

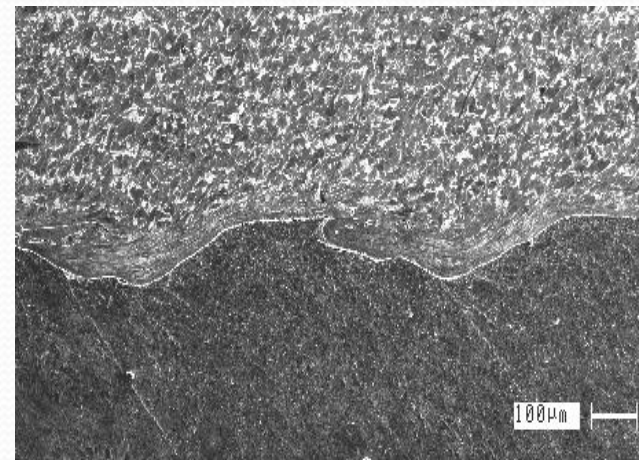


Импортозамещающая технология производства сваркой взрывом крупногабаритного биметалла для изготовления оборудования АЭС (опыт производства и перспективы)



*Л.Б.Первухин, д.т.н., проф.
Генеральный директор ООО
«Битруб Интернэшнл»*

О.Л.Первухина, ИСМАН
В.Е. Старков, А.Г. Карпов , ЗАО «ГК КомплектЭнерго»



г. Нижний Новгород , «NDEXPO-2015»



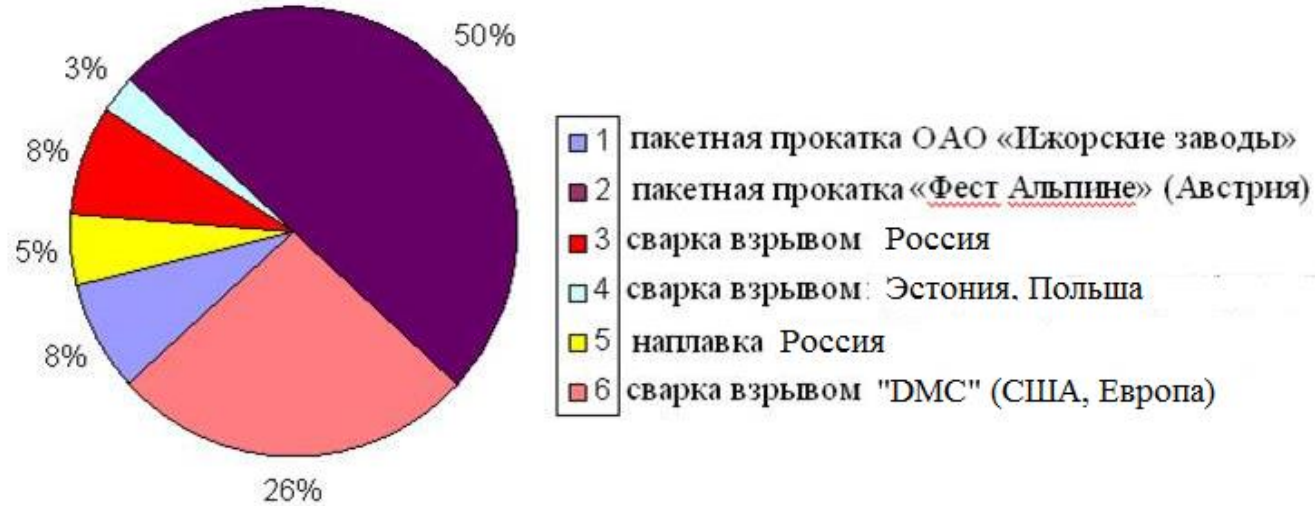
Методы производства биметалла

№ п/п	Метод производства	Характеристика метода	Энергия расходуется	Удельный расход энергии Квт-час/м ²
1	Пакетная прокатка	Требуется мощное прокатное оборудование. Крупнотоннажные партии. Изготовление вакуумируемых пакетов.	На подготовку и сварку пакетов, их нагрев до температуры прокатки, прокатку и термообработку	30-35
2	Электродуговая наплавка	Требуется специальные установки для наплавки электродом или лентой, механическая обработка после наплавки, высокая стоимость наплавочных материалов тепловое воздействие на металл основного слоя	На расплавление наплавочных материалов (электродов и шлака). Работу термических печей и правильного оборудования	199-285
3	Электрошлаковая наплавка с последующей прокаткой	Требуется специальные установки для наплавки и мощное прокатное оборудование, высокая стоимость наплавочных материалов. Ограничение по номенклатуре марок лакирующего слоя	На расплавление наплавочных материалов, на горячую прокатку, термообработку и правку	120-160
4	Сварка взрывом	Возможность производить любые партии биметаллов без ограничений по номенклатуре, при расходе коэффициент-1,05. Требуется специальные полигоны для ведения взрывных работ	На абразивную зачистку основного металла, сборку пакетов, термообработку и правку.	3-4



