

Конкурс “Авиастроитель года”

Номинация “Лучший инновационный проект”

**Внедрение современного оборудования и технологий
химико-термической обработки деталей
в ОАО “Редуктор-ПМ”**

ОАО “Редуктор-ПМ” г. Пермь 2014 г.

Участок химико-термической обработки (ХТО) был создан для проведения термической и химико-термической обработки деталей изделий: ВР-8А, ВР-14, ВР-26, ВР-29, 8М и т.п.

В 2009 г. было принято решение о создании участка ХТО в ОАО “Редуктор-ПМ”. Заключен контракт с фирмой IVA Industrieofen (Германия) на комплексную поставку оборудования линий ХТО.

Концепция создания участка:

- ✓ применение современных технологий, обеспечивающих высокое качество изделий, надежность и стабильность процесса, контроль, регулирование и документирование процессов;
- ✓ обеспечение гибкости, экономичности производства;
- ✓ комплексный (модульный) подход при выборе оборудования.

В 2011 г. оборудование линии ХТО приобретено и смонтировано.

27 июня 2013 г. получена лицензия № ВП-48-800669 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на осуществление эксплуатации взрывопожароопасных производственных объектов.

УЧАСТОК ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Участок ХТО включает в себя:

- производственный участок, состоящий из линии печей и вспомогательного оборудования, указанного в Таблице №1;

Таблица №1 Виды процессов и оборудования

Наименование процесса	Оборудование
Обезжиривание	Обезжиривающая машина Gigant/3S-Front-Top-Per
Цементация	Вакуумные печи P164THC, B56TC; печи с защитной атмосферой MKG 130/65/130-160.
Отпуск	Печи с защитной атмосферой KEL 130/65/130-160
Нагрев и закалка непосредственно в самой печи	Печь газовая MKG 130/65/130-160, печь вакуумная P164THC
Нагрев под закалку	Печь газовая MKG 130/65/130-160 и DT 20/7,5g
Азотирование	Печь вакуумная с газовым нагревом RH 1299 RV/g
Промывка	Моечная машина Rotocleaner Vecte 1.600 2-T
Обработка холодом	Печи KEL 130/65/130-160 и климатическая установка REOCAM TC-3800
Рихтовка	Рихтовальный пресс S 800 RH
Обдувка	Пескоструйная установка TR-200
Термообработка заготовок и валов	Шахтная печь ELPF-950/1300

- Отдел технического контроля (ОТК). Данный отдел проводить контроль деталей после ТО и ХТО (твердость, глубину цементированного слоя, геометрические параметры детали, режимы ТО и ХТО и т.д.). Оборудование, установленное в ОТК, необходимое для контроля твердости и контроля глубины цементированного слоя, указано в Таблице №2

Таблица №2 Оборудование и его назначение

Назначение	Наименование оборудования
Контроль твердости после ТО и ХТО	Твердомер: <ul style="list-style-type: none"> • Универсальный УН-250 • MACROMET 5101T • Zwick Roell • Duna Mic
Подготовка образцов для контроля глубины цементированного слоя	Абразивно-отрезной станок AbrosiMatic 300 Автоматический гидравлический пресс Simplimet 1000 Шлифовально-полировальный станок EcoMet 250 Ультразвуковая ванна BANDERLIN SONOREX
Контроль глубины цементированного слоя	Стереомикроскоп Stemi 2000C

Контроль режимов ТО и ХТО проводится на ПК с помощью программы Prosys 2. С помощью данной программы возможен контроль циклограммы процесса, проведенного в печах.

- Металлографическую лабораторию, которая занимается исследованиями, контролем термической и химико-термической обработки. Оборудование, установленное в металлографической лаборатории, и его назначение указано в Таблице №3.

