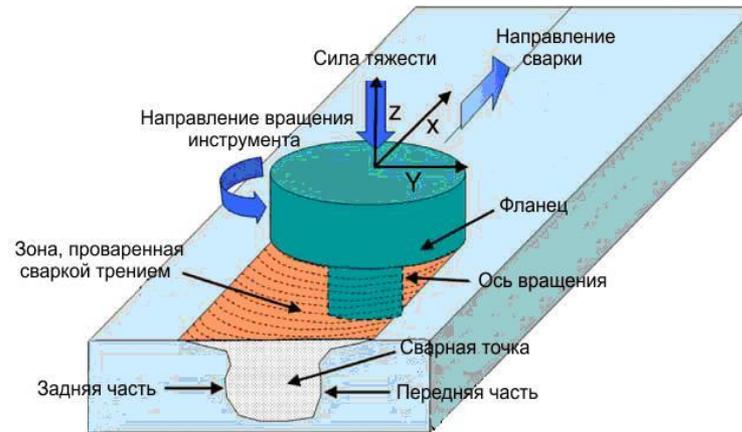


При производстве автомобильных полуприцепов, технологический процесс и, соответственно трудоемкость изготовления во многом определяются максимальными размерами листового проката конструкционного материала.

Также существенным фактором является общая длина сварных швов в изделии.

# ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА

**Схема сварки трением с перемешиванием:** вращающийся инструмент специальной формы внедряется между стыкуемыми кромками листов или пластин и поступательно движется вдоль линии соединения.



Описание изобретения  
**«Способ сварки металлов трением».**  
Дата опубликования описания:  
**15.06.1967.**  
Автор изобретения:  
**Ю. В. Клименко**

Инструмент нагревает свариваемые заготовки и перемешивает материал для получения соединения. За счет трения, возникающего при контакте вращающегося инструмента и заготовки, происходит локальный нагрев и размягчение материала, и при вращении и движении инструмента вдоль оси вращения, происходит перемешивание и перемещение материала от передней части оси вращения к задней.

# ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ



# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ (ВИДЫ МАТЕРИАЛОВ И ТОЛЩИНЫ)

Параметры инструмента, способ и режимы сварки плит из алюминия марки АД0	Толщина металла (ТМ) свариваемых плит , мм				
	25	25	32	35	35
Способ сварки	1стор	Bobbin Tool	2стор	2стор	1стор
Предел прочности, кгс/мм <sup>2</sup>	8,04	8,1	9,3	9,2	9,2
Требования к ГОСТ 17232-99 к алюминию марки АД0	8		6,5		

## Внешний вид образцов после испытаний на статическое растяжение



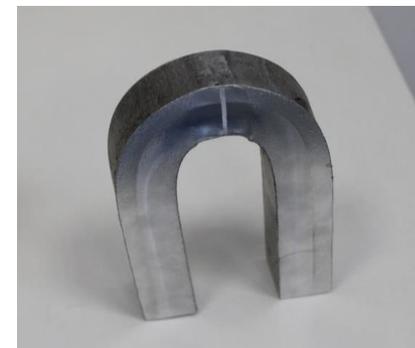
ТМ = 25 мм,  
односторонняя  
сварка



ТМ = 25 мм,  
инструмент Bobbin  
Tool



ТМ = 32 мм,  
двусторонняя сварка

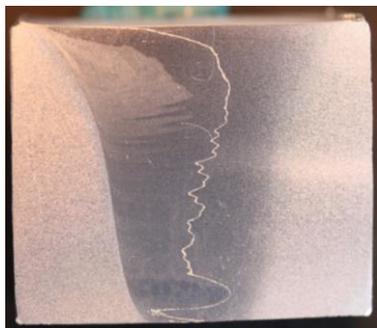


➤ Образец после испытаний на статический изгиб по ГОСТ 6996-66 (в растянутой зоне - корень шва)

# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ (ВИДЫ МАТЕРИАЛОВ И ТОЛЩИНЫ)



Односторонняя сварка

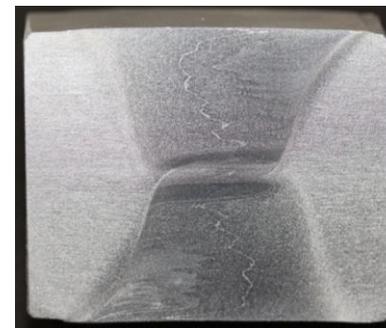


Инструмент Bobbin Tool

- Макроструктура сварного соединения (толщина металла 25 мм), увеличение ~2

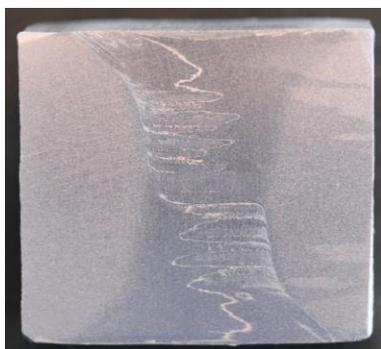


Односторонняя сварка



Инструмент Bobbin Tool

- Макроструктура сварного соединения (толщина металла 35 мм), увеличение ~2



Двусторонняя сварка

- Макроструктура сварного соединения (толщина металла 32 мм), увеличение ~2



- Сварка трением с перемешиванием сварка меди и алюминия

# СВАРКА РАЗНОТОЛЩИННЫХ, РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Обратная сторона листа**



Слева:

толщина 1 мм., сплав Д16Т

Справа:

толщина 2 мм., сплав АМг5

**Лицевая сторона листа**



1 мм. Д16Т

2 мм. АМг5

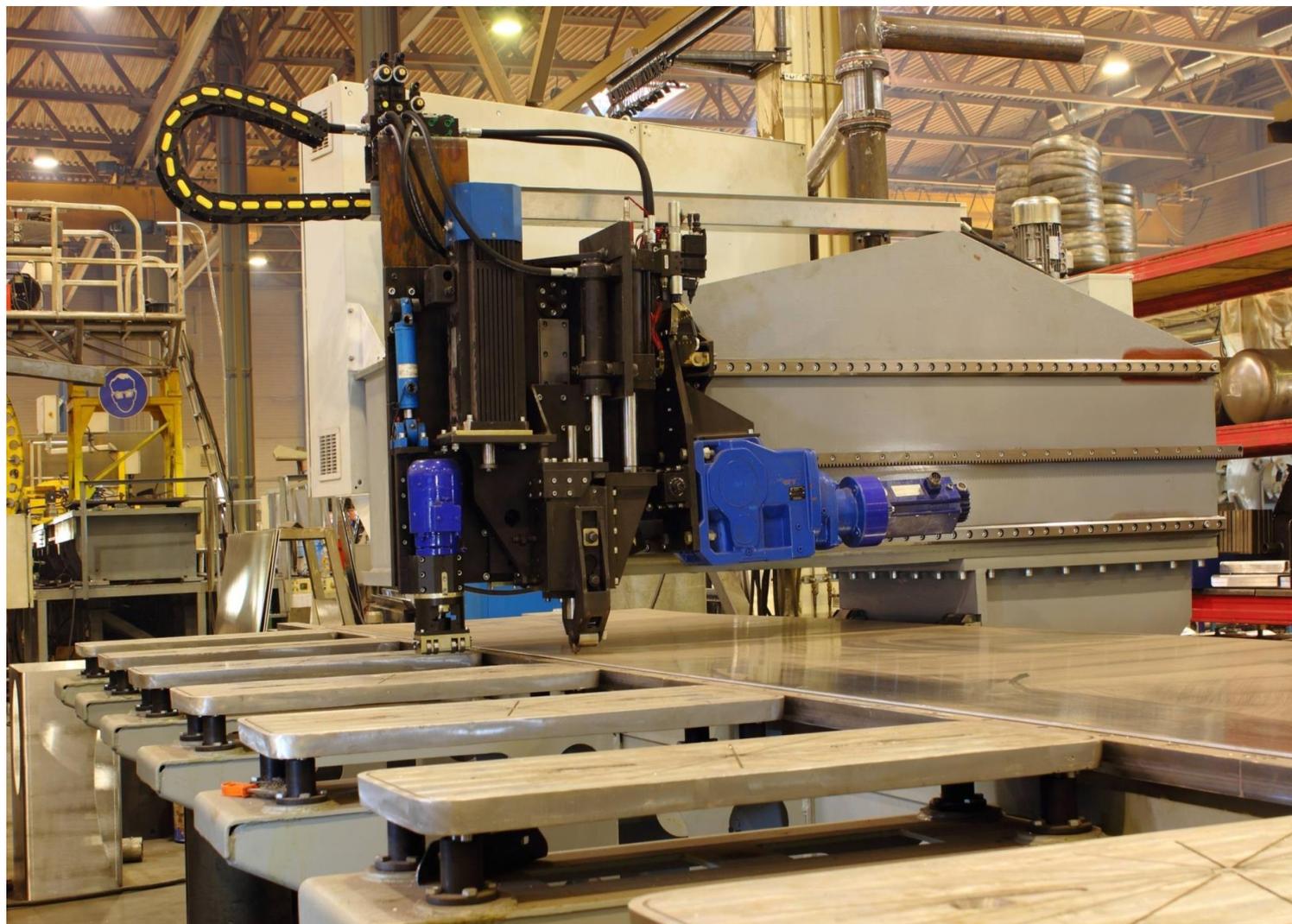
# ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ



Параметры инструмента, способ и режимы сварки плит из алюминия марки АД0

	Толщина свариваемых плит, мм				
	25	25	32	35	35
Сила прижатия инструмента, кг	1600	-	1000	1500	1700
Частота вращения инструмента, об/мин	550	400	550	550	550
Скорость перемещения инструмента, мм/мин	150	70	150	150	150
Способ сварки	1стор	Bobbin Tool	2стор	2стор	1стор
Длина рабочей части инструмента, мм	24	24.5	17	18	34
Диаметр заплечика, мм	40	44	30	30	40

# УСТАНОВКА СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ СТП-САША



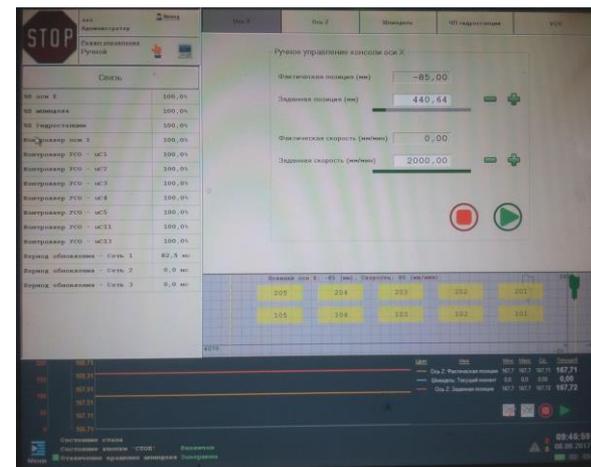
# УСТАНОВКА СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ СТП-4ПЛ



Набор сварочных инструментов СТП для AL сплавов различных марок и толщин

Свариваемая толщина, мм	50
Длина сварки, мм	3890
Осевое усилие, кгс	4000
Габаритный размеры, ВxHxL, мм	3300x2350x5400

Установка СТП-4ПЛ имеет многофункциональный и простой пользовательский интерфейс



# УСТАНОВКА СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Совместно с национальным исследовательским Томским политехническим университетом разработана установка сварки трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием.