Состояние производства крупногабаритного биметалла

в США, Европе и России



Сварка взрывом, тыс.кв.м.

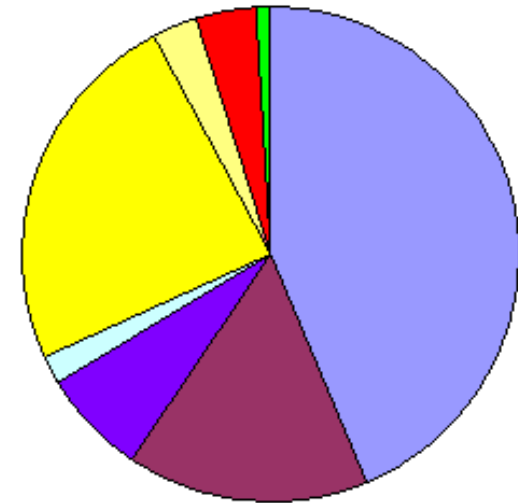
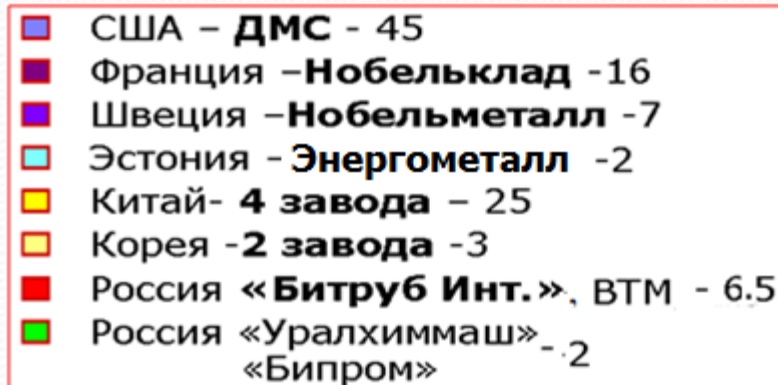
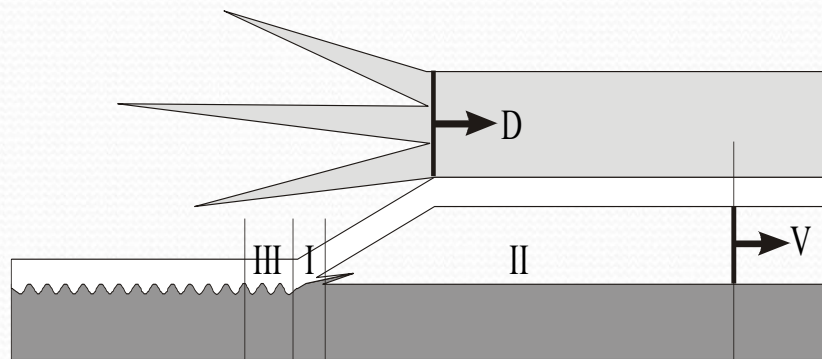


