

**Научно-производственное
предприятие
«Лаборатория импульсной
обработки металлов»
(НПП ЛИОМ)**

1971год. Плакирование трубной решетки (вес 40т, диаметр 4м)



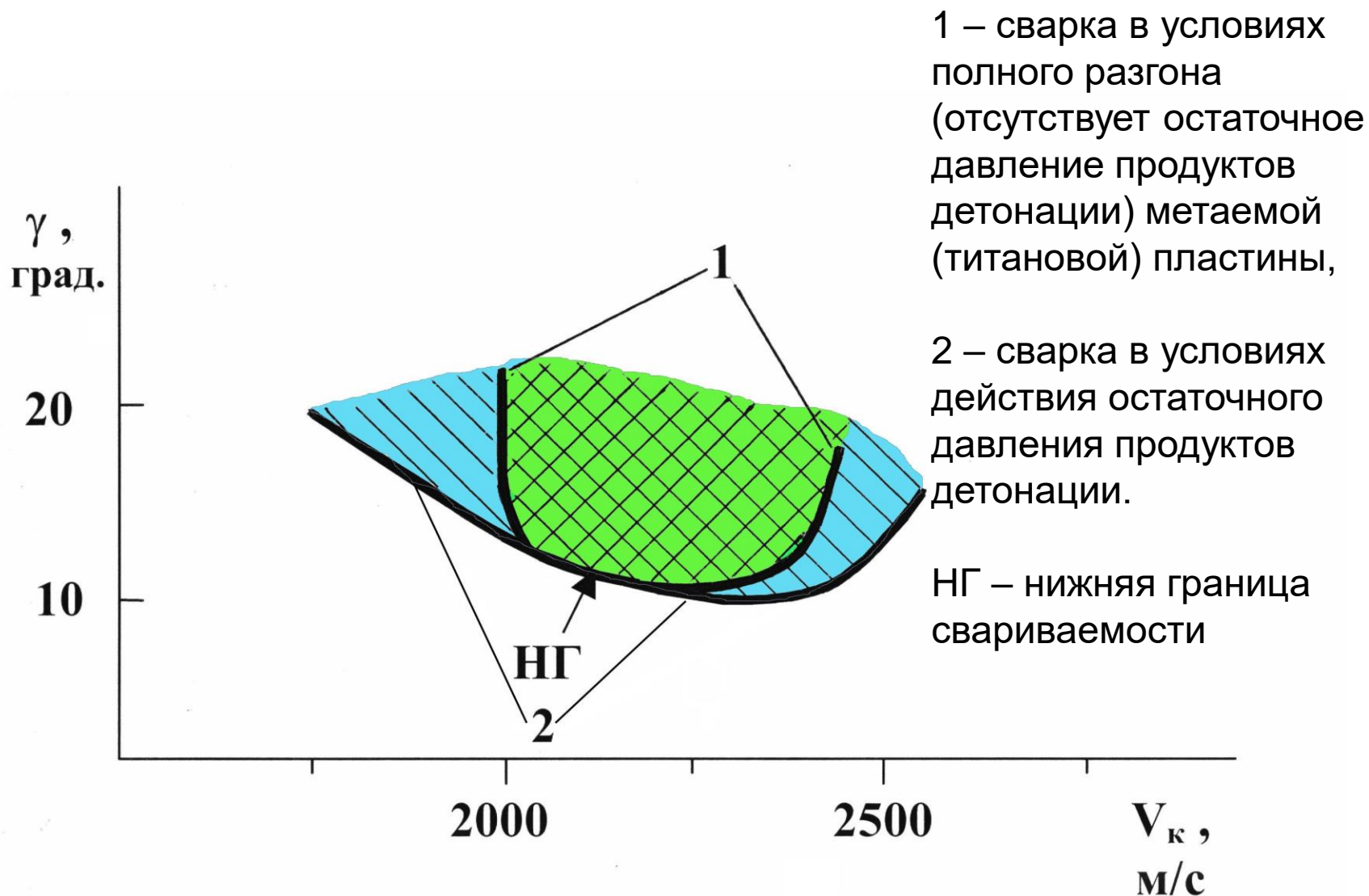
Измерительный комплекс



Разработка промышленных технологий сварки взрывом

- Расчет нижней границы области сварки взрывом на диаграмме свариваемости ($V_k - \gamma$);
- Определение оптимальной пиковой величины остаточного давления продуктов детонации ($P_{ост}$);
- Определение оптимальных периферийных нависаний (L_H, L_6, L_K);
- Выбор технологических параметров (H, h);
- Сопутствующий контроль параметров сварки взрывом (D, γ).