Ультразвуковой контроль сварки позволяет оператору визуально контролировать все параметры сварочного процесса на экране компьютера. Все параметры сварки также архивируются, сохраняются на твердотельном диске компьютера и доступны для проведения дальнейшего анализа.

# ПРИСПОСОБЛЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕСИВЕРОВ ДЛЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА



Сварка трением с перемешиванием заготовки колесного диска.

# МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ «ГАБАРИТ- А»

Запущен в эксплуатацию уникальный мобильный комплекс сварки трением с перемешиванием «Габарит- А». В габарите 40 – футового контейнера.



При транспортировке комплекс монтируется на передвижную платформу с помощью собственных гидравлических опор. Это позволяет оперативно использовать его на любом предприятии, а также практически снимает ограничения к габаритам выпускаемых полуфабрикатов, связанных с транспортировкой на дорогах общего пользования.

# БЛАГОДАРНОСТЬ ОТ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» - ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ»



11.01.19 № 05-31/04  
на от

Директору  
ЗАО «Чебоксарское предприятие»  
"Сеспель"  
Бакшаеву В.А.

428032, Республика Чувашия, г.  
Чебоксары, ул. Ленинградская, д. 36  
Факс +7(8352) 22-47-33  
zaosespel@yandex.ru

Уважаемый Владимир Александрович!

В 2016-2017гг. Вашим предприятием в рамках государственного контракта выполнялась составная часть опытно-конструкторской работы "Разработка и изготовление опытного автоматизированного комплекса для производства методом сварки трением с перемешиванием облегченных сварных крупногабаритных панелей из деформируемых алюминиевых сплавов, разработка рабочей конструкторской документации".

Несмотря на высокие технические требования к комплексу, изменения, вносимые заказчиком в техническое задание на этапах проектирования и создания комплекса, а также несмотря на неоднократное увеличение сроков поставки импортных комплектующих, работы ЗАО "Чебоксарское предприятие "Сеспель" выполнены в полном объеме и в установленные сроки в соответствии с техническим заданием, претензий к качеству выполненных работ заказчик не имеет.

Особую благодарность за оперативную и профессиональную работу по разработке комплекса и авторский надзор при его изготовлении заслуживает конструкторское бюро ЗАО "Чебоксарское предприятие "Сеспель" под руководством Никитина Ю.В.



НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»  
191015, Россия, Санкт-Петербург, улица Шальверма, дом 19  
Телефон (812) 274-37-96, Факс (812) 710-97-56, mail@vniim.ru, www.vniim-prometey.ru  
ОКПО 07516250, ОГРН 1037843061376, ИНН 7815021340/ КПП 783450001



# РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЕ ПИСЬМА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

ФАНО РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ  
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
СИБИРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИФПМ СО РАН)  
Проезд Академический, д. 2/4, г. Томск, 634055  
Телефон: (3822) 49-18-81  
Факс: (3822) 49-25-76  
E-mail: root@ispms.tomsk.ru  
http://www.ispms.ru

## РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЕ ПИСЬМО

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) сотрудничает с Закрытым акционерным обществом «Чебоксарское предприятие «Сеспель» с 2012 года.

По технической документации ИФПМ СО РАН ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» выполняло заказы на поставку крупногабаритных образцов изделий, полученных сваркой трением с перемешиванием (СТП), в рамках проводимых ИФПМ СО РАН работ по созданию усовершенствованной технологии сварки трением с перемешиванием с мощным ультразвуковым воздействием и промышленной технологии контроля качества изделий с сварными СТП-соединениями.

ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» было выбрано нами в качестве стратегического промышленного партнера в данной области, поскольку предприятие является лидером машиностроения России по разработке промышленного автоматизированного оборудования сварки трением с перемешиванием и внедрению и использованию в серийном производстве технологии сварки трением с перемешиванием, в том числе для производства толстостенных крупногабаритных корпусных конструкций из алюминиевых сплавов.

С 2017 года нами заключен договор с ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» о технологическом партнерстве в области сварки трением с перемешиванием, направленный на развитие научно-технического и промышленного потенциала сторон и достижение конкурентного преимущества сторон в области сварки трением с перемешиванием.

За время сотрудничества ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» показало свою способность грамотно и ответственно подходить к решению поставленных задач. Специалисты предприятия обладают серьезным опытом и высокими компетенциями в области разработки промышленного оборудования сварки трения с перемешиванием. Работу специалистов предприятия отличают высокий профессионализм, своевременность, оперативность, гибкий подход к решению сложных и нестандартных задач заказчика. Все работы по заказам ИФПМ СО РАН были выполнены ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» строго в оговоренные сроки и с надлежащим качеством.

ИФПМ СО РАН планирует развивать и расширять сотрудничество с ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» и с уверенностью рекомендует данного подрядчика как надежного и ответственного партнера.

Директор Института  
член-корреспондент РАН

Исп. Сивельва  
+7 913 848 13 03

18 СЕН 2017



С.Г. Псахье

TOMSK  
POLYTECHNIC  
UNIVERSITY



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Ministry of Education and Science of the Russian Federation  
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"National Research Tomsk Polytechnic University" (TPU)  
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia  
Tel. +7-3822-569333, +7-3822-701779  
Fax +7-3822-563865, e-mail: [tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru), [info@tpu.ru](mailto:info@tpu.ru)  
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):  
62059303,  
Company Number: 1027000890164,  
VAT / KSP (Code of Reason for Registration):  
7018007254/701701001, BIC 046902001

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет» (ТПУ)  
Ленин, пр., д. 30 г. Томск, 634050, Россия  
тел.: +7-3822-569333, +7-3822-701779,  
факс: +7-3822-563865, e-mail: [tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru),  
[info@tpu.ru](mailto:info@tpu.ru)  
ИНН/КПП: 7018007254/701701001. БИР 046902001

15.09.17 № 12.01/173  
на № от

## Рекомендательное письмо

В 2014 году Томский политехнический университет начал сотрудничество с ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» в области разработки и изготовления автоматизированного оборудования сварки трением с перемешиванием (СТП) с мощным ультразвуковым воздействием.

ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» было выбрано в качестве партнера как единственный в России производитель промышленного оборудования для сварки трением с перемешиванием крупногабаритных конструкций из алюминиевых сплавов.

ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» выступало в качестве индустриального партнера Томского политехнического университета в рамках выполнения работ по соглашению с Минобрнауки России в 2014-2016 гг. по мероприятию 1.3 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы».

Разработанные при выполнении проекта метод и устройство подвода ультразвукового воздействия на сварные СТП-соединения запатентованы и не имеют аналогов в мире.

Изготовленное в рамках проекта автоматизированное оборудование сварки трением с перемешиванием с мощным ультразвуковым воздействием было поставлено в оговоренные сроки, полностью отвечает требованиям технического задания и прошло приемку комиссии Минобрнауки России.

В рамках развития совместной деятельности в январе 2017 года Томский политехнический университет заключил с ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» договор о техническом партнерстве в области разработки и создания промышленного оборудования сварки трением с перемешиванием для предприятий ключевых отраслей промышленности.

За время сотрудничества ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» показало высокий профессионализм, компетентность и ответственность при решении поставленных задач. Все работы были выполнены с высоким качеством и в оговоренные договорными сроки.

Томский политехнический университет полностью удовлетворен качеством выполненных работ и поставленной продукции и рекомендует ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» как надежного и ответственного поставщика и партнера.

Директор ИФВТ ТПУ

Исп. Хорьшино Е.  
тел. +7 953 914 13 71



А.Н. Яковлев



## КОМПЛЕКС СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ «РУЗХИММАШ» ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАГОНОВ



Комплекс оборудован двумя сварочными постами:

- Сварки профилей с листом;
- Сварки карт обечаек.

# ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ В ВАГОНОСТРОЕНИИ

По заказу ОАО «РУЗХИММАШ» изготовлены стены и крыша вагона-хоппера из алюминиевого сплава для перевозки сыпучих грузов.



# ПРИМЕНЕНИЕ В ВАГОНОСТРОЕНИИ



По заказу АО "ТихвинХимМаш" изготовлены и испытаны две вагон - цистерны из алюминия марки АД0 толщиной 28 мм для концентрированной азотной кислоты.

Сварка карты 9200 x 8300 мм из алюминиевых плит толщиной 28 мм, для изготовления обечайки котла вагон-цистерны.



Эллиптическое днище для вагона-цистерны из алюминия АД0 толщиной 35 мм

# ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ В МОСТОСТРОЕНИИ



В Нижегородской области введены в эксплуатацию 2 пешеходных моста через федеральную трассу М-7 «Волга».

Длина каждой конструкции составляет 38 метров, ширина – 6,5 метра, а вес – 22 тонны, что в три раза легче стальных аналогов.



# ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТАВРОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Применение сварки трением с перемешиванием для получения таврового соединения при изготовлении элементов пролетных строений решает проблему сварки алюминиевого сплава 1915Т толщиной 10 мм в местах примыкания угловых листов, выигрывает в производительности, в качестве изделия, в экономии электроэнергии и в отказе от использования дорогостоящей сварочной присадки.

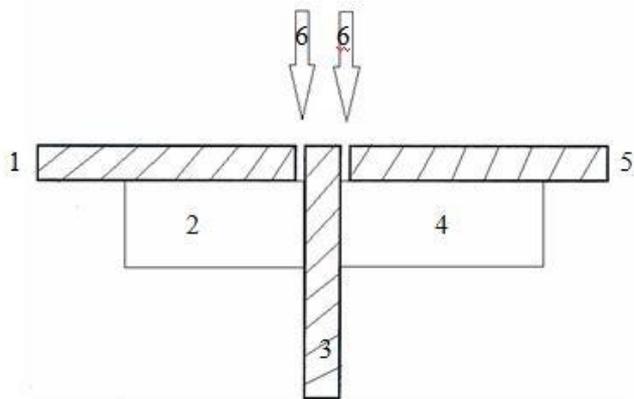
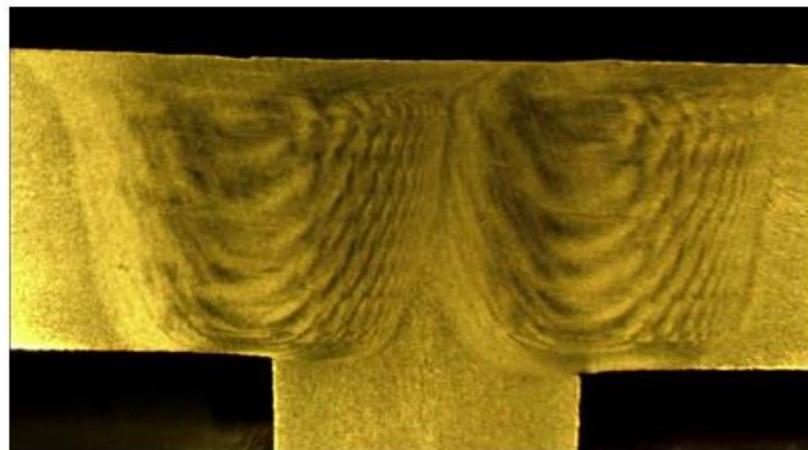


Схема конструктивных элементов таврового сварного соединения.

- 1, 3, 5 – свариваемые листы,
- 2, 4 – подложка без радиуса;
- 6 – инструмент СТП.