Таблица №3 Оборудование и его назначение

Назначение	Наименование оборудования
Контроль качества цементированного слоя: <ul style="list-style-type: none"> • Глубина • Микроструктура 	<ul style="list-style-type: none"> • Твердомер MICROMET 5104 • Оптический микроскоп Axiovert 40 MAT
Контроль качества азотированного слоя: <ul style="list-style-type: none"> • Глубина • Хрупкость 	<ul style="list-style-type: none"> • Оптический микроскоп Axiovert 40 MAT • Универсальный твердомер УН-250
Исследования макро- и микроструктуры металлов и сплавов с увеличением от 5 до 1000000 крат, химического и фрактографического анализа.	Сканирующий электронный микроскоп MIRA TESCAN
Контроль механических свойств: <ul style="list-style-type: none"> • Предел прочности (σ_b) и предел текучести ($\sigma_{0,2}$), [кгс/мм²]; • Относительное удлинение (δ) и относительное сужение (Ψ), [%]; • Твердость, $d_{отп.}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Разрывная машина LFM 50kN • Маятниковый копер 300J (тип РН300) • Универсальный твердомер УН-250

Производственный участок ХТО

Многоцелевая камерная печь с газовым нагревом MKG 130/65/130-160
(изготовитель IVA Industrieöfen GmbH Германия)



Рабочая температура: 800÷950 °С

Размеры садки: 1300x1600x650 мм.

Максимальный вес садки: 1000 кг.

Рабочие газы:

- Азот (N₂),
- Природный газ (CH₄),
- Эндогаз (~20%CO, 40%N₂ и 40% N₂).

Преимущества:

- Возможность проведения закалки в масло непосредственно в самой печи;
- Проведение цементации с возможностью контроля углеродного потенциала;
- Абсолютно чистые процессы. Отсутствие сажи (после цементации) и окалины (после закалки);
- Высокая производительность.

Производственный участок ХТО

Вакуумная печь P164TNC (изготовитель В.М.И. Франция)



Рабочая температура: 650÷950 °С

Размеры садки: 900x600x600 мм.

Максимальный вес садки: 800 кг.

Рабочие газы:

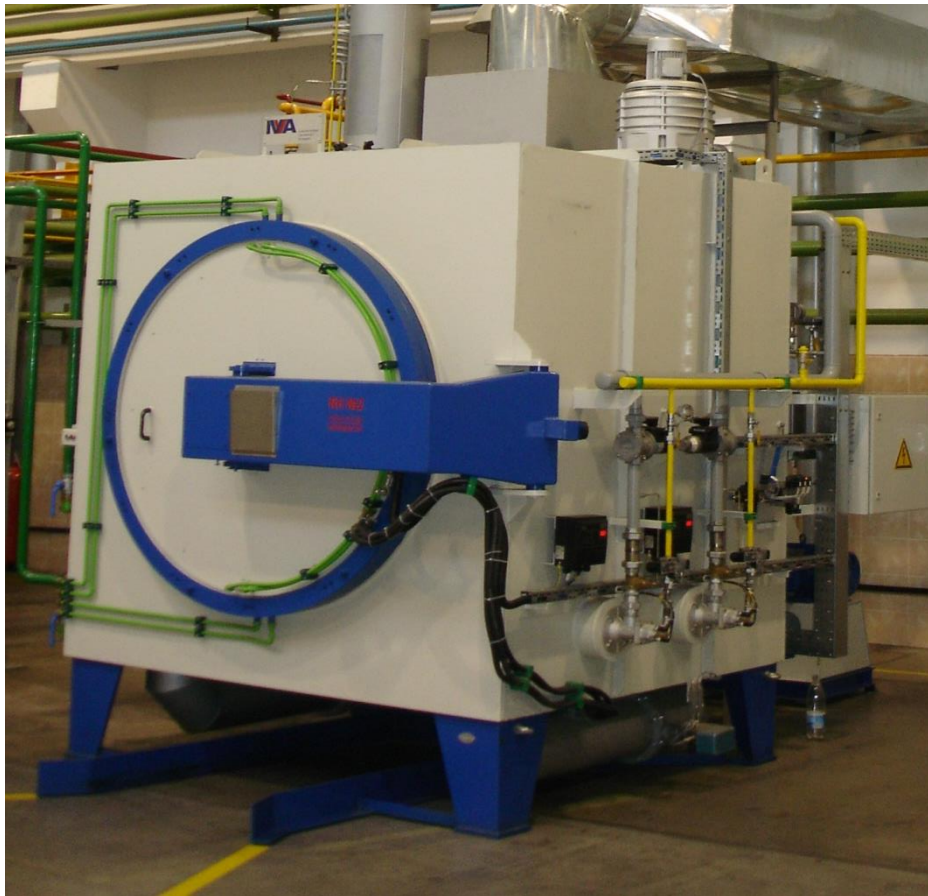
- Азот (N₂);
- Этилен (C₂H₄);
- Водород (H₂)

