

# Ассоциация "Международный Институт Развития"



А "МИР"

**Департамент организационного управления проектами и технологиями**

<http://amir.mirimc.com/ru/> Email: [infomir35@gmail.com](mailto:infomir35@gmail.com) 8 (909) 769 3727

## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Ассоциация «Международный Институт Развития»  
Департамент производственных проектов

### ПРОЕКТ

«Создание металлургического завода  
по изготовлению и выпуску железа и прецизионных сплавов  
«Металл - 2030»

Концептуальные положения по создаваемому Проекту  
*На 10 листах*

Инсталляция 01/VI-21

Президент Асс. «МИР»

**В. А. Алецанов**

ГИП Проекта:

**В. В. Гармонщиков**

РФ, Москва  
Июль, 2021

## МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД БУДУЩЕГО

### Уважаемые господа!

Ассоциация «МИР» предлагает концепцию создания проекта металлургического завода будущего, согласно которой:

- решение основных проблем энергетики и металлургии и их совместимости с окружающей средой осуществляется созданием энерготехнологического комплекса (ЭТК)
- объединяющего источники тепловой и электрической энергии в сочетании с металлургическими производствами с интегрированными заводами и/или мини – заводами
- основанном на использовании произведенной энергии в процессах плавки и структуризации металла с помощью плазменной и иной техники.

### Принципы построения и создания проекта ЭТК:

#### 1. Металлургический завод будущего, по нашему проекту, это:

- интегрированный комплекс производств и/или заводов и мини заводов со средней и/или относительно малой производительностью
- полностью автоматизированный, чему способствует непрерывность и малая инерционность технологических процессов.

#### 2. Первая и необходимая ступень создания ЭТК:

Возможно быстрое создание опытного экспериментального завода, на котором:

- достаточно представительно во взаимосвязи отработана технология и аппаратурное оформление процессов получения восстановительных газов и основных плазменно-металлургических переделов
- использован опыт практической реализации отдельных процессов и аппаратов (например, восстановительной плавки оксидов группы железа).

Ориентирован на последующую реализацию в ряде заводов и мини-заводов:

#### 3. Энергетическая основа наших предложений:

Создание экологически чистой ТЭЦ, на которой сжигание твердого топлива заменено на газификацию (с использованием плазменной техники), что на порядок снижает выбросы.

Продуктом газификации является синтез газ — высококачественное топливо и реагент-восстановитель для плазменно - металлургического производства металлов и сплавов из рудного сырья и отходов металлургического производства.

Синтез – газ, полученный из низкосортного топлива и биомассы, используется:

- для производства электрической и тепловой энергии
- для создания побочных химических производств
- в качестве восстановителя в экологически чистом плазменно-металлургическом производстве.

Существенная роль при этом отводится водороду, сочетающему в себе возможности энергоносителя и активного химического реагента, оптимально вписывающегося в мировую биосферу.

#### 4. Особенности железоуглеродистого полупродукта, выплавленного в ЭТК:

Новые энерго-металлургические процессы ЭТК позволяют выплавлять металл, обладающий большими потенциальными возможностями в части коренного улучшения структуры, состава и свойств металла.

Металл процесса создаваемого ЭТК открывает новую эру черной и цветной металлургии, в которой качество металла повышается не за счет совершенствования традиционных схем легирования, а только за счет изменения физических процессов структурообразования стали и сплавов.

По сравнению с традиционной технологической схемой исключены коксохимическое,

агломерационное производство и доменный передел.

Основными аппаратурно-технологическими модулями являются— восстановительный и плавильно-рафинировочный переделы, в перспективе совмещенные.

Базовым способом приведения расплава к некоторому равновесному состоянию является внепечная обработка металла.

Использованы и методы физического воздействия на металл при выплавке и кристаллизации

- наложение слабых электромагнитных полей в реакторе плавки
- применение при разливке низкотемпературной плазмы, ультразвука, электромагнитного перемешивания.

#### **5. Принципы промышленной революции «Индустрия 4.0» заложенные в ЭТК:**

**Цифровизация и интеграция вертикальных и горизонтальных цепочек создания стоимости:** весь процесс, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием, переходит на «цифру».

Все данные об операционных процессах и их эффективности доступны в режиме реального времени, а горизонтальная интеграция производства начинает охватывать поставщиков, потребителей и всех ключевых партнеров.

**Цифровизация продуктов и услуг:** дополнение имеющихся продуктов интеллектуальными датчиками или устройствами связи, совместимыми с инструментами аналитики данных, а также создание новых устройств, разработанных для предоставления комплексных решений.

**Цифровые бизнес-модели и доступ клиентов:** получение дополнительной выручки от цифровых решений, оптимизация взаимодействия с клиентом и улучшение их доступа.

#### **6. Предпосылки создания проекта:**

Предлагаемый проект ЭТК разработан исходя из следующих предпосылок:

1. Активно увеличивающийся спрос на металлы и сплавы с заданными свойствами
2. Недостаточно эффективное использование физико-механических свойств и показателей металлов
3. Чрезмерная насыщенность специальных добавок, ингредиентов и компонент в производимых действующей металлургией металлах и сплавах Недостаточная эффективность существующих металлургических методов и технологий
4. Наличие современных научно-технических достижений в производстве металлов.

#### **7. Проблема металлургических рынков:**

Необходимость массового увеличения объемов производства чистых металлов и сплавов на их основе для создания продукции производственно-технических изделий и товаров широкого спроса

#### **8. Решение:**

Создание металлургического модуля производства металлов и прецизионных сплавов с заданными характеристиками, свойствами и показателями

**9. Направления реализации. Методы:**

1. Применение научно-технических достижений в создании технологий производства металлов
2. Применение уникальных производственных методов и способов получения металла и сплавов с заданными качествами и свойствами.
3. Промышленное создание структур металла и сплавов в фазовом переходе расплав – твердое кристаллическое тело
4. Технологическое управление направленной кристаллизацией любых расплавов в условиях их объемного охлаждения

**10. Достижимые Результаты:**

1. Существенное увеличение объема производства чистых металлов и сплавов
2. Существенное снижение затрат и сроков на монтаж оборудования
3. Получение значительной доли чистой прибыли для участников проекта
4. Развитие физических и металлургических наук на базе использования применяемых методов получения металла
5. Создание металлургических модулей и цехов нового поколения с научно-техническим приоритетом
6. Снижение экологической нагрузки на среду обитания за счет переработки металлосодержащих отходов и других в товарную продукцию.