Макроструктура таврового сварного шва (1915Т, 10 мм)  
увеличение ~ 4

# РАЗРАБОТКА РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
АО "ОК РУСАЛ ТД"

\_\_\_\_\_/ А.В. Цыпкин



СОГЛАСОВАНО

Директор ВЗУ МГСУ

\_\_\_\_\_/ А.Р. Туснин

М.П. \_\_\_\_\_ / А.Р. Туснин

## ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

### 1. Общая информация

1.1 **Общая цель НИОКР:** расширение сферы применения СП 443.1325800.2019 «Мосты с конструкциями из алюминиевых сплавов. Правила проектирования» на проектирование автодорожных мостов, выполняемых из алюминиевого сплава EN AW-6082 T6 (по ГОСТ 4784-2019) путем определения их физико-механических свойств, оценки коррозионной стойкости узлов соединений, статических и усталостных испытаний элементов конструкций и соединительных узлов, выполненных из данного сплава.

### 2. Задачи НИОКР

2.1 Проектирование и научно-техническое сопровождение изготовления ортотропных плит из алюминиевых сплавов.

- 2.1.1 Анализ международного опыта изготовления и эксплуатации ортотропных плит.
- 2.1.2 Проектирование конструкций ортотропных плит и согласование с исполнителем параметров оборудования для их изготовления.
- 2.1.3 Численное моделирование работы ортотропных плит на статические и усталостные воздействия.
- 2.1.4 Разработка конструкций соединительных узлов ортотропных плит и узлов креплений к несущим мостовым конструкциям.

2.2 Исследование физико-механических свойств элементов конструкций и соединений из алюминиевого сплава при эксплуатационных воздействиях на мостовые конструкции.

- 2.2.1 Статистический анализ физико-механических и прочностных характеристик вышеуказанного алюминиевого сплава отечественного производства на основании данных заводов изготовителей.
- 2.2.2 Определение параметров сварных соединений.
- 2.2.3 Определение физико-механических характеристик, ударной вязкости и прочностных свойств сварных зон.

2.3 Статические и усталостные испытания элементов мостовых конструкций и соединительных узлов.

- 2.3.1 Испытания ортотропных плит и соединительных узлов без дорожного покрытия.
- 2.3.2 Испытания ортотропных плит и соединительных узлов с дорожным покрытием.
- 2.3.3 Испытания сварных соединений и соединений на высокопрочных болтах.

2.4 Определение коррозионной стойкости узлов конструкций в экстремальных температурно-влажностных условиях

2.5 Исследование динамического характера работы мостовых конструкций из вышеуказанного сплава, определение декремента колебаний и динамических параметров для расчета на ветровые и сейсмические нагрузки.

2.6 Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства автодорожного моста из алюминиевого сплава.

Экспериментальная часть НИОКР по реализации вышеперечисленных задач подлежат выполнению в ходе 7 этапов (см. п.3).

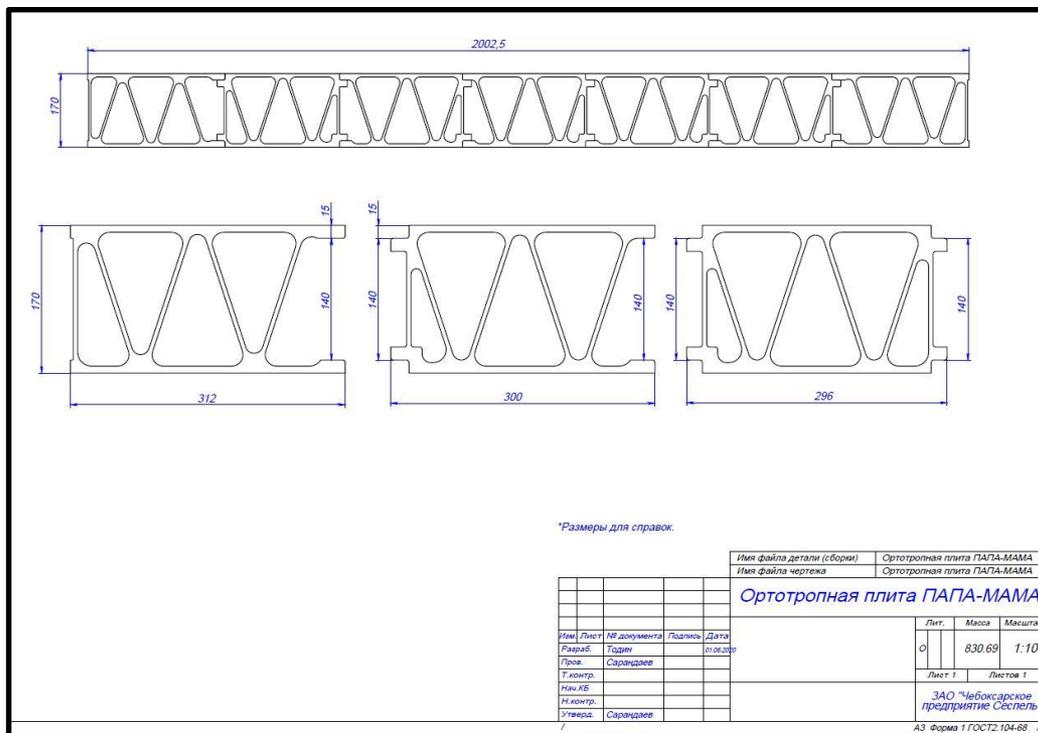
### 3. Состав и порядок проведения экспериментальных работ

3.1 **Этап 1. Определение физико-механических характеристик и ударной вязкости листового проката алюминиевого сплава AW 6082 T6**

Подпись представителя Сторон:

От Заказчика: \_\_\_\_\_ / О.Г. Маслов

От Исполнителя: \_\_\_\_\_ / А.В. Коркин



# ОРТОТРОПНАЯ ПЛИТА ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА МАРКИ 6082





# ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ЧЕБОКСАРСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "СЕСПЕЛ"  
Россия, Республика Чувашия, 428032,  
г.Чебоксары, ул.Ленинградская,38, тел. (8352)22-57-22, 62-26-38



e-mail: zaosespel@yandex.ru, web: www.sespel.com, sespel-auto.ru

## ЗАВОДСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Результаты исследования № 693 от 03 июня 2020г.

**Объект исследования:** контрольное сварное соединение, сварка - односторонняя, проведена на установке СТП-4ПЛ инструментом 4977.59.006-1601 (длина рабочей части 16 мм).

