



真空技術の最新動向 (航空宇宙・防衛・エネルギー産業向け)

発表者: Kamil Siedlecki (営業マネージャー / 真空炉部門)

SECO/WARWICK S.A. POLAND

本プレゼンテーションに含まれるすべてのデータ(特に、データ、グラフ、テキスト、グラフィックス、可視化、写真、商標、ロゴ)(デザイン、技術および技術の内容、構造および表現を含みますが、これらに限定されません)は、SECO/WARWICKにより、またはSECO/WARWICKに対して所有、支配または許諾され、著作権、特許、商標法およびその他の様々な知的財産権および不当競争法により保護されます。

アジェンダ

- 1.航空宇宙・防衛産業の概要とSWの関与
- 2.真空熱処理装置
- 3.各種産業向けの標準規格
- 4.航空宇宙・防衛分野の最新技術と用途
- 5.エネルギー分野における真空熱処理技術
- 6.まとめ

アジェンダ

航空宇宙／防衛産業とは？

航空宇宙・防衛産業

航空宇宙・防衛産業は、その名のとおり、2つの主要な市場を対象としております。

➤航空宇宙：民間航空機の製造・販売・保守



➤防衛：陸海空で使用する軍事装備・兵器システム



➤その他：衛星などの宇宙機器（軍用・商用両方）



SECO/WARWICK

航空宇宙・防衛産業における実績

SWの真空熱処理装置の約50%が航空宇宙・
防衛分野向け。

SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY



SECO/WARWICK

航空宇宙・防衛産業

ジェットエンジン部品



着陸装置部品に対する
オイル・ガス焼入れ

航空機エンジンの
ろう付



チタン製エンジン部品の
熱処理

航空機部品のアルミ
ニウムコーティング



航空機部品の熱処理

タービンブレード



特殊部品/その他

SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

真空熱處理裝置

真空熱処理装置の概要

標準仕様

炉内有効サイズ:

横型: 400 × 400 × 600 ~ 1200 × 1200 × 1800 mm

縦型: 直径600 × 高さ900 ~ 直径2000 × 高さ2500 mm

最大処理重量: 最大 5,000 kg

使用温度: 最大 1350° C

ガス冷却圧力: 1.5 ~ 15 bar

温度分布精度: ±5° C (高精度モデルでは±3° C)

ガス冷却圧力: 1.5 ~ 15 bar

冷却媒体: オイルまたはガス

到達真空度:

中真空領域: 10^{-2} mbar

高真空領域: 10^{-4} mbar

お客様のニーズに応じたカスタム対応も可能です…



単室式ガス焼入れ炉



2室式ガスおよび／またはオイル焼入れ炉



3室式ガスおよび／またはオイル焼入れ炉

真空装置 - 主なオプション機能 オプション



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

真空装置 - 主なオプション機能

オプション



全面および背面からの
均一加熱対応



シェvron型バツフル



高品質シール - 最高グレードの
VITYON(バイトン)採用



拡散ポンプ用
チラー(冷却装置)



外部設置型ガスピロー(送風機)

結露防止システム(精製水予熱機能付き)

リークレート監視システム

冷却完了温度: 20°Cまで対応

露店管理機能



炉内壁ステンレス仕様

航空宇宙・防衛分野における適用規格

当社の炉はNADCAPに準拠



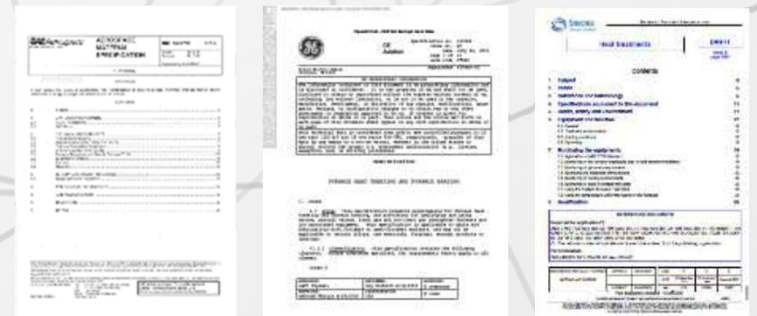
NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program) は、航空宇宙・防衛業界における特殊工程の品質保証に関する、業界主導型の認証制度です。この認証制度では、以下の特徴があります：