**11. Достижимые цели:**

1. Производство и выпуск стали и прецизионных сплавов на основе железа
2. Доминирование на металлургическом рынке специальных сталей и сплавов за счет:
  - 2.1. Выпуска прецизионных и высокоэнтропийных сплавов металлов
  - 2.2. Скорости выполнения заказов клиентов обусловленных короткой цепочкой металлургических переделов
  - 2.3. Формообразованием изделий из металла максимально приближенным к формам конструкций изделий клиента
  - 2.4. Повышенным качеством металла по составу, структуре и свойствам

**Президент Асс. «МИР»**

**В. А. Алещанов**

## ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1. Наименование проекта:

Полное:	Завод железа и прецизионных сплавов
Краткое:	«Металл – 2030»

### 2. Цели и задачи:

#### 2.1. Цели:

1.	Производство и выпуск стали и прецизионных сплавов на основе железа
2.	Доминирование на металлургическом рынке специальных сталей и сплавов

#### 2.2. Задачи:

<b>1. Производственные задачи:</b>
1.1. Восстановление металлов из рудных материалов
1.2. Очистка (рафинирование) металла до заданных параметров
1.3. Придание металлу заданных состава, строения и свойств
1.4. Придание металлу заданной геометрической формы
<b>2. Задачи обеспечения производственных процессов:</b>
2.1. Обеспечение восстановления металлов реагентом: углеводородным газом
2.2. Обеспечение процессов плавления электрической энергией
2.3. Обеспечение процессов производств системами автоматики и телемеханики

### 3. Расположение завода, как вариант вблизи:

1.	Мурманская обл.:	порты Баренцева моря
2.	Краснодарский край:	порты Черного моря
3.	Ставропольский край :	порты Каспийского моря
4.	Площадь:	От 0,5 до 10.0 гектар

### 4. Инициатор проекта:

1.	Компания:	Ассоциация «МИР»
2.	Адрес:	РФ, Москва

### 5. Продукция и Потребители:

#### 5.1. Номенклатура выпускаемой продукции:

1.	Коррозионно - стойкие (нержавеющие) стали
2.	Инструментальные быстрорежущие стали
3.	Конструкционные износостойкие стали
4.	Машиностроительные:
4.1.	Мартенситно-старееющие стали
4.2.	Корабельные стали
4.3.	Пружинные и подшипниковые стали
4.4.	Высокопрочные стали
4.5.	Рельсовые стали
5.	Прецизионные и высокоэнтропийные сплавы
6.	Порошковые металлы и изделия, в том числе для 3D принтеров

#### 5.2. Отрасли основного потребления продукции:

1.	Общее машиностроение
2.	Электротехническая промышленность
3.	Химическая и нефтегазовая отрасли
4.	Судостроение

#### 4. Структура и состав основных объектов по Проекту:

##### 4.1. Задаваемые показатели завода:

1.	Организационная структура:	Комбинат
2.	План производства жидкой стали:	200 000 тн/год
3.	План переработки железорудного сырья (ЖРС):	450 000 тн/год

##### 4.2. Состав объектов Комбината, имеющих юридическое лицо:

№	Наименование объектов	Млн. руб.	Мощность, в год
	<b>Итого:</b>	<b>20 000</b>	
<b>1.</b>	<b>Опытно – экспериментальное производство:</b>	<b>1 000</b>	
1.1.	СПКTB: специальное проектное бюро		50 человек
1.2.	Завод № 1: опытно – экспериментальный стали		100 000 тн
<b>2.</b>	<b>Заготовительное производство:</b>	<b>4 000</b>	
2.1.	Завод № 2: железорудного концентрата		400 000 тн
2.2.	Завод № 3: железорудных окатышей		200 000 тн
2.3.	Завод № 3а: железорудного агломерата		200 000 тн
<b>3.</b>	<b>Основное производство:</b>	<b>9 000</b>	
3.1.	Завод № 4: сталеплавильный		200 000 тн
3.2.	Завод № 5: литейно - прокатный		150 000 тн
3.3.	Завод № 6: порошковой металлургии		50 000 тн
<b>4.</b>	<b>Обеспечивающее производство:</b>	<b>6 000</b>	
4.1.	Завод № 7: сжиженных углеводородных газов (СУГ)		20 000 тн
4.2.	Завод № 8: тепловой и электрической энергии		60 000 МВт

#### 5. Продукты трансформации сырья:

##### 5.1. Сырьевой материал для производства металла:

№	Наименование	Fe, %	Гранула, мм
1.	Железорудный концентрат	>67	3-5
2.	Железорудные окатыши	>65	1.0-3.0
3.	Железорудный агломерат	>62	0.1-1.0

##### 5.2. Сортамент выпускаемой продукции, % от выпуска:

1.	Блюмы и слябы, как полупродукт производства	10
2.	Листовой прокат: тонко- и толстолистовой	40
3.	Мелкосортной прокат: простой и фасонный	20
4.	Чугунное и стальное литьё: точное литьё по моделям	10
5.	Изделия под давлением: продукт порошковой металлургии	20

#### 6. Базовый технологический регламент:

<b>1.</b>	<b>Заготовительный: подготовка железорудного сырья</b>
1.1.	Дробление и измельчение - уменьшение размеров кусков рудного материала путем раздавливания, истирания, раскалывания либо удара
1.2.	Обогащение (сепарация и флотация) – повышение содержания полезного элемента в руде и снижение содержания пустой породы и вредных примесей
1.2.1.	Магнитная сепарация: основной способ обогащения железной руды
1.3.	Фильтрация – удаление избыточной технологической влаги из концентрата
1.4.	Производство окатышей – формирование железорудного сырья определенного размера, необходимого для нормальной работы печи

1.4.1.	При изготовлении окатышей концентрат предварительно смешивают с флюсами, связующими веществами, окомковывают, а затем обжигают
<b>2.</b>	<b>Основное производство:</b>
<b>2.1.</b>	<b>Сталеплавильное производство:</b>
2.1.1.	Электротермическое восстановление железа в газовой среде: синтез-газе
2.1.2.	Внепечная обработка стали в импульсно – динамических устройствах (ИДУ), в т.ч.: • операции раскисления, легирования, рафинирования, модифицирования, дегазации, удаление шлака, усреднение химического состава и температуры
2.1.3.	Непрерывный разлив жидкой стали на слябовых и блюмовых МНЛЗ
<b>2.2.</b>	<b>Литейно -прокатное производство:</b>
<b>2.2.1.</b>	<b>Литьё-прокатка изделия из жидкой стали:</b> Процесс осуществляется в режиме непрерывно отливаемой заготовки и в нагретом состоянии подачи её в прокатный стан, где заготовка подвергается пластическому формоизменению
<b>2.2.2.</b>	<b>Литьё—прессование изделия из жидкой стали:</b> По всему объёму очага деформации на прокатном стане нагретой заготовки имеет место объёмное сжатие, обеспечивающее мелкозернистую плотную структуру и сводящее к минимуму внутренние напряжения.
<b>2.2.3.</b>	<b>Литьё—прокатка—армирование из жидкой стали:</b> В зазоре между валками прокатного стана происходит кристаллизация сплава, его соединения с армирующей сеткой, сжатие и уплотнение в поперечном направлении с образованием биметаллической ленты
<b>2.3.</b>	<b>Производство порошковой металлургии:</b>
2.3.1.	Восстановление ЖРС в солевом расплаве карбонатов щелочных металлов
2.3.2.	Дробление под воздействием струй расплава или инертного газа. Распыление и грануляция при получении порошков
2.3.3.	Измельчение и сепарация порошков требуемой фракции
2.3.4.	Формование порошков. Включает в себя термообработку, подготовку смеси и дозировку
2.3.5.	Термический отжиг для повышения свойства пластичности порошков
2.3.6.	Горячее прессование: объединение операций прессования и спекания Частицы металла в процессе расплавления образуют между собой крепкие межатомные связи, делая деталь однородной по своей структуре