**Материал:** ортотропная плита из алюминиевого сплава марки 6082

**Режим:** сила прижатия инструмента - 2000 кг;  
частота вращения инструмента - 550 об/мин;  
скорость перемещения инструмента - 350 мм/мин.

Образец после термообработки (Закалки - 540°С, 1 час, вода, Т искусств старения - 175°С, 16 часов)

**Цель исследования:** механические свойства, макроструктура.

Внешний вид сварного образца представлен на рисунке 1.



Рис.1 Внешний вид сварного образца.

### 1 Механические испытания

Образцы для механических испытаний были сфрезерованы со стороны корня шва до толщины полочки.

1.1 Испытание на статическое растяжение проводилось на плоских образцах без головок, вырезанных поперек сварного шва.

Результаты механических испытаний на статическое растяжение приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ обр	Ширина рабочей части, мм	Толщина рабочей части, мм	Площадь сечения рабочей части, мм <sup>2</sup>	Усилие разрушения образца, кН	Предел прочности, МПа	примечание
1	19,7	6,6	130,0	44,28	340,6	разрушение по сварному шву
2	19,8	6,7	132,7	42,53	320,5	
Требования ГОСТ 8617-81 к сплаву марки АД35 (6082) (закаленное и искусственно состаренное состояние)					не менее 314	

1.2 Испытание на статический изгиб сварного шва проводилось по ГОСТ 6996-66, тип образца XXVIII

Результаты механических испытаний сведены в таблицу 2.

Таблица 2

№ обр.	Угол загиба, градус	Наличие трещин	примечание
1	34	обнаружена трещина	в растянутой зоне - лицевая поверхность шва
2	39	обнаружена трещина	
3	56	обнаружена трещина	в растянутой зоне - корень шва
4	61	обнаружена трещина	

### 2 Макроструктура:

Макроструктура сварного шва представлена на рисунке 1.

На макрошлифе наблюдаются четыре зоны сварного соединения: сварное «дро», зона термомеханического воздействия (ЗТМВ), зона термического влияния (ЗТВ), основной металл.

Дефектов сварки в ядре шва и околошовной зоне не обнаружено



рис.1 Макроструктура сварного соединения, увеличение ~ 3,5.

### 3 Твердость по сечению:

- основной металл – 107 НВ 5/250;
- ЗТМВ - 101 НВ 5/250;
- сварное ядро – 104 НВ 5/250.

### Заключение:

- 1 Качество сварного шва – удовлетворительное.
- 2 Качество термообработки (закалка + искусственное старение) – удовлетворительное.