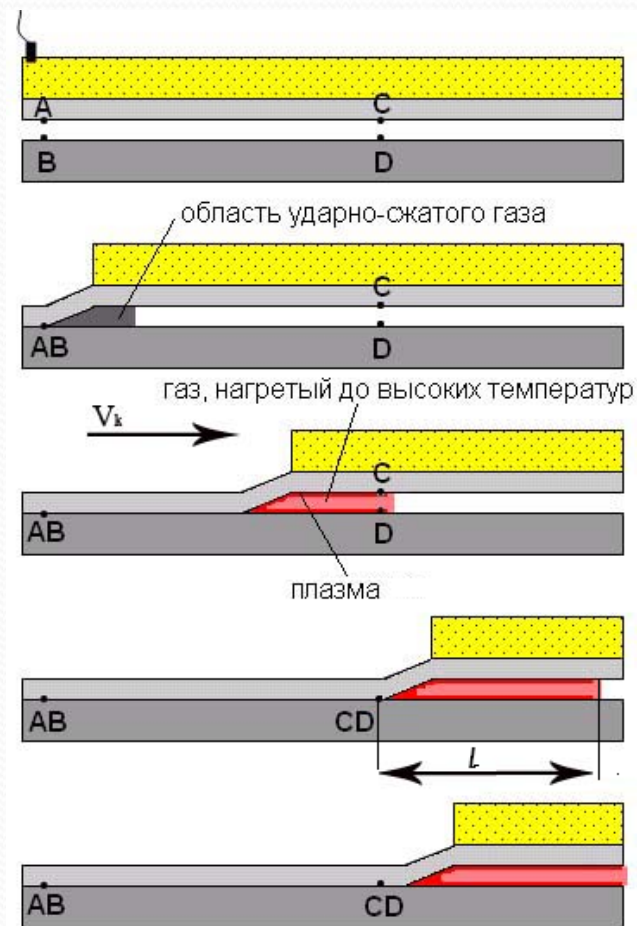
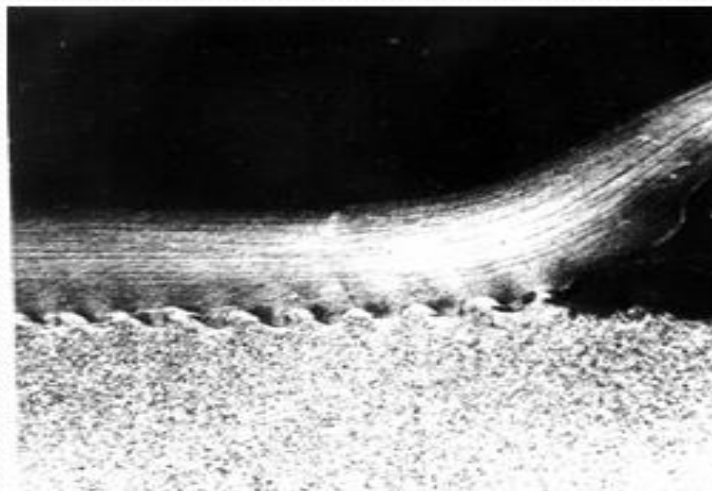


Схема образования соединения при сварке взрывом



1- зона точки контакта, 2- зона впереди точки контакта, 3- зона формирования соединения.

D – скорость детонации, V - скорость движения УСГ





Оборудование АЭС, изготовленное из биметалла 22К+08Х18Н10Т, полученного сваркой взрывом

Барaban сепараторы пара



Билибинской АЭС

Чернобыльской АЭС

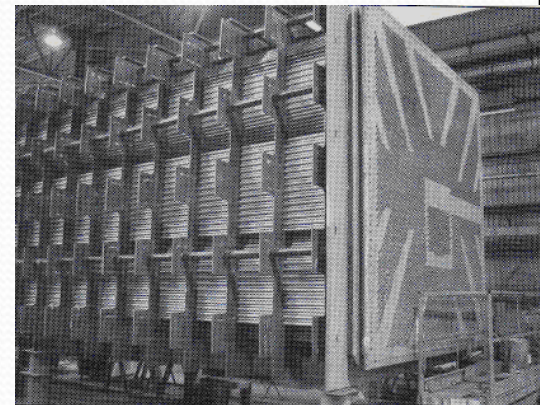
Результаты исследований свойств биметалла, проведенных в период с 1966-1987 в НПО ЦНИИТМАШ и НПО АНИТИМ опубликованы:

1. Плакирование стали взрывом. Под редакцией д.т.н. А.С. Гельмана. М., «Машиностроение», 1978. 191 с.
2. Конон Ю.А., Первухин Л.Б., Чудновский А.Д. Сварка взрывом. Под редакцией В.М. Кудинова.- М.: Машиностроение, 1987.-216с.