## 7. Технологическое оборудование процессов производства:

### 7.1. Технологические линии полной заводской готовности:

Составлен, исходя из планового объема переработке продукта в год

<b>1.</b>	<b>Заготовительный: подготовка железорудного сырья</b>	<b>тн/год</b>
<b>1.1.</b>	<b>Линия обогащения ЖРС в составе:</b>	<b>450 000</b>
1.1.1.	Стержневые и шаровые мельницы дробления и измельчения	
1.1.2.	Грохоты, гидроциклоны и классификаторы измельченного ЖРС	
1.1.3.	Сепараторы магнитной сухой и сокрой сепарации ЖРС	
<b>1.2.</b>	<b>Линия производства металлизированных окатышей:</b>	<b>300 000</b>
1.2.1.	Дозаторы компонент шихты	
1.2.2.	Смесители шихты для сырых окатышей	

1.2.3.	Система увлажнения шихты с форсунками	
1.2.4.	Гранулятор шихты для получения сырых окатышей	
1.2.5.	Ленточная сушилка сушки гранул высокочастотной энергией	
1.2.6.	Барабанная обжиговая противоточная печь	
1.2.7.	Система газоочистки	
1.2.8.	Холодильники барабанного или шахтного типа	
<b>2.</b>	<b>Основное производство:</b>	<b>200 000</b>
<b>2.1.</b>	<b>Сталеплавильное производство:</b>	<b>200 000</b>
2.1.1.	Плазменные реакторы в составе агрегата плавления ЖРС	
2.1.2.	Электродуговые печи постоянного тока плавления ЖРС	
2.1.3.	Агрегаты и оборудование внепечной обработки жидкой стали	
2.1.4.	МНЛЗ – машины непрерывного литья заготовок	
2.1.5.	ИДУ – импульсно-динамические установки корректировки металла	
<b>2.2.</b>	<b>Литейно -прокатное производство:</b>	<b>160 000</b>
2.2.1.	Агрегаты Литьё-прокатка изделия из жидкой стали	
2.2.2.	Агрегаты Литьё—прессование изделия из жидкой стали	
2.2.3.	Агрегаты Литьё—прокатка—армирование из жидкой стали	
2.2.4.	Агрегаты фасонного и простого проката	
2.2.5.	МНЛЗ – машины непрерывного литья заготовок	
<b>2.3.</b>	<b>Производство порошковой металлургии:</b>	<b>40 000</b>
2.3.1.	Реакторы восстановления металлов из ЖРС в солевом расплаве	
2.3.2.	Агрегаты водной и/или газовой атомизации порошка	
2.3.3.	Агрегаты плазменного и индукционного плавнения	
2.3.4.	Оборудование для обработки порошковых материалов	
2.3.5.	Печи для спекания металлических порошков	
2.3.6.	Оборудование для изготовления специальной керамики	
2.3.7.	Оборудование для производства порошков аморфных сплавов	
2.3.8.	Оборудование для производства углеродных материалов	
2.3.9.	Промышленные генераторы газов: азота и водорода	

**7.2. Агрегаты и реакторы, изготовленные по технологии НОУ-ХАУ России:**

<b>1.</b>	<b>Заготовительный: подготовка железорудного сырья</b>
<b>1.1.</b>	<b>Линия обогащения ЖРС в составе:</b>
1.1.1.	Аппараты разупрочнения руды в высокочастотном энергетическом поле
1.1.2.	Аппараты селективного разрушения молекулярных связей материала
1.1.3.	Аппараты измельчения руды на принципах декомпозиции и сепарации
<b>1.2.</b>	<b>Линия производства металлизированных окатышей:</b>
1.2.1.	Аппараты гомогенизации компонент шихты
1.2.2.	Аппараты сушки гранул высокочастотной энергией
1.2.3.	Агрегаты обжига гранул
1.2.4.	Аппараты очистки газовой смеси
<b>2.</b>	<b>Основное производство:</b>
<b>2.1.</b>	<b>Сталеплавильное производство:</b>
2.1.1.	Плазменные реакторы в составе агрегата плавления ЖРС
2.1.2.	Агрегаты и оборудование внепечной обработки жидкой стали



2.1.3.	ИДУ – импульсно-динамические установки корректировки металла
<b>2.2.</b>	<b>Литейно -прокатное производство:</b>
2.2.1.	Агрегаты Литьё—прессование изделия из жидкой стали
2.2.2.	Агрегаты фасонного и простого проката
<b>2.3.</b>	<b>Производство порошковой металлургии:</b>
2.3.1.	Реакторы восстановления металлов из ЖРС в солевом расплаве
2.3.2.	Агрегаты водной и/или газовой атомизации порошка
2.3.3.	Агрегаты плазменного и индукционного плавления
2.3.4.	Оборудование для производства углеродных материалов
2.3.5.	Промышленные генераторы газов: азота и водорода

## 8. Преимущества создаваемого завода будущего:

### 8.1. Ресурсно – сырьевые:

1.	Глубина переработки ЖРС в коммерческую продукцию от 98%, т.е. «0» отходов
2.	Полная независимость от внешней энергетики, имея собственные энергоносители

### 8.2. Экологические преимущества:

1.	Полностью отсутствуют выбросы CO <sub>2</sub> в атмосферу
2.	Полностью утилизируются твердые и жидкие отходы производств

### 8.3. Конкурентные преимущества:

1.	Низкая энергоёмкость работающего оборудования, по сравнению с аналогами
2.	Применимость к любым видам исходного ЖРС: настройка на каждый вид
3.	Более высокое качество продукции, при равной стоимости оборудования – аналогов

### 8.4. Инновационный Уровень продукции Проекта (композитные металлы):

1.	Концептуально новый бизнес-процесс, не имеющий прямого аналога на рынке
2.	Принципиально новый бизнес-процесс, включающий:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• принципиально новый продукт</li> <li>• принципиально новые материалы и технологию производства</li> </ul>
3.	Принципиально новый сегмент (новая рыночная ниша) известного продукта
4.	Принципиально новый продукт, замещающий использование аналогов
5.	Принципиально новая технология, закрывающая использование аналогов
6.	Значительное улучшение качества известного продукта
7.	Значительное (более чем в 2 раза) снижение себестоимости продукта при сохранении заданного качества за счет повышения эффективности технологий производств
8.	Значительное улучшение качества или снижение себестоимости за счет применения новых аппаратов, материалов и компонент