Преимущества:

- Возможность проведения закалки в масло непосредственно в самой печи;
- Проведение вакуумной цементации;
- Абсолютно чистые процессы. Отсутствие сажи (после цементации) и окалины (после закалки);
- Равномерность и однородность науглероженного слоя;
- Высокая производительность.

Производственный участок ХТО

Вакуумная печь RH 1299 RV/g с газовым нагревом
(изготовитель IVA Industrieöfen GmbH Германия)



Рабочая температура: 100÷750 °С

Размеры садки: 1000x1300x800 мм.

Максимальный вес садки: 1000 кг.

Рабочие газы:

- Азот (N₂);
- Аммиак (NH₃);
- Воздух.

Преимущества:

- Возможность проведения опер. “Азотирование” с контролем азотного потенциала;
- Возможность проведения опер. “Азотирование” деталей, имеющих олово на защищаемых от азотирования поверхностях;
- Печь безопасна и герметична.;

Производственный участок ХТО

Закалочный пресс Klingelberg AH-1200 и Gleason 537

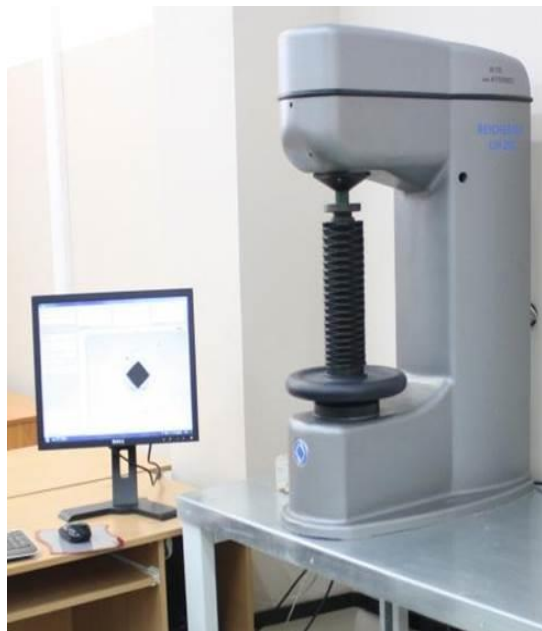


Пресс закалочный Klingelberg AH-1200
(для закалки деталей диаметром до 1200 мм.)



Пресс закалочный Gleason 537
(для закалки деталей диаметром до 650 мм.)

Отдел технического контроля уч. ХТО



Твердомер универсальный УН-250
Возможен контроль твердости в
следующих измерениях:

- HRC;
- HV;
- допп;
- HRA;
- HRB;
- HRN15
- HRN30.

Твердомер MACROMET 5101T
Возможен контроль твердости в
следующих измерениях:

- HRC;
- HRA;
- HRB;
- HRN15
- HRN30.

Твердомер Zwick Roell
Возможен контроль твердости в
следующих измерениях:

- HRC;
- HRA;
- HRB;
- HRN15
- HRN30.