Начальник лаборатории

И.А.Малов

Зам. начальника лаборатории

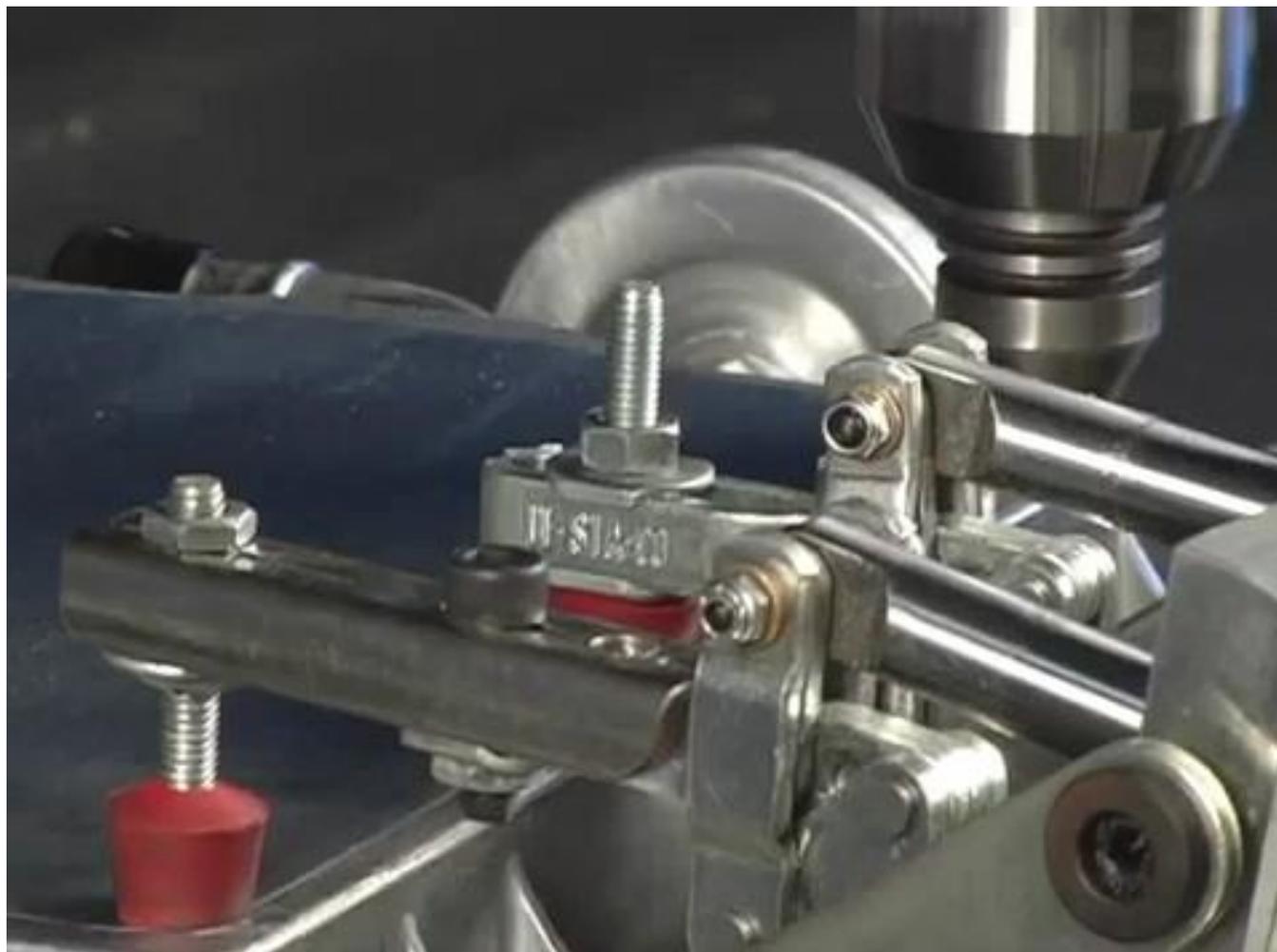
М.В.Никипина

Инженер-лаборант

Н.А.Сергеев



## ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ БЛОКОВ



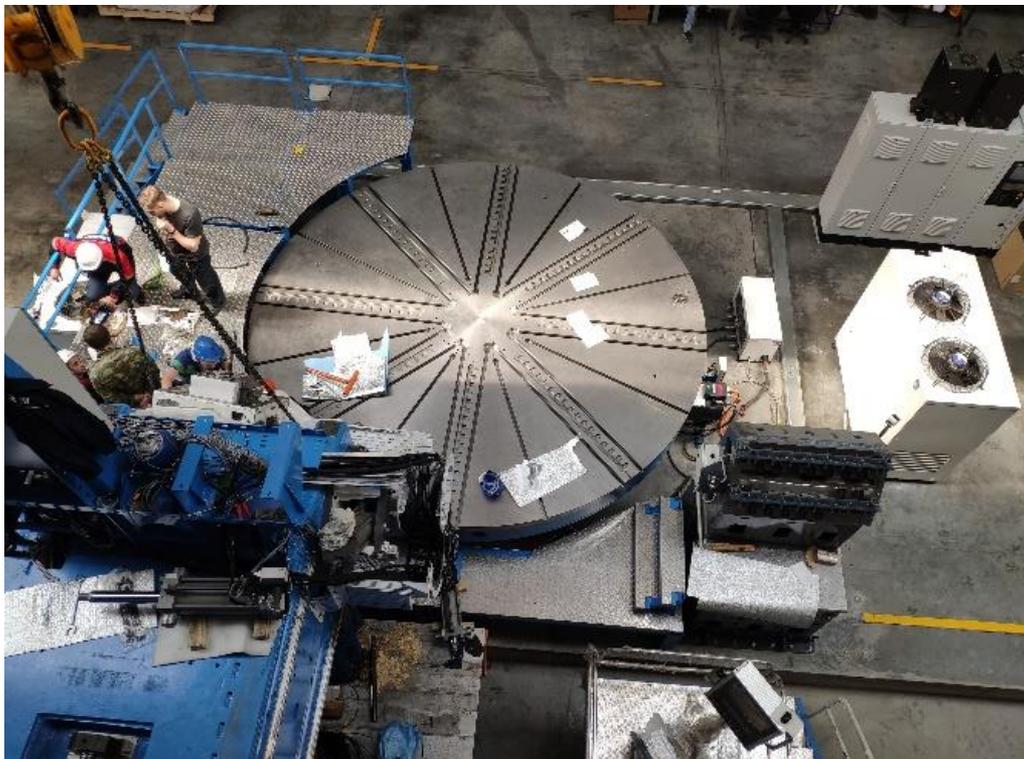
# ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПОД ВОДОЙ