## 9. Этапы и стоимость создания завода:

Очередь	Объем выпуска продукции	Млн. руб.	Сроки, начало
	<b>Итого:</b>	<b>20 000</b>	
<b>I Очередь:</b>	Выпуск жидкой стали 100 000 тонн в год	1 000	V.2021
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• СПКТБ: специальное проектное бюро</li> <li>• Завод № 1: опытно – экспериментальный стали</li> </ul>		
<b>II Очередь:</b>	Выпуск жидкой стали 1 000 000 тонн в год	10 000	I.2024
<b>III Очередь:</b>	Выпуск жидкой стали 2 000 000 тонн в год	9 000	I.2027

10. Экономические доводы преимущества завода будущего: 10.1. Программа производства и сбыта по основной продукции:

№	Наименование продукции	Тонн/год	Объем сбыта, млн. руб.	
			Цена тонны	Объем
1.	Металлическая продукция:	<b>200 000</b>		<b>11 200</b>
2.	• железо в изделиях	160 000	0.045	7 200
3.	• железо в порошке	40 000	0.10	40 000

**9.2. Доходность по товарно – продуктовой продукции 2 000 000 тонн в год:**

№	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
<b>1.</b>	<b>Стоимость создания комплекса:</b>	<b>млн. руб.</b>	<b>21 200</b>
1.1.	Сумма инвестиций	млн. руб.	20 000
1.2.	Процентная годовая ставка, 6%	млн. руб.	1 200
<b>2.</b>	<b>Сумма от реализации товарной продукции в год</b>	<b>млн. руб.</b>	<b>11 200</b>
3.	Эксплуатационные расходы в год, 3% от п.1	млн. руб.	636
4.	Налоги на прибыль и прочие удержания, 20% от п.2	млн. руб.	2 240
<b>5.</b>	<b>Прибыль завод, п. 2. – (п.3 + п.4)</b>	<b>млн. руб.</b>	<b>8 324</b>
6.	Окупаемость, п.1 : п.5	лет	2.6

#### **10. Завод будущего в условиях программы «Индустрия-4»**

10.1. Завод ориентирован на постоянно изменяющуюся внешнюю среду.

10.2. Завод намерен вкладывать значительные средства в инновации, а также:

- предлагать клиентам не товар, а комплексное решение – комбинацию новых материалов (сплавов) с уникальными свойствами

- предлагать технические инженерные решения по применению новых сплавов в конкретных изделиях (например, в автопроме или авиационно-космической отрасли).

10.3. Завод намерен создать и использовать глобальную платформу продвижения своих продуктов и услуг, предлагая клиентам решения по получению конечных изделий с заданными свойствами.

10.4. Процессы в производстве будут опираться на искусственный интеллект, который позволит машинам и роботам обучаться и адаптироваться.

10.5. Завод намерен произвести полную «цифровизацию» систем управления, в т. ч.:

- создание автоматизированной системы управления предприятием
- создание автоматизированной системы управления технологическими процессами
- создание роботизированных линий и роботов на отдельных процессах.

# **Заготовительное и инструментальное производство нового поколения.**

## **Новые и прогрессивные технологии для заготовительного производства**

Металлургическая заготовка, как для основного, так и инструментального производства является основой качества и уровня трудоёмкости тех изделий, которые из неё изготавливаются. Если с этих позиций рассматривать возможности отечественной металлургии, то можно отметить, что модернизируется первичный, по сути, сырьевой металлургический передел и ничего не сделано для совершенствования качественной (прецизионной) металлургии, являющейся основой высокотехнологичного машиностроения.

На заводах России нет того оборудования, которое необходимо для этих процессов, а на российском рынке трудно найти конструкционные сплавы, стали, чугуны и цветные металлы, которые бы соответствовали зарубежным аналогам.

О технологических возможностях девяти ведущих заводов качественной металлургии России и сопоставимости их технологического уровня в сравнении с аналогичными предприятиями Австрии, Англии, США, Бельгии, Германии, Японии и Тайваня Вам может быть направлена наша специальная информация, или сделано сообщение на основе публикаций, участия в международных конференциях, посещения заводов и контактов с учёными вышеуказанных стран.

Остаются невостребованными прогрессивные технологии советского периода, некоторые из которых, разработанные с нашим участием, даже в настоящее время превосходят зарубежные аналоги. Особенно актуальны для профиля Вашего производства следующие технологии:

- гидроэкструзия жидкостью, находящейся под давлением до 30 000 атмосфер для получения би- и три- металлических труб, прутков и профилей,
- высокоинтенсивная пластическая деформация на пресс-молоте «Сибирь» Новосибирского института гидродинамики,
- производство плоской заготовки и листа препарированием трубы,
- композиционные конструкционные материалы, армированные высокопрочной сеткой, дисперсными фазами или волокнами,
- угловое деформирование для выравнивания свойств заготовки, где истечение прутка происходит под углом 90° к пуансону прессы,
- высокопрочные стали и сплавы с оригинальным дисперсионным упрочнением,
- штамповка и сварка взрывом, трением и активированной диффузией,
- совмещенные процессы: плавка - точная отливка - пластическая деформация.

В основе этих технологий лежат режимы литья и пластической деформации, позволяющие управлять электронной структурой изделия и, тем самым, перевести его на другой уровень качества. При этом переход дислокаций из хаотической структуры «леса» на строго регламентированную тонкоблочную структуру «стенок», позволяет каждому блоку выполнять функцию зерна, увеличивая в разы протяжённость границ, резко снижая концентрацию в них дефектности и в разы повышая механические свойства.

Применяя эти приёмы мы получили в промышленных условиях сплавы с рекордными свойствами ( $\sigma_v > 870$  кг/мм<sup>2</sup>). Не останавливаясь на всех аспектах этой проблемы, необходимо отметить, что на Западе для высококачественных конструкционных материалов ограниченного объёма применения наблюдается

тенденция развития минизаводов, где легче организовать выпуск материалов высокого качества или материалов с особыми свойствами.

Такой подход необходим для обеспечения машиностроительной и станкостроительной отрасли качественной металлургической заготовкой, не говоря уже о заготовке для инструментального производства. С нашей точки зрения, это реально сделать с минимальными затратами, если воспользоваться теми знаниями и исследовательским потенциалом организаций, с которыми мы сотрудничаем.

Для модернизации заготовительного металлургического производства, в том числе и для инструмента, необходимо приобретать исходное сырьё гарантированного качества. Не вдаваясь в обоснования, мы рекомендуем трех поставщиков чугунов, сталей, кокса, и ферросплавов: Орскохалиловский, Новолипецкий и Ключевской заводы.