- ・航空機メーカー（プライム）・サプライヤー・政府関係者など、技術の専門家が連携
- ・統一された評価基準に基づき、特殊工程の認定要件を業界全体で策定
- ・従来の第三者監査とは異なり、業界コンセンサスに基づいた認証が行われます

また、NADCAPに加えて、主要メーカーごとの個別要求事項にも対応可能

✕ 対応例：PWA11、CPW21、DMP11、P10TF3 など

SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY



NADCAP(航空宇宙・防衛請負業者認定プログラム)準拠

現在のAMS 2750規格に基づいた温度管理要件(パイロメトリック要件)に対応
熱電対、温度均一性試験(TUS)、システム精度試験(SAT)などを網羅

各熱処理工程に対応したAMS規格への適合

ろう付け

真空熱処理

保護雰囲気中の熱処理

浸炭

窒化など

例:AMS 2769(真空熱処理に関する主要規格)



防衛市場における国際規制への対応

ディフェンス

主な規制項目(例:デュアルユース技術):

- 対象品目? 「該非判定書」
- 最終ユーザー? エンドユーザーの確認が必須(企業・機関・国)
- 最終用途? -使用目的の明確化(民間利用か、軍事用途か)用



EUROPEAN COMMISSION
Service for Foreign Policy Instruments



European Union

Restrictive measures (sanctions) in force

(Regulations based on Article 215 TFEU and
Decisions adopted in the framework of the
Common Foreign and Security Policy)



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

航空宇宙・防衛分野における 最新真空技術

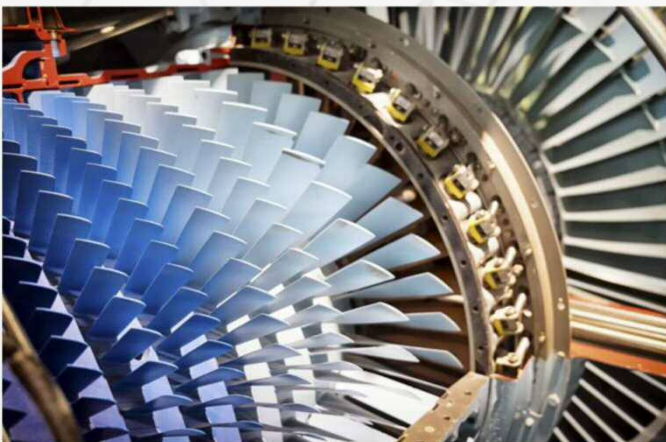
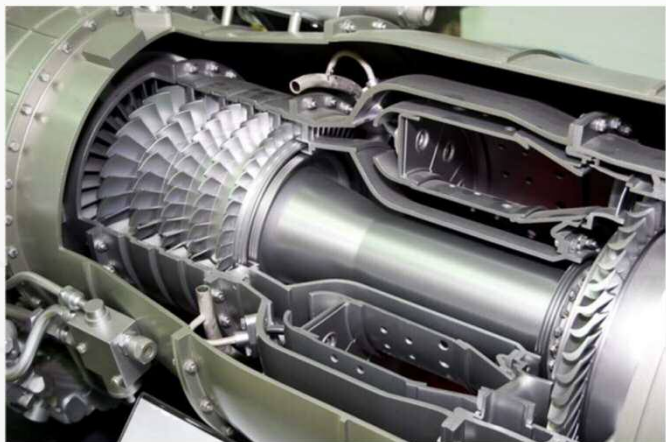
熱処理技術



- / 焼鈍
- / 時効処理
- / ろう付
- / 析出硬化処理
- / 焼準
- / 焼結
- / 低圧浸炭処理(LPC)
- / 焼入れ
- / 焼戻し
- / コーティング処理
- / その他カスタム対応プロセス

焼鈍処理／時効処理

技術概要と代表的な適用事例



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

液体化处理／時効処理

技術概要と代表的な適用事例

対象部品:エンジン構成部品

材質: 超合金 (例: Inconel 718)