Экспериментальная «область сварки взрывом» титана ВТ1-0(2мм) со сталью Ст3(4мм)

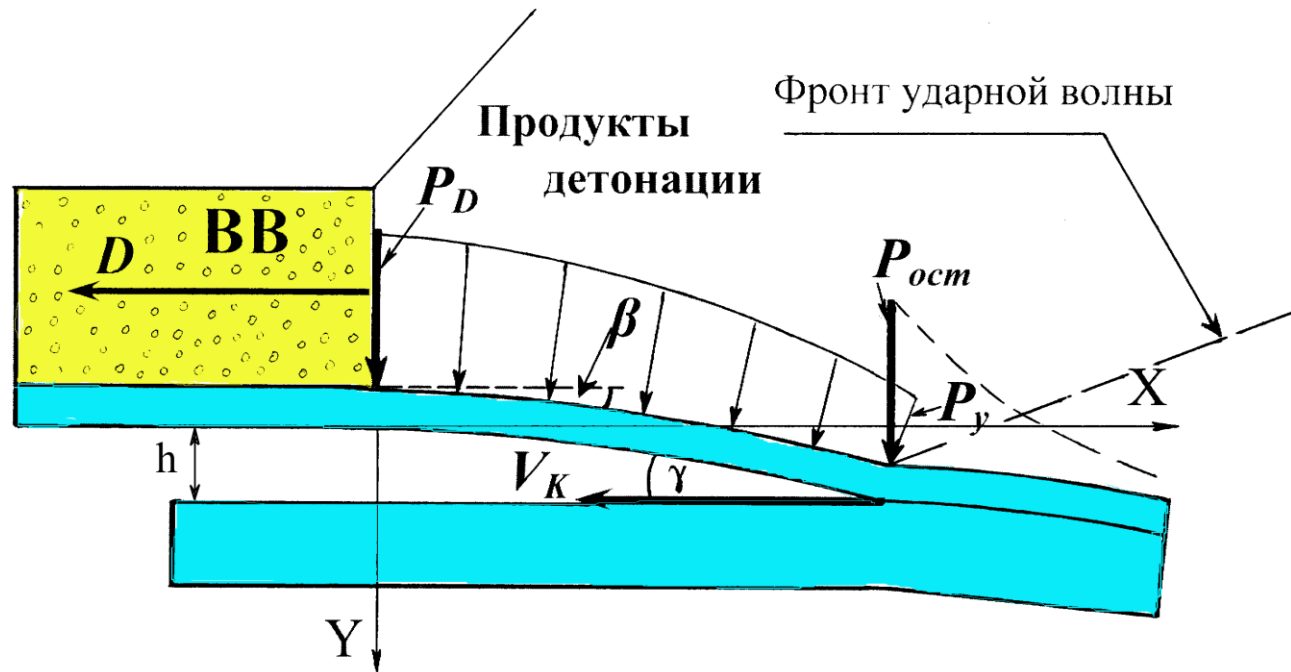


Расчет нижней границы

$$\gamma^{\min} = \frac{2,79 \cdot K_{\delta} \cdot T_{\Pi}}{l^3 \cdot A \cdot V_K}$$

γ^{\min} – минимальный угол соударения, $K_{\delta} = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана, T_{Π} – температура плавления для менее тугоплавкого металла в свариваемой паре, l – расстояние между ближайшими атомами в решетке для менее тугоплавкого металла в свариваемой паре, $A = \rho_M \cdot c_M \cdot \rho_H \cdot c_H / (\rho_M \cdot c_M + \rho_H \cdot c_H)$ – приведенная акустическая жесткость (ρ_M , ρ_H и c_M , c_H – соответственно, плотности и объемные скорости звука метаемой и нижней пластин).