Необходимо иметь в виду, что ковванная, катанная или экструдированная металлургическая заготовка, поставляемая российскими металлургическими предприятиями, уже имеет серьёзный недостаток, заложенный в неё теми схемами пластической деформации, которые применяются в России для её получения. Прокатный стан, пресс, радиально-ковочная машина или молот с традиционными схемами деформации не обеспечивают равномерную степень деформации по сечению заготовки и эта неравномерность сопровождает её на всех последующих переделах, отражаясь на неравномерности механических и эксплуатационных свойств, нарушении геометрии детали при эксплуатации. Они не устраняются термической обработкой. Для устранения этой неравномерности и выравнивания напряжённого состояния по сечению заготовки она должна подвергаться перековке («перемешиванию» металла с промежуточными отжигами или подвергаться «угловому» деформированию, выравнивающему структурное состояние материала).

Эти операции необходимо осуществлять для материала с высокими требованиями по качеству. Но более рациональным является производство таких металлургических заготовок на собственном производстве по технологическим схемам изложенным ниже.

## **Технологические схемы и оборудование для заготовительного производства**

Основным металлургическим агрегатом для производства первичной металлургической заготовки должна быть дуговая плавильно-заливочная печь на постоянном, а не на переменном токе, как сейчас. Она должна работать от одного трансформатора и выпрямителя в двух технологических режимах как дуговая и как электрошлаковая. От этого же источника должна питаться вакуумная дуговая плавильно-литейная печь малой ёмкости (до 500 кг) для специальных сталей и сплавов основного и инструментального назначения. Такая печь также должна работать в режимах (вакуум, аргон, азот, эндогаз, CO<sub>2</sub>) и должна быть оснащена сменными тиглями (керамический, графитовый и гарниссажный автотигель). Корпус для такого плавильного агрегата с вакуумными насосами будет приобретен на вторичном рынке (наш продавец). Эта печь будет оснащена центрифугой с горизонтальной и вертикальной осями вращения. Дуговая плавильная печь имеется на заводе и она, также как и технологическая оснастка к ней, должны быть модернизированы с нашим участием.

Ввод в эксплуатацию этой модернизированной печи позволяет конкурентно выйти на отечественный и международный рынок спецсталей и особотвердых, плавящихся композиционных материалов на основе эвтектик, оксидов, карбидов, боридов и др., широко применяющихся в обработке металлов резанием

давлением и, особенно, в инструментах для породоразрушения, измельчение материалов, керамических бронях и др.

Это снизит зависимость страны от сегодняшнего их импорта. Освоение указанных материалов нового уровня качества позволяет серьезно улучшить эксплуатационные характеристики основной продукции и инструментального хозяйства. В составе плавильно-заливочного участка должна быть машина литья под давлением сталей и спец. чугунов. Это литьё производится по нашим оригинальным технологиям, которые не имеют зарубежных аналогов. Также как и литьё «намораживанием» в замороженные формы би и три металлов (для ствольных материалов); режущих пластин; литого инструмента с армированием его пластинами или плакированием при литье.

Для спец. сталей и спец. чугунов (дисперсионно упрочненных) и конструкционных сплавов на основе хрома в составе участка порошковой металлургии должен быть (с применением имеющегося оборудования) создан участок специальных порошковых лигатур. Российская качественная металлургия их не применяет, так как в отличие от Запада отечественная промышленность их не выпускает. Наша организация разработала порошковые лигатуры, не имеющие мировых аналогов. В составе лигатур кроме необходимых легирующих компонентов находятся такие сильнейшие раскислители, как Mg, Ca и др.

Удельный вес лигатуры больше чем стали, поэтому при её введении в расплав она тонет и процесс раскисления начинается со дна тигля, обеспечивая сильнейший барботаж ванны и хорошее (без потерь) усваивание легирующих компонентов. Сами по себе такие лигатуры пользуются большим спросом в авиационной и качественной металлургии и могут быть самостоятельным товаром завода.

Нами будет разработано ТЗ на модернизацию литейных участков завода, где будут предложены прогрессивные решения по оптимизации производства формовочных и стержневых смесей, прототипирования модельных масс для литья по выплавляемым моделям, регенерации формовочных смесей, защитные покрытия на литейные формы, шлаковые фильтры, СВЧ нагрев для вытопки модельных масс и многое другое.

Все эти достижения мировых и отечественных литейных технологий позволяют повысить качество отливок и экономику их производства.

Энергосиловые и температурные режимы пластической деформации, особенно её последние стадии, являются ответственными за формирование в изделиях оптимальной дислокационной структуры как показателя уровня свойств металла. Эти режимы строго индивидуальны для каждого изделия и материала. Нами будут предоставлены технологические рекомендации по этим режимам применительно к продукции, получаемой ковкой и экструзией.

Наиболее эффективен процесс термомеханической обработки особенно для протяжённых деталей типа стволов, концевого инструмента, протяжек и др. можно осуществлять на экструзионных гидропрессах в режиме гидроэкструзии жидкостью находящейся при давлении до 30 000 атмосфер. Лидером этих работ являются фирмы Англии и Японии.

Истечение прутка или трубы через очко инструмента при гидроэкструзии создает наиболее благоприятные условия напряженного состояния в них, т.к. отсутствует трение прутка об инструмент (он защищен жидкостью) и идет равномерная деформация по сечению. Это в свою очередь позволяет понизить температуру деформации, повысить её скорость и тем самым, сформировать в металле оптимальную дислокационную структуру

С нашей точки зрения, без этого процесса нельзя получить протяженные конструкции со стабильной геометрией при эксплуатации.

Важным показателем технико-экономического уровня отечественных машиностроительных предприятий оборонного профиля является коэффициент использования металла (КИМ). При отсутствии металлургической заготовки рациональной геометрии он находится в пределах 10-30% это отличает наши предприятия от аналогичных зарубежных. Например, на ведущем авиационном заводе КИМ при получении массовых деталей – колец из дорогих сталей и титана составляет 12%. Поэтому важнейшим резервом в повышении качества и снижения трудоёмкости изделий являются совмещенные процессы: плавка – точное литьё – пластическая деформация с использованием тепла закристаллизованной отливки. В случае получения колец и других тел вращения после центробежной отливки, они должны передаваться на деформационное оборудование (кольцепрокатный стан, экструзионный пресс, молот и пр.). Как показали наши исследования, свойства металла при таких процессах резко повышаются (до 30%).

А в случае применения оптимальных режимов термомеханической обработки и схем деформации свойства материала могут возрасти до 50%. Указанные технологии остро необходимы для Вашего производства.

Модернизация литейных технологий, плавильного и деформационного оборудования позволит позиционировать завод как самое передовое металлургическое и инструментальное предприятие России, выйти на рынок многих видов продукции (отливок и поковок), которые Россия приобретает по импорту.