Отдел технического контроля уч. ХТО

Оборудование для подготовки образцов



Автоматический гидравлический пресс Simplimet 1000



Шлифовально-полировальный станок EcoMatic 300



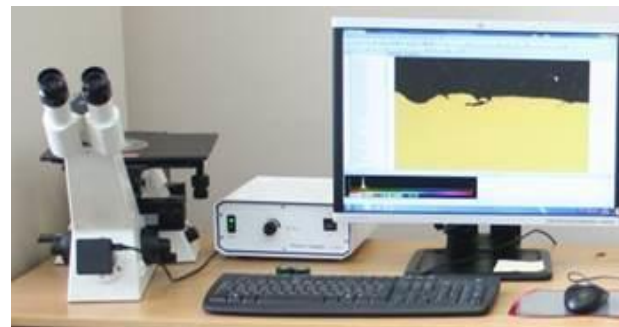
Абразивно-отрезной станок AbrosiMatic 300

Металлографическая лаборатория уч. ХТО

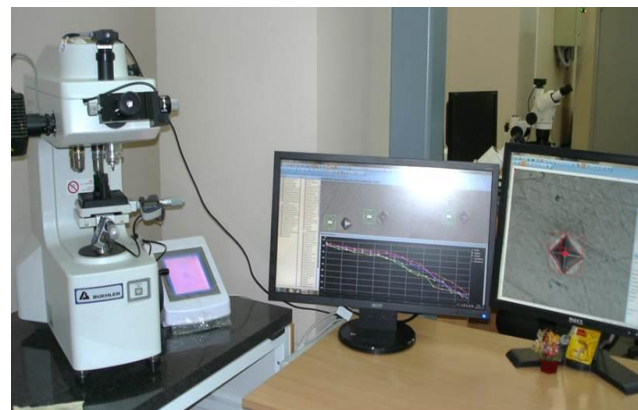
Оборудование для металлографических исследований



Сканирующий электронный микроскоп MIRA TESCAN



Оптический микроскоп Axiovert 40MAT



Микротвердомер MICROMET 5104

Металлографическая лаборатория уч. ХТО

Оборудование для контроля механических свойств



Разрывная машина LFM 50kN



Маятниковый копер 300J (тип PH300)

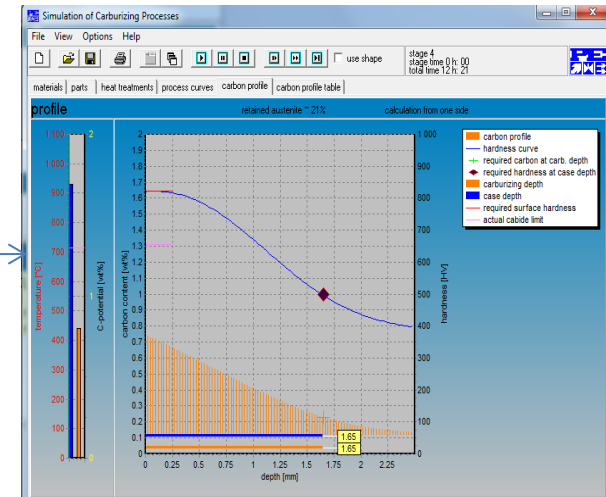
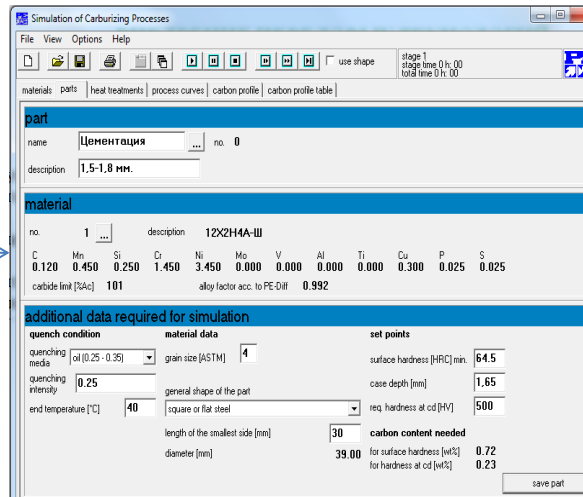
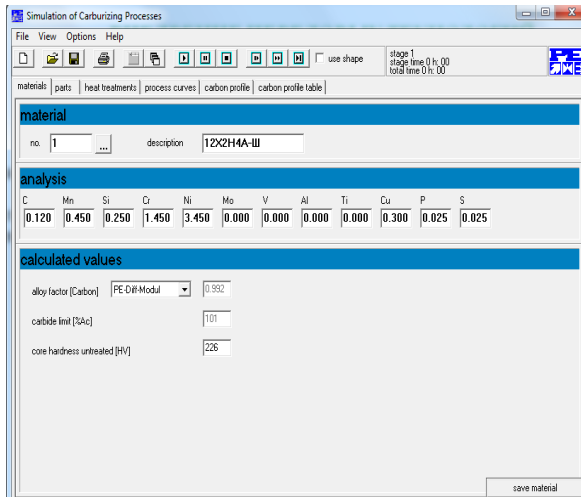
ВНЕДРЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение газовой цементации