Схема сварки взрывом при параллельном расположении пластин



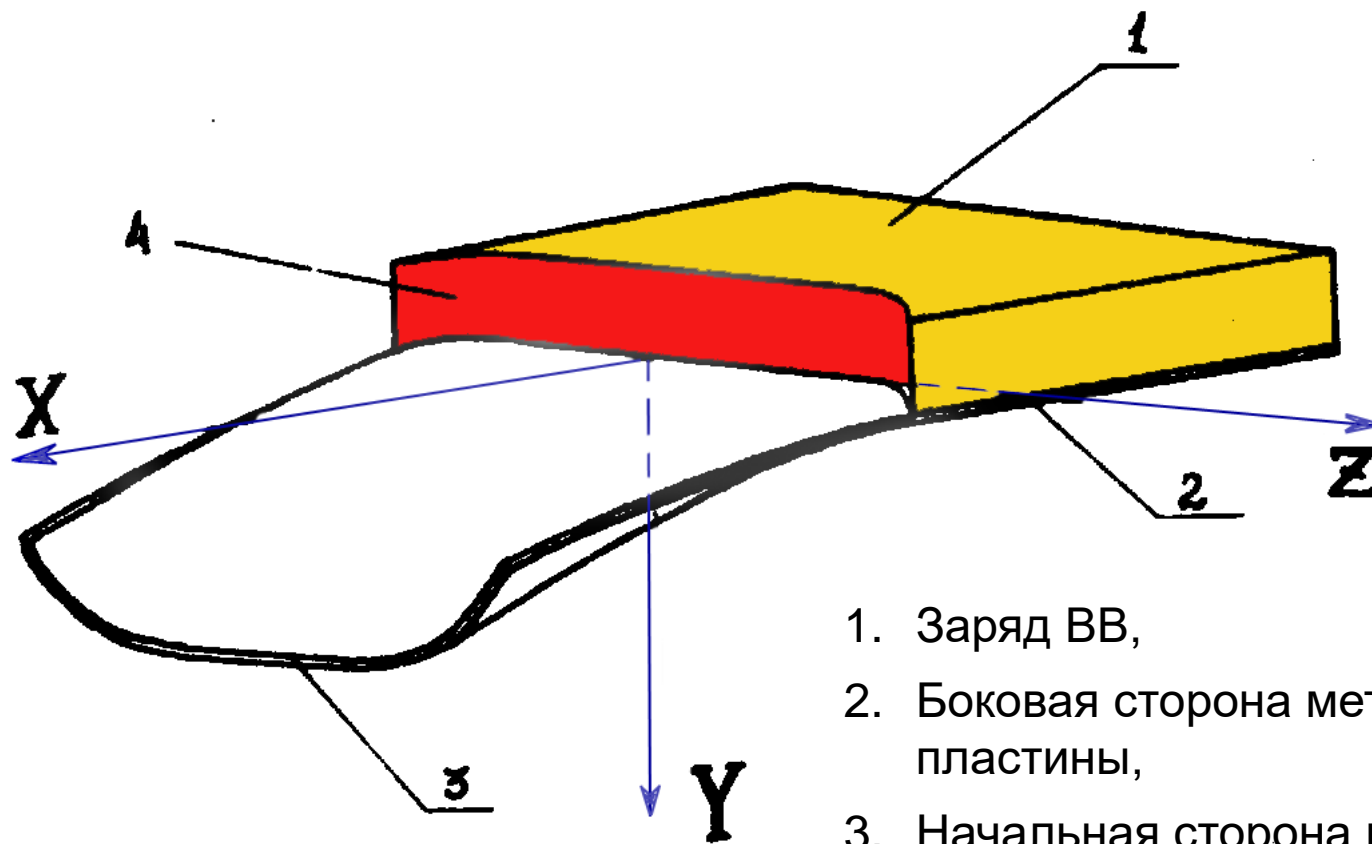
D – скорость детонации заряда ВВ,
 P_D – давление на фронте детонационной волны, h – сварочный зазор,
 β – угол поворота метаемой пластины, P_y – давление продуктов детонации (ПД) до соударения пластин, $P_{ост}$ – пиковая величина остаточного давления ПД, V_K – скорость точки контакта, γ – угол соударения, $X; Y$ – оси координат.