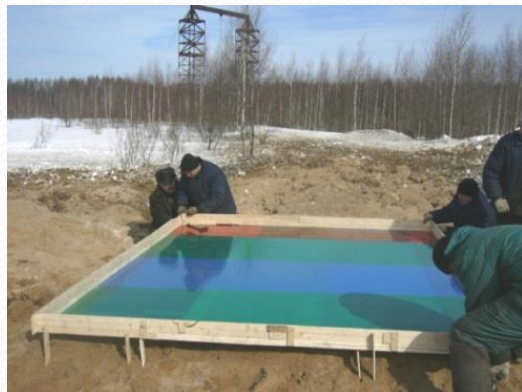


Биметалл сталь-титан для трубных решёток модулей блочных конденсаторов АЭС

- Марка 09Г2С +ВТ1-0 (Grade-1)
- Размеры: в заготовке 30(25+5)x3250x3700 мм
- готовые 30(25+5)x3200x3600 мм
- 09Г2С -ГОСТ 5520-79
- Титан ВТ1-0 ТУ1825-566-07510017-2005, ГОСТ 19807-91
- Разработана и промышленно освоена принципиально новая технология производства сваркой взрывом биметалла сталь+титан в среде защитных газов - аргоне.
- Технология обеспечивает стабильность процесса сварки взрывом по всей поверхности соединения, характеризуемого стабильностью процесса волнообразования и прочности соединения.
- Качество биметалла соответствует Российским ТУ и международным стандартам



Технология производства крупногабаритных трубных решеток сталь-титан для атомного машиностроения и ее внедрение



Качество биметалла сталь-титан

- Марка 09Г2С +ВТ1-0 (Grade-1). Размеры 30(25+5)х3200х3600 мм
- Требования к качеству по ТУ 5.961-11917-2007 «Плиты биметаллические «Сталь-Титан»
- Допускаемые дефекты сплошности соединения: 1 кв. см в зоне сверления отверстий, 25 кв.см вне зоны
- Прочность соединения на отрыв и срез - **не менее 150 МПа**
- Допуск на плоскостность поверхности не более 2-х мм на площади 1000х1000 мм и 12 мм на всю длину, ширину и диагональ плиты

Виды контроля:

Входной контроль исходных материалов

Контроль технологических параметров на всех стадиях производства

Ультразвуковой 100% контроль сплошности соединения

Контроль прочности соединения на отрыв, срез и изгиб

Ультразвуковой и металлографический контроль толщины лакирующего слоя

Контроль отклонения от плоскостности

Контроль механических свойств основного слоя по требованию Заказчика



Производство биметалла сталь-титан в 2014г.

1. Марка 09Г2С-12+Grade-1, размеры 30(25+5)x3200x3600 мм

Назначение: *трубные решётки конденсатора Балаковской АЭС*

Заказчик: *ООО «Комплектэнерго»*

Потребитель: *ОАО «Турбоатом» г. Харьков*

Уполномоченная организация: *ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»*

Объём производства: *72 двухслойные плиты,
общая площадь - 830 кв. м, вес - 181 т.*

Качество: *ТУ 5.961-11917-2007, УЗК – 100% по 0 классу,
прочность соединения на отрыв – 380-480 МПа, на срез – 310-370 МПа*

2. Марка 09Г2С+ВТ1-0, размеры 38(30+8)x3200x3400 мм

Назначение: *трубные решётки конденсаторов*

Заказчик: *ООО СЦ «Металл Маркет»*

Потребитель: *ОАО «Калужский турбинный завод»*

Объём производства: *8 плит*

Качество: *ТУ 5.961-11917-2007, УЗК – 100% по 0 классу,
прочность соединения на отрыв – 380-480 МПа, на срез – 310-370 МПа*

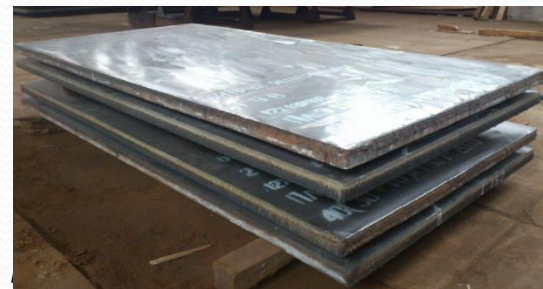
3. Марка 12Х18Н10Т + ВТ1-0, размер 38(30+8)950x1900 мм

Назначение: *трубные решётки*

Заказчик: *ОАО «Машпром» г. Екатеринбург*

Объём производства: *4 плиты*

Качество: *соответствует ТУ 27.81.009-2005, УЗК - 100% по 0
прочность соединения на отрыв – 190-250 МПа*



Биметалл конструкционная сталь - коррозионностойкая сталь для АЭС

ТУ 0993-001-21414987-2012 «Лист стальной двухслойный коррозионностойкий, изготовленный методом сварки взрывом»

Согласованы: ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО ОКБ «Гидропресс»,
ОАО НПО ЦНИИТМАШ , Ростехнадзор

Основной слой - лист из стали 22К по ГОСТ 5520 или ТУ 302.02.092
-лист из стали марок 22К-Ш и 22К-ВД по ТУ302.02.092.