## **Технологии художественного литья.**

Сопутствующим может быть производство художественного литья, в частности изготовление колоколов. Как показали наши совместные исследования с Институтом акустики, потребительские свойства современных российских колоколов ниже всякой критики (даже разрекламированного Воронежского предприятия «Вера»).

На мировом рынке высоко котируются колокола бельгийских литейщиков. Известно, что акустические свойства медных сплавов зависят от присутствия в них пор, фазового состава материала и геометрии кристаллитов (управления тепловым полем отливки при её кристаллизации). Ни один из вышеуказанных параметров в действующих технологиях не оптимизирован. С учётом того, что мы работаем на рынке высокочистой меди (марки МОБ) и могли бы в больших количествах приобретать отходы такой меди для колокольных технологий.

Мы рекомендуем иметь участок художественного литья для отливки меди, бронзы, латуни «привязанным» к технологии электрошлакового литья тел вращения методом «намораживания». Этот процесс позволяет не только получать качественный металл, но и в разы снизить трудозатраты при производстве таких отливок. При этом размеры отливки практически неограниченны (в отличие от действующих технологий), т.к. это непрерывный, совмещенный процесс плавка-литьё. По таким технологиям могут производиться чугунные или стальные трубы и туннели любых размеров и геометрии.

Может быть осуществима мечта многих московских градоначальников - построить Храм большого колокола и, отдавая дань искусству русских литейщиков, отлить для него самый большой в мире колокол. Мы можем это сделать с рекордно низкими затратами.

## **Технологии изготовления инструмента**

Методы не разборного соединения деталей в единую конструкцию являются актуальными для машиностроительного производства, особенно, при получении инструмента. Самым примитивным из них является сварка плавлением, особенно, для сталей и сплавов, склонных к рекристаллизационному охрупчиванию. Формирующаяся в районе шва (зона термического влияния) рекристаллизационная зона с неуправляемой дефектностью (удельная концентрация дислокаций и включений в ней может возрастать на порядки) всегда является источником разрушения. Поэтому для надёжного соединения деталей рекомендуется применять только те процессы, которые не сопровождаются процессами рекристаллизации. Наиболее эффективными из них являются сварка взрывом, интенсивным ударом (кузнечная), трением, активированной диффузией. Выпускаются специальные установки для реализации этих процессов, также как и установки для контактной сварки (машины типа Хазен Клевер), которые также необходимы вашему производству. Выбор методов индивидуален и мы готовы разработать и рекомендовать технологию для сталей, сплавов и цветных металлов.

Так как методы электрохимии не всегда эффективны для получения покрытий, поэтому в структуре вашего производства, инструментального и основного, мы рекомендуем иметь участок плазменного напыления и наплавки с применением износостойких и функциональных материалов, которые мы разработали.

Термическая обработка материалов широко применяется, как в основном, так и инструментальном производстве. С учётом того, что, например, закалка в солях является трудоёмким, вредным и плохо управляемым процессом (не всегда гарантирует качество).

На передовых предприятиях используют установки закалки в газовых средах, или в вакууме. Мы готовы предложить решения для Вашего завода.

## **Технологии производства твердых сплавов и инструментальных сталей нового поколения**

Хорошо известно, что технологический уровень предприятия определяется совершенством применяющего на нём инструмента. Если рассматривать имеющийся уровень отечественной промышленности, то можно констатировать её серьёзное отставание в этом сегменте от мирового уровня промышленно развитых стран.

Одновременно можно отметить, что технологический уровень отечественных инструментальных материалов мало изменился с момента организации их производства в стране. Он начинался с покупки завода в Швеции и до настоящего времени отечественные твердосплавные участки неквалифицированно воспроизводят устаревшие технологии и оборудование западных фирм. Это тем более странно на фоне отечественных достижений в области порошковой и специальной металлургии, а так же уровня металлофизических исследований материалов.

Наша организация, в содружестве с ведущими научными центрами России в этой области, предлагает применить имеющийся ресурс для создания современного и конкурентоспособного с Западом инструментального производства, на котором будет соответствующее оборудование и организован выпуск материалов и инструментов для обработки металлов резанием, давлением, породоразрушения.

Будут освоены следующие материалы:

- твердосплавные, напайные пластины группы ВК и ТК,

- твердосплавные, неперетачиваемые пластины группы ВК и ТК,
- производство корпусов и инструмента,
- заготовки и готовый концевой инструмент широкой номенклатуры из твердых сплавов и быстрорезов, включая их получение методами точного литья,
- композиционные пластины и заготовки на основе твердых сплавом, быстрорезов, высокотемпературных эвтектик и осеботвердых соединений,
- пластины из режущей керамики.

Наши исследования показали, что потеря свойств режущей кромки инструмента происходит в результате воздействия комплекса эксплуатационных факторов:

- высокие температуры, в ряде случаев сопоставимые с температурами «размягчения» кобальта или стали,
- пластическая деформация кромки, при недостаточной жаропрочности,
- диффузионный перенос материала связки из зоны резания, так как взаимодействующие кристаллические решетки металлов имеют неограниченный ряд твердых растворов,
- силовое воздействие на кромку от усилий резания.

Исходя из этих исследований, мы предлагаем несколько направлений разработки и совершенствования технологий получения твердых сплавов и быстрорезов.

## **Технологии получения твердых сплавов группы ВК, ТК**

Стабильное и высокое качество твердого сплава может быть получено при закреплении его технологии к фиксированному источнику сырья (паравольфрамату, или оксиду вольфрама), соединениям кобальта и сажи. Поэтому необходимо выбрать сырьевой источник и согласовать на коммерческом или правительственном уровне поставки с этого месторождения. С нашей точки зрения, до восстановления деятельности Тырнаузского месторождения, это может быть месторождение вольфрама в Забайкалье (мы ведём переговоры с владельцем) или в «Приморске». Хорошие по чистоте продукты можно получить с месторождений Кореи, Ирана и Африки. Серьёзным источником вольфрама и кобальта могут быть отходы твердых сплавов с машиностроительных предприятий и ГОКов. На последних концентрируется большая часть отходов твердых сплавов и инструментальных материалов.

Необходимо особо отметить, что использование отходов как сырья, позволяет серьезно «облагородить» вольфрам, удалив из него примеси и сделать его субмикронником. С учетом наших продвинутых технологий точного фасонного литья мы имеем возможность заинтересовать ГОКи поставкой им прогрессивного и конкурентоспособного инструмента, оснащенного твердыми сплавами при условии получения отходов.

На начальном этапе работ мы будем производить твердые сплавы по традиционным для Запада технологиями и в похожем ассортименте. Однако, мы готовы принципиально изменить эту технологию. Наш концептуальный подход к конструкции твердого сплава состоит в следующем. Материал должен иметь два высокопрочных каркаса: каркас из карбида вольфрама или другого материала высокой твердости, сопротивляющийся силовым и температурным воздействиям на кромку резания, и каркас из жаропрочного сплава на основе кобальта, никеля, хрома, железа или меди, в зависимости от режимов резания, защищающий карбид от окисления и отводящий тепло от кромки.