Газовая цементация представляет собой диффузионное насыщение поверхностей деталей углеродом. В качестве носителя углерода применяется эндоатмосфера, которая представляет собой газовую смесь, состоящую ~20% CO, 40% H₂ и 40% N₂

Внедрение процесса газовой цементации позволило получать требуемую глубину цементированного слоя с требуемой концентрацией углерода на поверхности деталей.

Перед началом процесса создается визуальная модель распределения концентрации углерода по глубине цементированного слоя в зависимости от: марки материала, требуемой глубине слоя, твердости и т.д.



ВНЕДРЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение вакуумной цементации

Вакуумная цементация представляет собой диффузионное насыщение поверхности деталей углеродом. В качестве носителя углерода применяется этилен (C_2H_4).

Так как данный газ в России на операции “Цементация” применяется впервые, были проведены опытные работы, исследования совместно со специалистами ВИАМ (Всероссийского института авиационных материалов). В 2013 году была получена технологическая рекомендация (ТР №1.2.2298-2013) на проведение вакуумной цементации в среде этилена.

Преимуществом данного процесса является:

- Высокая производительность;
- Высокая чистота поверхности деталей;
- Возможность цементации деталей с медными поверхностями;
- Возможность программирования процесса.

ВНЕДРЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение азотирования

Азотирование представляет собой процесс диффузионного насыщения поверхности деталей азотом. В качестве носителя азота применяется аммиак.

На участке ХТО применяется печь с возможностью контроля азотного потенциала, что дает возможность:

- Исключить получение хрупкого слоя азотирования (ϵ -фазы);
- Не проводить контроля степени диссоциации аммиака.

Так как печи для проведения процесса “Азотирование” являются вакуумными (предельный вакуум $\sim 10^{-2}$ мбар), это приводит к тому, что:

- процесс идет намного быстрее общепринятых (\sim в 2 раза быстрее);
- Отсутствие окисления.

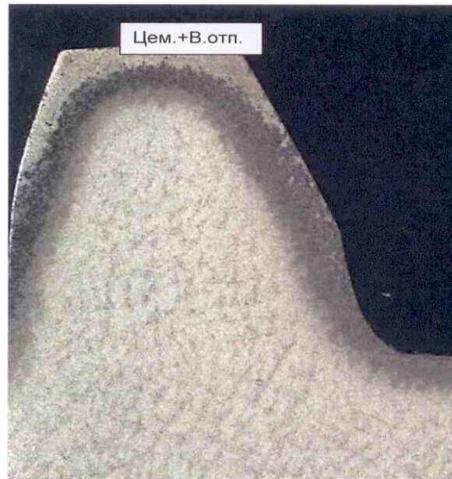
За счет применения газового нагрева, вместо электрического, уменьшаются расходы на электричество и снижается трудоемкость по обслуживанию.

Результаты внедрения линии ХТО в ОАО “Редуктор-ПМ”

1 Получение стабильно положительных результатов химико-термической обработки.