Плакирующий слой - листы из стали 08Х18Н10Т по ГОСТ 5582 или ГОСТ 7350

Качество биметалла

Сплошность соединения слоёв должна удовлетворять следующим показателям:

- условная площадь максимально допустимой несплошности $-S_2 = 25 \text{ см}^2$,
- условная площадь минимально учитываемой несплошности $-S_1 = 10 \text{ см}^2$,
- число нарушений сплошности площадью от 10 до 25 см^2 на любом квадратном участке листа площадью 1 м^2 , должно быть не более трёх.

Прочность сцепления слоев при испытании

- на изгиб плакирующим слоем внутрь - угол 160°
- На боковой изгиб – 80
- На отрыв и срез – не менее 196 МПа



Производство двухслойных листов марки 22К+08Х18Н10Т для ёмкостей САОЗ





Результаты испытаний в ОАО «Петрозаводскмаш» двухслойных листов для ёмкостей САОЗ

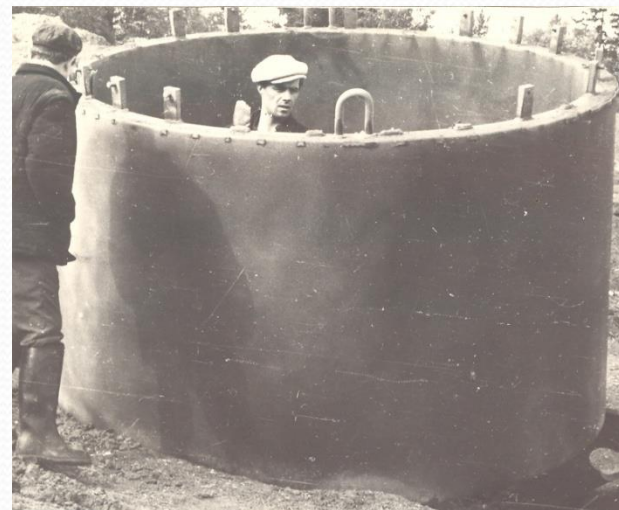
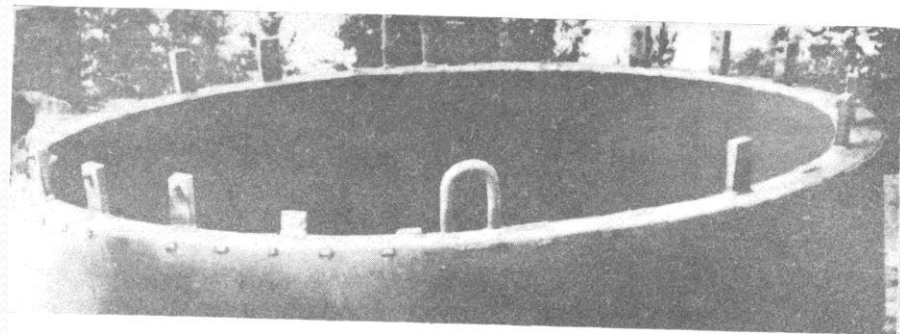
Марка биметалла и толщина	Номер листа	Свойства соединения				Свойства основного металла				толщина плак. слоя, мм	Испытание на стойкость к МКК (Метод АМУ)
		$\sigma_{отр}$ МПа	$\sigma_{ср}$ МПа	Изгиб d=40мм град	Изгиб d=2а град	$\sigma_{в}$ МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ %	ψ %		
22К+08Х18Н10Т 105+5	50	573, 580	423, 366	80уд.	160уд.	482	315	26,0	65,0	5,1	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	51	578, 475	359, 319	80уд.	160уд.	501	320	27,5	61,5	5,3	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	52	535, 573	375, 382	80уд.	160уд.	471	221	29,5	62,5	5,4	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	53	571, 466	342, 369	80уд.	160уд.	487	294	26,0	60,5	5,3	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	54	485, 518	292, 260	80уд.	160уд.	505	307	26,5	58,5	5,2	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	55	573, 564	387, 358	80уд.	160уд.	465	283	27,5	65,5	5,1	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	56	530, 540	362, 344	80уд.	160уд.	454	272	31,0	68,0	4,9	Стойки к МКК
22К+08Х18Н10Т 105+5	57	521, 549	387, 361	80уд.	160уд.	459	287	30,0	65,5	5,2	Стойки к МКК