Для различных обрабатываемых материалов, в том числе с высокой поверхностной твердостью, будут рекомендованы режимы резания, конструкция режущей части и стружколома, задачей которых будет максимально снять



тепловую нагрузку на кромку, как ограничения времени контакта с ней, так и управления тепловыми потоками в окрестности зоны резания.

Другим важным направлением совершенствования твердого сплава является повышение горячей твердости и жаропрочности карбидного «каркаса» путём замены монокарбида  $W$  более твердым, жаропрочным и термодинамически стабильным, эвтектическим карбидом  $W_2C + WC$ . Он будет применяться как в дробленном, так и в гранулированном виде.

Для регенерации отходов твердых сплавов будут применены отечественные технологии и аппаратурное оформление. Для группы сплавов ВК это метод окисления – восстановления и цинковый метод для сложных сплавов.

Для интенсивных режимов резания наша оригинальная конструкция кромки и стружколома (know how) позволяют принципиально улучшить теплоотвод от кромки и тем самым интенсифицировать режимы резания.

С позиции повышения жаропрочности «связки» твердого сплава в районе кромки эффективным и общепринятым приёмом является легирование её дисперсными фазами на основе тугоплавких соединений (повышение внутреннего трения в кристаллической решетке для движения дислокаций, блокируя силы Паилрса-Набаро). Мы при этом применяем оригинальные технологии для формирования таких соединений на основе высокотемпературных алюмосиликатов, нитридов и боридов (способы их синтеза – наше know how).

Как наиболее жаропрочная связка в твердом сплаве лучше других работают жаропрочные сплавы на основе хрома, с упрочнением их алюмосиликатами и соединениями иттрия. Это приоритетное направление наших работ.

Оригинальные твердые сплавы планируется производить также из пылей, получаемых от заточки и шлифовки твердых сплавов. Важное место в наших порошковых технологиях занимает вакуумная и газовая гигиена процессов, поэтому для размола, смешивания, сушки с распылением, водородного или углеродного восстановления, карбидизации, спекания, пропитки, нанесения покрытий будет применяться оборудование, учитывающее мировые достижения в этой области.

В России имеются организации, которые по нашим ТЗ в состоянии производить технологическое оборудование аналогичное западному. Ассортимент режущих пластин из твердых сплавов, керамики и быстрорезов весьма обширный и здесь трудно изложить аппаратурное оформление отдельных групп, которое может принципиально меняться по этому, дополнительно к вышеуказанному, оборудованию. Мы укажем оборудование для производства этой продукции, которое учитывает максимальное количество производственных вариантов.

## **Оборудование твердосплавного участка**

Состав оборудования твердосплавного участка:

- оборудование для автоматизированного прессования пластин и экструзии пластифицированной заготовки, станки для их шлифования и доводки опорных поверхностей, а также фасок, радиусов и пр,

- набор стандартного оборудования для контроля химического и гранулометрического состава приобретаемых материалов и сырья, их прочности, плотности, твердости и металлографии.

- 12-ти муфельные печи для восстановления вольфрамового ангидрида,

- установка для получения ультрадисперсных порошков плазменным восстановлением,

- печи для карбидизации с рабочей температурой до  $2500^{\circ}C$ , в настоящее время мы работаем над проведением вышеуказанных процессов в печах кипящего слоя с газофазным углеродом,

- вихревые и конусные смесители, работающие в вакууме или контролируемой атмосфере ( 600 и 100 литров),
- вибросита,
- грануляторы смесей и расплавов,
- установки сушки распылением,
- серия современных прессов автоматов (4, 12, 40, 60 ТС) с механическим и гидравлическим приводом и укладчиками пластин,
- пресса для экструзии длинномерной, пластифицированной заготовки,
- газостат с максимальной температурой до 1800° С,
- вакуумные и водородные печи для спекания с отгонкой пластификатора, включая печь с передачей спекаемой заготовки из водородного отсека в вакуумный без разгерметизации печи,
- мельницы мокрого размола твердосплавных порошков,
- установки для дробления брикетов карбидов вольфрама,
- конусные дробилки ёмкостью 200 литров,
- размольные установки для стружки,
- роторно-инерционные мельницы для получения дисперсных порошков,
- установки для газового легирования металлов и сплавов в твёрдой фазе,
- установки для закалки в газовых средах и вакууме,
- серия станков для шлифования и доводки опорных поверхностей, боковых граней, радиусов и фасок.
- станки для виброабразивной обработки,
- станки для электрохимического клеймления,
- установки для нанесения комплексных покрытий.

В советский период вышеуказанное оборудование изготавливалось заводами специализированных министерств. Чертежи многих установок сохранились. Некоторые из них можно изготовить собственными силами, например, электротермическое и размольное оборудование, а также модернизировать имеющееся на заводе оборудование. Это тем более целесообразно т.к. многие наши технологии оригинальны и требуют усовершенствования его отдельных узлов.

Многое б/у оборудование или его узлы можно приобрести на «умирающих» заводах Росэлектроники и авиационной промышленности, с которыми мы тесно взаимодействуем. Некоторое оборудование, например, для шлифования приобретается по импорту.

## **Технологии получения быстрорезов**

Особое место в наших технологиях прогрессивного инструмента занимают методы точного литья, как для получения державок и крепления режущих пластин, так и производства пластин, корпусов фрез, штампов, матриц и пр., оснащенных твердым сплавом. При этом закрепление в них режущих пластин производится не традиционно (пайкой или механически), а армирование происходит в процессе самого литья, где одновременно осуществляется «приваривание» и механическое заклинивание пластин. Такой процесс, применённый нами, например, для буровых коронок позволил в разы снизить трудоёмкость изготовления инструмента и повысить его надёжность.

Плавка, литьё или распыление быстрорезов, в зависимости от их состава, проводится в электрошлаковых, дуговых или индукционных печах в режимах обеспечивающих хорошее рафинирование и управление темпом кристаллизации.

В процессах литья мы применяем не только современные технологии, для получения моделей и форм, и методы кристаллизации, но и многие оригинальные технологии, например, литьё в «замороженные» формы, магнитные, ультразвуковые и гравитационные поля для управления кристаллической структурой отливок, а также методы плакирования и легирования поверхности отливок. Все эти литейные технологии позволяют резко снизить трудозатраты, поднять качество инструмента и рационально использовать отходы собственного производства. Для специальных методов обработки, например, особо высокой точности деталей или удлинённого инструмента мы применяем державки из сплавов вольфрама ВНЖ (отходы сердечников подкалиберных снарядов), которые гасят вибрацию возникающую при обработке резанием.