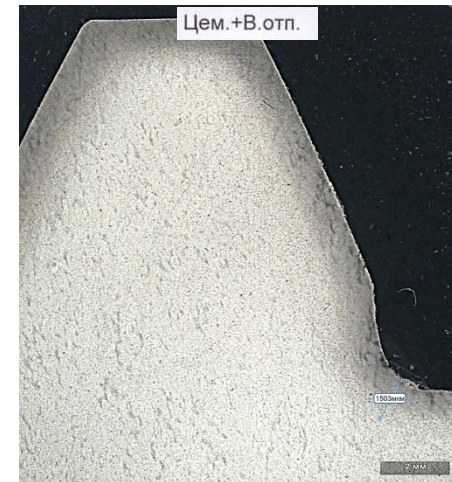
Цементация

- равномерная глубина слоя цементации;
- микроструктура цементированного слоя без карбидной сетки и грубых карбидов;
- обеспечение заданной твердости цементированного слоя на глубину, позволяющую проводить дальнейшую шлифовку без снижения твердости поверхности деталей;
- стабильное изменение размеров при химико-термической обработке, что позволило оптимизировать последующую механическую обработку.



Марка материала: 12Х2Н4А-Ш
Глубина слоя цементации: 1,4-1,7 мм.

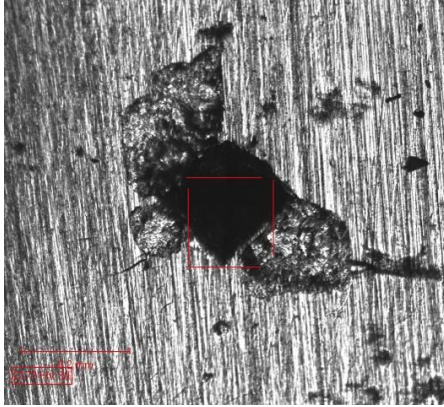
Слой цементации неравномерный по зубу (во впадине зуба слой~ 0,8 мм, на эвольвенте~ 1,8 мм.)



Слой цементации равномерный по зубу (во впадине зуба слой~ 1,5 мм, на эвольвенте~ 1,52 мм.)

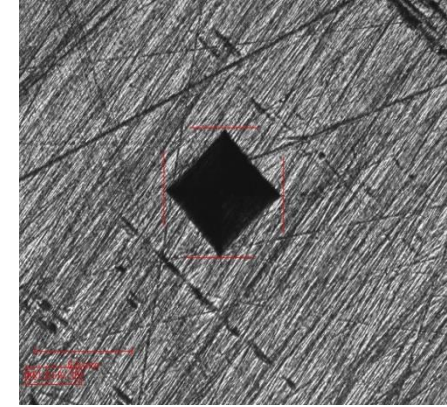
Азотирование

Получение микроструктуры азотированного слоя с минимальной глубиной ϵ -фазы, что позволило исключить повышенную (недопустимую) хрупкость на поверхности деталей из стали 38Х2МЮА



Марка материала: 38Х2МЮА-Ш
Глубина азотирования: 0,5-0,8 мм

Хрупкость азотированной поверхности (недопустимая)



Хрупкость азотированной поверхности (допустимая)

2 Сокращение производственного цикла при выполнении химико-термической обработки

Наименование процесса	Длительность процесса до внедрения линии ХТО	Длительность процесса в настоящее время
Цементация деталей марки 12Х2Н4А-Ш на глубину 1,5-1,8 мм.	30...35 часов	15 часов- газовая цементация 12 часов- вакуумная цементация
Азотирование деталей марки 38Х2МЮА-Ш на глубину 0,5-0,8 мм.	60...90 часов	40 часов

3 Обеспечение экологичности термического производства.

На участке ХТО нет выделений сажи, аммиака, свойственных процессам цементации и азотирования. Оборудование и технологии предусматривают выжигание сажи (при цементации) внутри печей с выводом в систему дымоудаления, а также дожиг продуктов разложения аммиака при азотировании