Плакирование внутренней поверхности опытных обечаек



размеры 800x800x100 мм



**Обечайка корпуса реактора
размеры 4000 x2000x250 мм,
толщина плакирующего слоя 3 мм**

размеры 1500x1500x150 мм



Снижение экологической угрозы при производстве крупногабаритного биметалла воздушно-механической пеной



Пакет с зарядом ВВ размерами
 $31(26+5) \times 2100 \times 13100$ мм



Опалубка для воздушно-механической пены



Заполнение пеной опалубки



Двухслойный лист



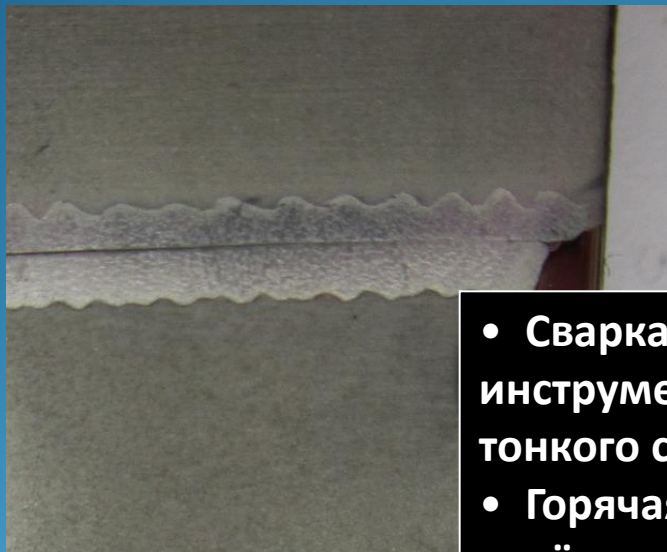
Комбинированные технологии производства биметаллов

Сварка взрывом + горячая пакетная прокатка

Комбинированный метод производства (сварка взрывом + горячая пакетная прокатка) позволяет объединить возможности сварки взрывом прочно соединять в твёрдой фазе практически любые металлы и сплавы и высокую производительность метода горячей пакетной прокатки.

Перспективны для промышленного производства коррозионностойких, износостойких, броневых биметаллов

Многослойный пакет после сварки взрывом



Многослойный пакет после сварки взрывом и горячей пакетной прокатки



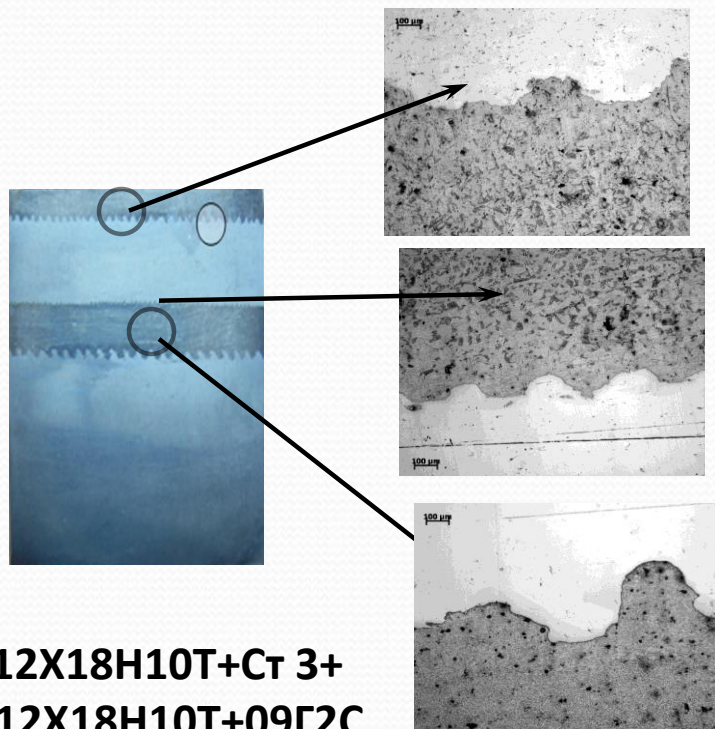
- Сварка взрывом позволяет модифицировать поверхность инструментальной и высокопрочной стали путем нанесения тонкого слоя малоуглеродистой стали
- Горячая прокатка пакетов обеспечивает прочное соединение слоёв малоуглеродистой стали

Результаты исследований биметала У8+45ХН2МФА показали отсутствие дефектов.