Расчет минимальной пиковой величины остаточного давления ПД

$$P^{\min} = 1,35 \cdot (\sigma_M + \sigma_H)$$

P^{\min} — минимальная пиковая
величина остаточного давления ПД;
 σ_M , σ_H — статические пределы
текучести материалов метаемой и
нижней пластин.

Краевые эффекты при метании пластины продуктами скользящей детонации



1. Заряд ВВ,
2. Боковая сторона метаемой пластины,
3. Начальная сторона метаемой пластины,
4. Фронт детонации.

**Подготовка основного листа 09Г2С, размер
2450x5500x100мм**



**Подготовка плакирующего листа 08Х18Н10Т,
толщиной 6мм**





О9Г2С+08Х18Н10Т, размер 2450x5500x(100+6)мм



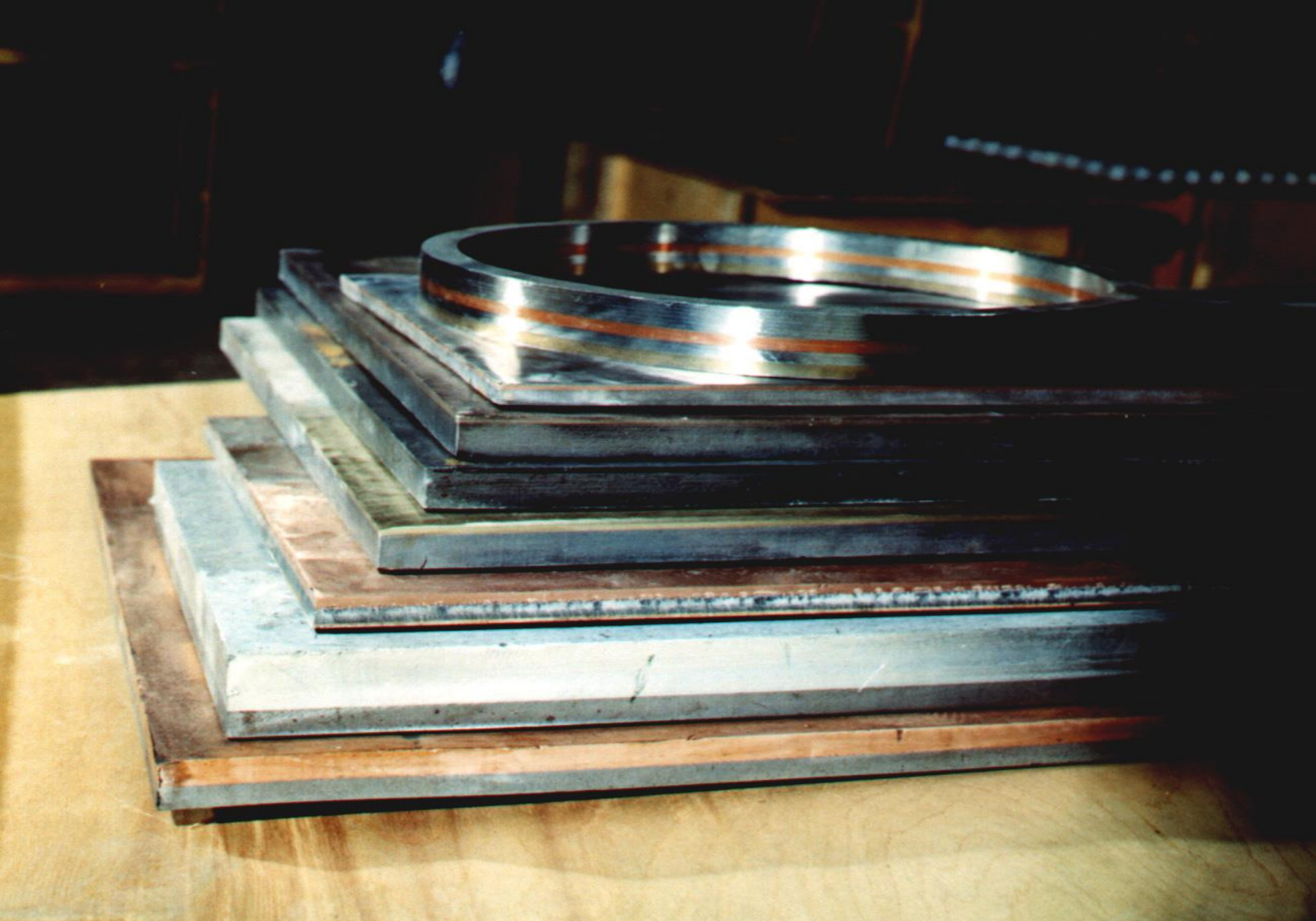
Взрыв на полигоне (масса заряда 1000 кг)