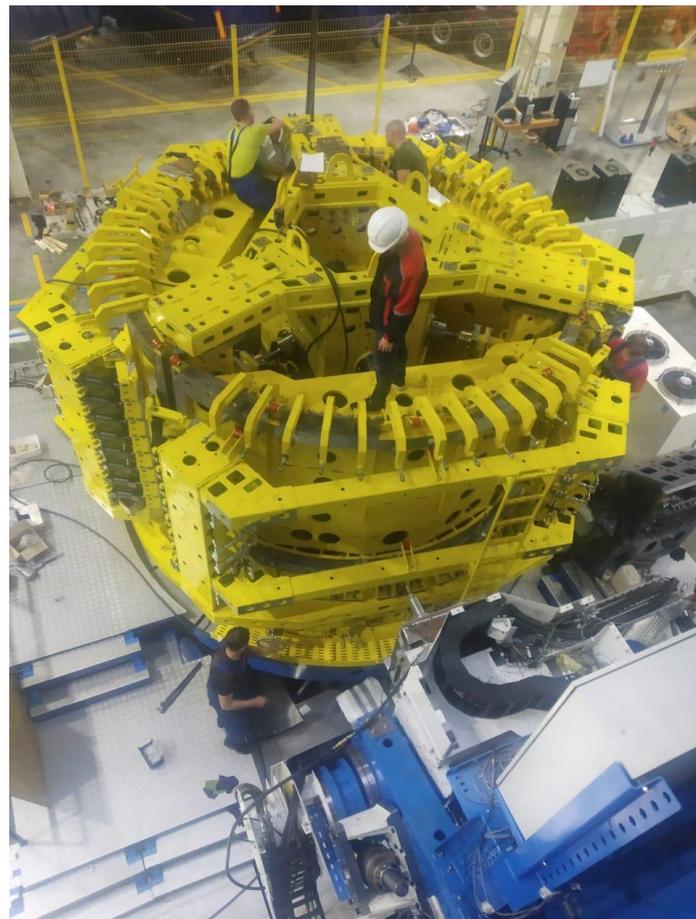
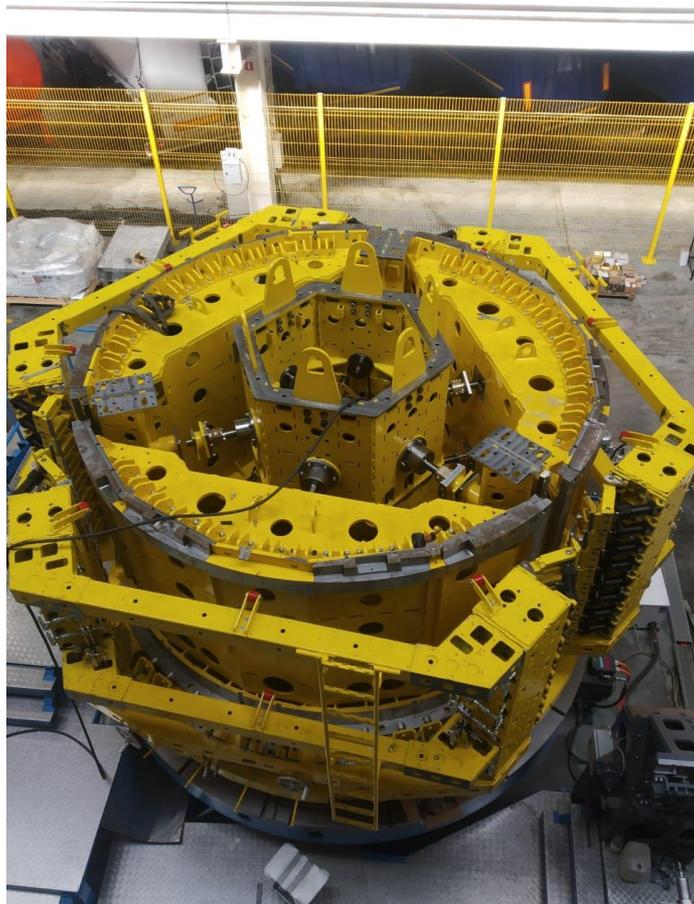
# УСТАНОВКА СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПРОДОЛЬНЫХ И КРУГОВЫХ ШВОВ ОБЕЧАЕК ДЛЯ РКЦ «ПРОГРЕСС»



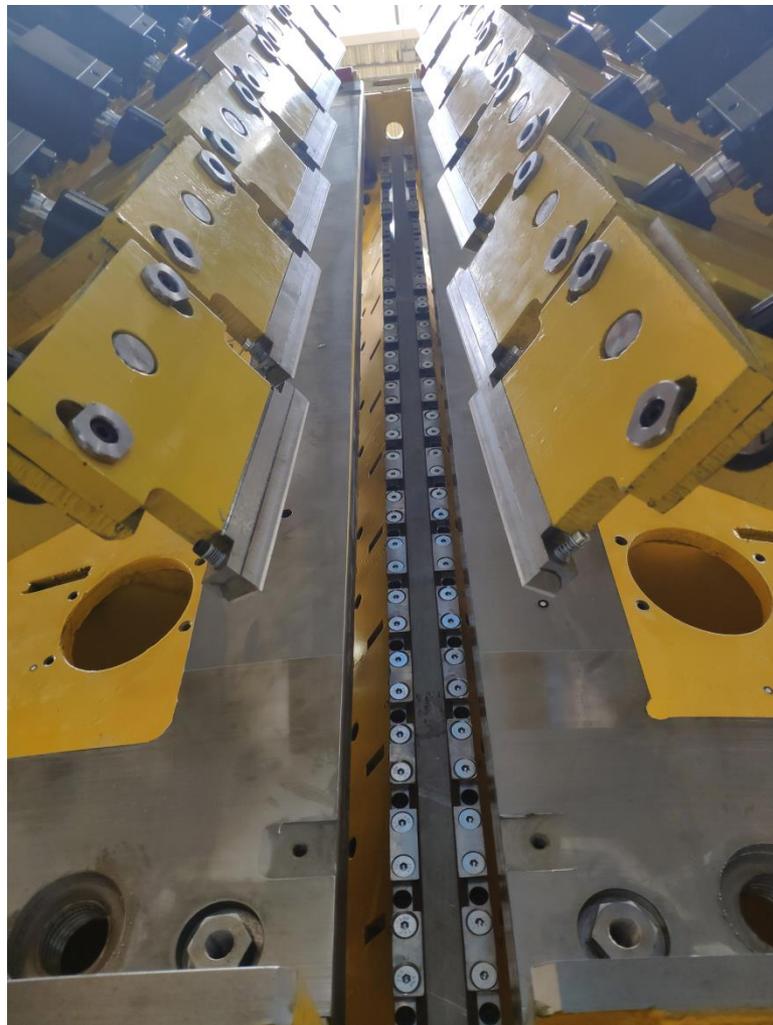
# УСТАНОВКА СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПРОДОЛЬНЫХ И КРУГОВЫХ ШВОВ ОБЕЧАЕК ДЛЯ РКЦ «ПРОГРЕСС»



# ОСНАСТКА ДЛЯ СБОРКИ-СВАРКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБЕЧАЕК ДИАМЕТРОМ 4100 ММ



# ОСНАСТКА ДЛЯ СБОРКИ-СВАРКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБЕЧАЕК ДИАМЕТРОМ 4100 ММ



# Спасибо за внимание!

*Контакты для  
дополнительной информации:*

web: [www.sespel.com](http://www.sespel.com)

e-mail: [zaosespel@yandex.ru](mailto:zaosespel@yandex.ru)