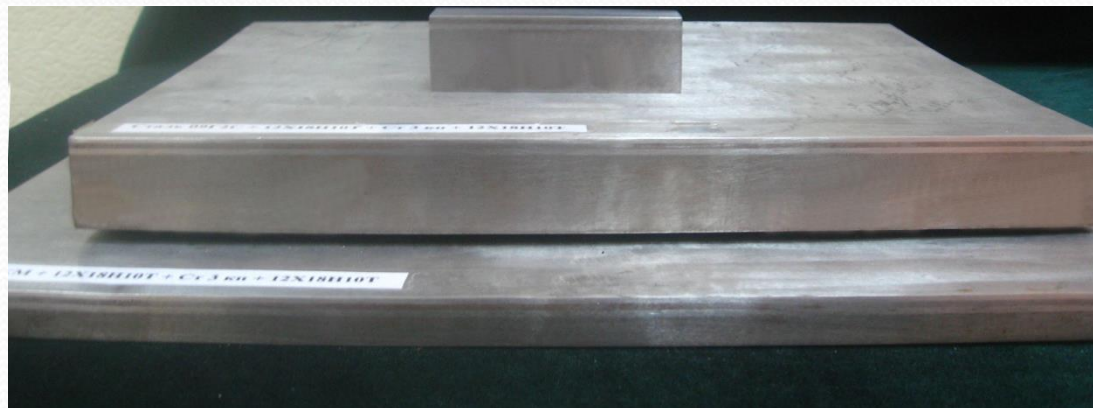
Прочность соединения на отрыв составила 380-420 МПа, прочность на срез 250-280 МПа, угол изгиба 120°.

Многослойный композиционный металлический материал с внутренней протекторной пitting защитой

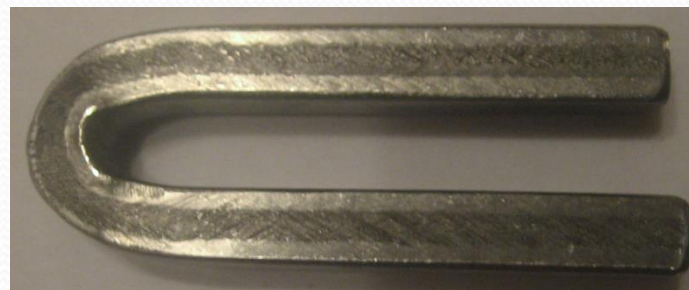
Перспективно для хранилищ жидких радиоактивных отходов