Биметалл после взрыва



100% ультразвуковой контроль биметаллов



Биметаллы и многослойки, полученные сваркой взрывом



Переходники: Сталь+алюминий, размер 200x200x(40+12)

Токоподводы: Алюминий+медь





Токоподводы: Алюминий+медь



Днище из 09Г2С+08Х18Н10Т толщиной 90+10.

РАЗМЕРЫ

- толщина лакирующего слоя от 0,5 до 30 мм
- толщина основного слоя от 1 мм и выше без ограничений
- максимальная площадь листов до 25 м²
- количество слоёв не ограничено

- **МАРКИ**
- **Возможность соединения практически любых коммерческих металлов и сплавов.**
- **В частности подразделением по сварке взрывом изготавливалась продукция со следующими сочетаниями металлов:**

Двухслойные листы:	
Основной слой	Плакирующий слой
Углеродистая сталь	+углеродистая сталь; +нержавеющая сталь; +титан; +латунь; +медь; +алюминий; +никель; +монель; +мельхиор; +хастеллой; +тантал; +ниобий; +кобальт
Нержавеющая сталь	+нержавеющая сталь; +алюминий; +титан
Титан	+медь; +углеродистая сталь; +платина; +молибден; +ниобий; +кобальт; +вольфрам
Алюминий	+медь; +титан
Медь	+углеродистая сталь; +нержавеющая сталь; +титан
Латунь	+алюминий
Ниобий	+тантал; +вольфрам; +молибден
Вольфрам	+молибден
Тантал	+молибден
Гафний	+цирконий; +титан
Серебро	+медь

Методы контроля и испытания.



Сравнение характеристик биметаллов сталь+сталь, полученных различными способами

Характеристики биметаллов	Способы плакирования для биметаллов Сталь+сталь		
	Пакетная прокатка	Наплавка	Сварка взрывом
Формы плакированных заготовок	Листы	Возможно плакирование заготовок как простых, так и сложных форм	Листы, прутки, трубы
Прочность соединения слоёв	Низкая прочность соединения металлов в биметалле - возможны отслоения слоёв	Высокая прочность соединения слоёв - прочность шва превышает прочность соединённых металлов	Высокая прочность соединения слоёв - прочность шва превышает прочность соединённых металлов
Внутренние напряжения в слоях биметалла	Отсутствуют внутренние напряжения	Присутствуют внутренние напряжения в слоях - возможны трещины в слоях биметалла	Отсутствуют внутренние напряжения
Равномерность толщины биметалла	Неравномерность толщины	Равномерная толщина	Равномерная толщина

ВЫВОД

Таким образом, сваркой взрывом обеспечивается более высокое качество биметаллических заготовок сталь+сталь простых форм (листы, прутки, трубы).