Принципиальные изменения мы предполагаем внести в технологию производства инструмента из быстрореза, типа Р18. Сегодняшние отечественные технологии его производства примитивны. «Порошковый» быстрорез, получаемый из расплывённых гранул по западным технологиям, также не лишён недостатков слитка, так как каждая гранула может рассматриваться как микрослиток, в котором присутствуют дефекты (поры), связанные с нарушением направленности теплового поля при кристаллизации.

В наших технологиях применяются химически чистые порошки, или порошки, полученные измельчением стружки быстрореза. Применяя ультрадисперсные порошки с высоким уровнем их поверхностной энергии, мы тем самым интенсифицируем процессы спекания и фазообразования при введении в порошковые композиции особотвердых частиц (нитриды, бориды, карбиды, оксикарбонитриды, отходы ювелирной промышленности, шламы от заточки твердых сплавов).

Из таких материалов можно получать как перетачиваемые, так и неперетачиваемые пластины, аналогичные твердым сплавам. На некоторых режимах резания эти материалы показывают стойкость в разы превосходящую твердый сплав.

Важным сегментом продукции из быстрореза являются пластины, получаемые методом точного литья, с контролем темпа кристаллизации (выбором материала формы).

Методы крепления режущих пластин на инструменте являются важной частью технологий, так как они определяют их стоимость и эксплуатационную надёжность. Например, в ряде исследований показана зависимость методов пайки режущих пластин на их эксплуатационные свойства. Нарушение технологии пайки приводит к возникновению термических напряжений в пластине и разрушению. Заслуживает внимание иностранный опыт применения автоматизированной пайки на установках в защитной атмосфере и управлением тепловым полем при пайке. Высокоэффективным, в условиях ФГУП «Сатурн», показало себя применение специального инструмента с креплением пластин, находящихся в пазах державки, приклеиванием.

Все вышеуказанные материалы и технологии будут включены в проект инструментального завода.

Нами подготовлены учебные программы для профессиональной подготовки обслуживающего инструментальное производство персонала.

Обширным классом материалов для основного и инструментального производства завода являются наплавочные твердые сплавы, которые в ряде случаев являются полноценной заменой дорогостоящих твердых сплавов группы ВК, потому что для некоторых видов износа, например, абразивного при высоких температурах, они в разы превосходят их. Сырьём для производства некоторых наплавочных материалов являются отходы производства (пыли от заточки или шлифовки, отходы инструмента и пр.). Оборудование, которое мы рассматривали

выше, также применимо и для переработки отходов и технологии получения наплавочных твердых сплавов.

## **Технологии производства стволов**

Особое внимание в наших исследованиях мы уделяем технологиям получения стволов из композиционных материалов. Анализ литературных источников, показывает, что нет однозначного мнения на причины снижения ресурса стволов стрелкового оружия и о технологиях позволяющих продлить ресурс ствола. Так же отсутствует информация о «тонких» металловедческих исследованиях ствольных материалов. Хотя условия эксплуатации стволов различного назначения существенно отличаются, но есть общие процессы, которые вызывают деструкцию материалов стволов. Это прежде всего:

- агрессивная среда продуктов горения порохов,
- механические нагрузки на ствол при прохождении по нему пули,
- адгезия материала пули и коксующихся продуктов горения на рабочей поверхности и их диффузионное взаимодействие с металлом,
- потеря геометрии ствола (искривление), вследствие изменения напряжённого состояния в процессе эксплуатации,
- износ рабочей поверхности ствола при совокупном воздействии различных факторов.

По аналогии с другими объектами техники, работающими в режиме термоциклирования в агрессивных средах, предыстория ствольных материалов, связанная с металлургическими технологиями, является важнейшим показателем их работоспособности. Она определяет равномерность структурного и химического состава используемого сплава, его стойкость в агрессивных средах.

Известно, что кроме гидроэкструзии другие методы пластической деформации при изготовлении заготовки ствола не обеспечивают равномерность структур и оптимального напряжённого состояния в материале. Термическая обработка не полностью устраняет эту анизотропию. Её следствием и является потеря геометрии ствола, его искривление.

Вместе с тем, многочисленные исследования показывают большую зависимость механических и эксплуатационных свойств многих сталей от воздействия на них силовых, электромагнитных и ультразвуковых полей, влияющих на дислокационную структуру материалов. Большую перспективу в производстве ствольных материалов мы связываем с применением для них жаропрочных и жаростойких сплавов на основе хрома.

Таким образом, современные материалы и технологии, над которыми мы работаем, позволяют принципиально видоизменить производство стволов. Для оптимизации технологии производства стволов совместно с Институтом физики твердого тела РАН (г. Черноголовка) мы планируем выполнить исследование по следующим направлениям:

- сбор информации и анализ литературных источников для изучения причин снижения ресурса ствола,
- приобретение стволов, прошедших ресурс эксплуатации и их препарирования для исследований,
- тонкие металлографические исследования выбракованных стволов сопоставление свойств и структур исходных и эксплуатируемых материалов,
- разработка технологических схем производства стволов из литых и деформированных заготовок, включая гидроэкструзию,
- разработка плавильно-заливочного устройства для получения стволов и его изготовление,

- приобретение исходных материалов для изготовления опытных образцов стволов,
- разработка рекомендаций по материалам и технологиям для снайперского ствола калибра 7,62 мм,
- отработка технологии плавки и литья стволов и изучение механических свойств полученных материалов и их химического состава,
- отработка технологических приёмов диффузионного насыщения рабочей поверхности ствола химическими элементами и их соединениями, снижающими его термомеханическую усталость и коэффициента трения пары ствол – пуля,
- изучение влияния электромагнитных полей и специальных покрытий на облагораживания рабочей поверхности ствола,
- изыскание способов повышения модуля Юнга оребрением ствола,
- разработка технологии производства стволов с использованием сплава хрома, би и три металлов,
- применение особо высокопрочных композиционных материалов с одновременным участием в них сплавов хрома, молибдена (в виде труб или сеток), алюминия или меди.

## **Перспективы и значимость**

Проект металлургического производства, которое мы планируем разработать не имеет аналогов по качеству продукции и её ассортименту, поэтому является актуальным для всего отечественного машиностроения, особенно высокотехнологичного.

Туламашзавод, так и другие заводы и предприятия является объектом, где благоприятно сочетаются цели модернизации и эффект от её реализации. Наши материалы и технологии конкурентоспособного и импортозамещающего уровня, освоенные на зарубежных заводах (США, Германии, Японии и сейчас Китая), позволят не только улучшить тактико-технические и экономические характеристики новой отечественной продукции, но и будут площадкой для поднятия уровня производства на промышленных предприятиях и организациях всей Росси.

Современные технологии, которые мы планируем осваивать требуют профессиональной подготовки обслуживающего персонала, поэтому нами будут подготовлены учебные программы для развития инструментального и иного требуемого производства.

**Департамент Организационного Управления проектами  
Ассоциации «МИР».**