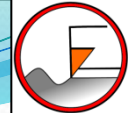
12X18H10T+Ст 3+
+12X18H10T+09Г2С



Образцы материала с внутренней протекторной пitting-защитой

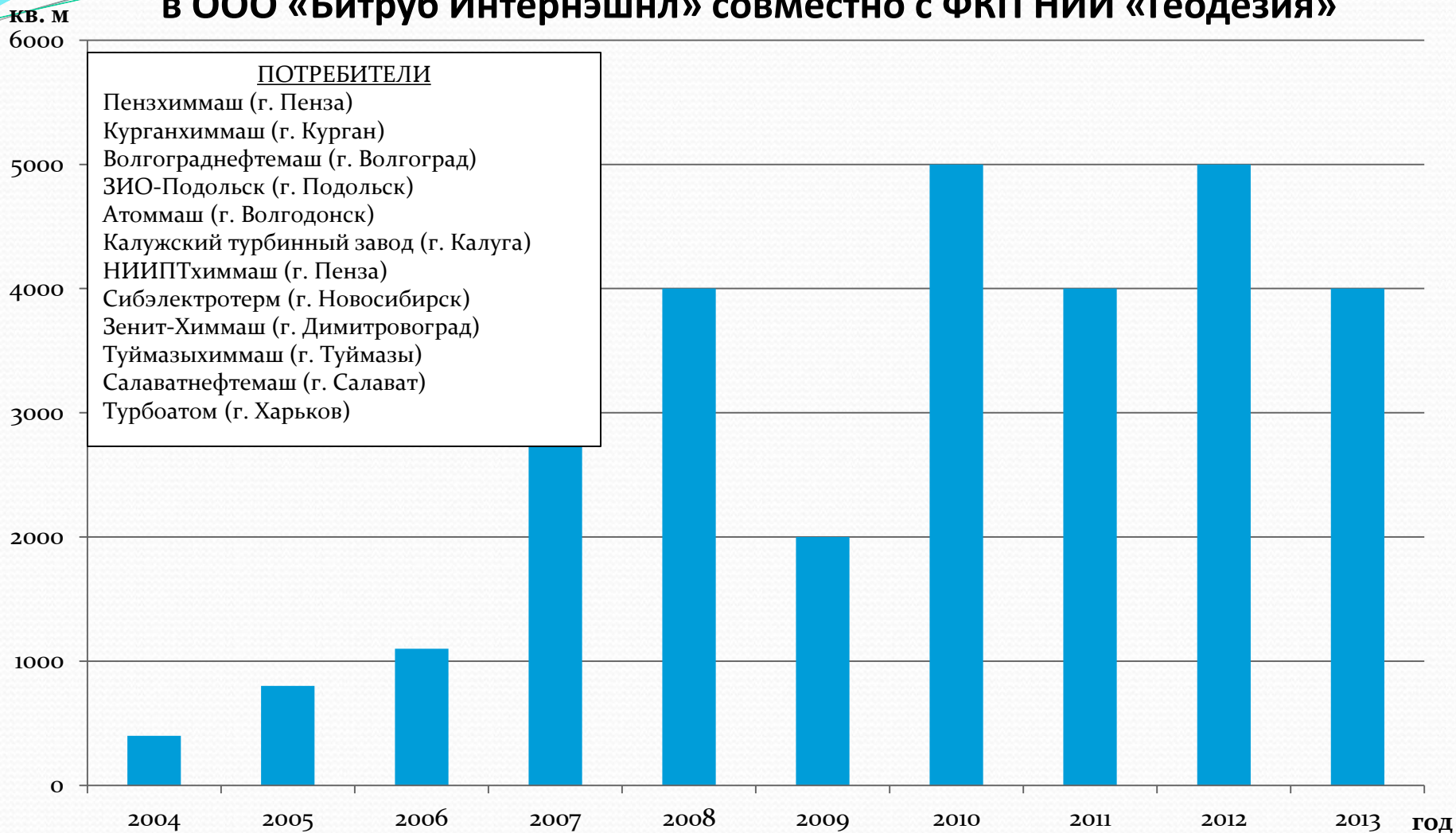


Ресурс работы нового материала в среднем в 10 раз превышает хромоникелевые и хромоникельмолибденовые нержавеющие стали за счёт трансформирования характера протекания коррозионных процессов



Производство биметалла

в ООО «Битруб Интернэшнл» совместно с ФКП НИИ «Геодезия»



Научно-производственный комплекс, который в настоящее время является основным производителем биметалла сваркой взрывом в России и производит 4000 м² биметалла в год при мощности 8000-10000 м², то есть закрывает потребность страны в биметалле на 15-20%



Научно-производственный комплекс по производству биметалла сваркой взрывом в г. Красноармейске



- **ФКП НИИ «Геодезия»:**

предоставляет производственные площади для подготовки металла к сварке взрывом, обеспечивает погрузочно-разгрузочные работы в цехе 120Б, подготовку взрывчатых материалов, проведение взрывных работ, обеспечивает работу оборудования в цехе 120Б.

- **ООО «Битруб Интернэшнл»:**

разрабатывает технологию и НТД, выполняет все работы от получения заказа, производства биметалла, контроля его качества, сертификации сдачи заказчику, обеспечивает материалами, проведение НИР и ОКР

- **ГНЦ ОАО НПО ЦНИИТМАШ:** разработка и согласование НТД, аттестация технологии и персонала, проведение исследований.

- **ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»:** согласование НТД, уполномоченная организация по контролю качества, проведение исследований.

- **ООО СЦ «Металл Маркет»:** Маркетинг, договоры с Заказчиками, обеспечение исходными материалами, термообработка и правка

Перспективы развития производства биметалла сваркой взрывом

Основная задача

- Исключить зависимость важнейших отраслей машиностроения России от импорта биметалла за счет создания современного производства биметалла сваркой взрывом и использования мощностей испытательных полигонов оборонного комплекса
- Наши реквизиты: г. Красноармейск, Московской обл. пр. Испытателей 14
- Офис: г. Красноармейск, Московской обл., ул. Комсомольская 4, к. оф.72,73
- Тел./факс: (496)588-01-08, (496)524-33-27, моб. 8-916-564-87-84
- www.bitrub.ru E-mail: bitrub@mail.ru

Спасибо за внимание