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY



焼鈍処理／時効処理

技術概要と代表的な適用事例



対象部品：タービンブレード

材質：超合金／チタン合金



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

焼鈍処理

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: 金属3Dプリント部品(積層造形品)
材質: ステンレス鋼(SS)



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

焼鈍処理／時効処理

技術概要と代表的な適用事例



対象部品: 宇宙ロケット用エンジンの円筒構造部品

材質: 各種高性能金属



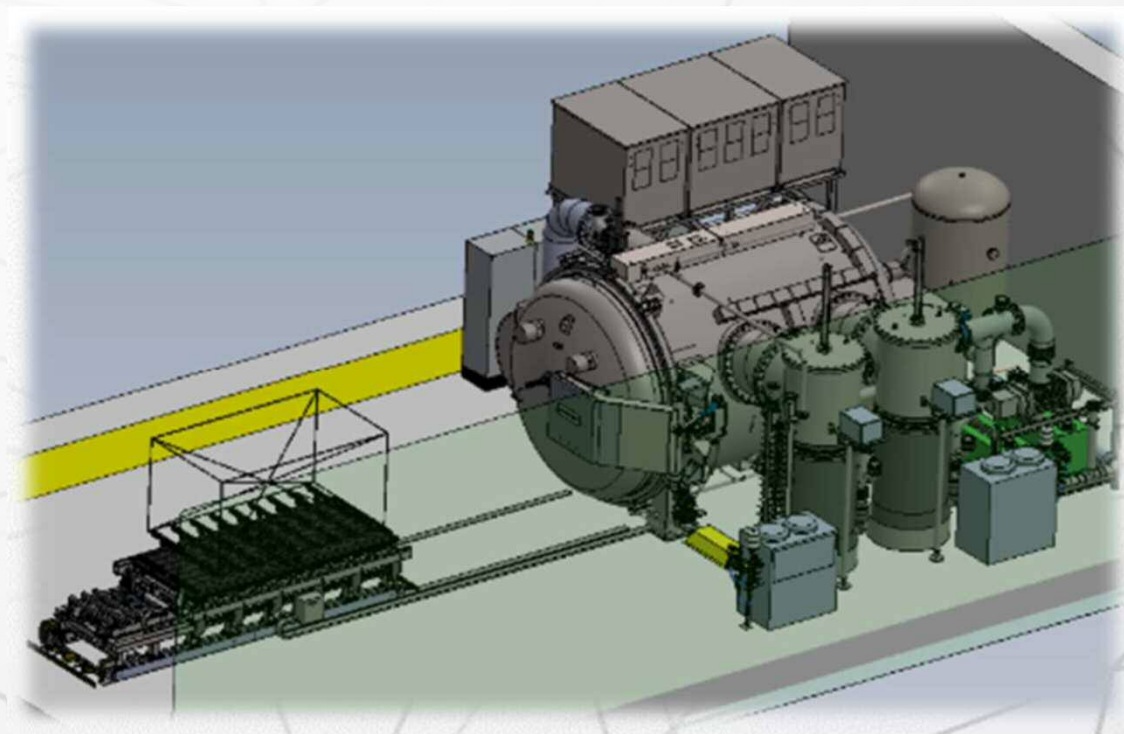
焼鈍処理

技術概要と代表的な適用事例



対象部品: 航空機の構造部品

材質: チタン



ろう付け

定義と主要パラメーター

金属結合プロセス(ろう材を溶かして結合部に流し込む結合技術)

・ 温度範囲による分類:

はんだ付け

$T_{liq} < 450^{\circ}\text{C}$

ろう付

$450^{\circ}\text{C} < T_{liq} < 900^{\circ}\text{C}$

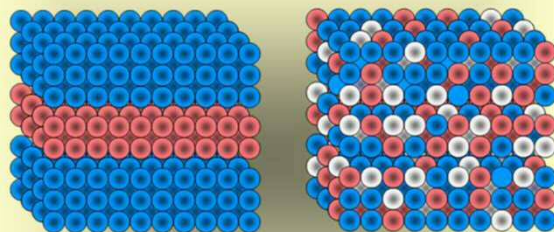
高温ろう付

$900^{\circ}\text{C} < T_{liq} < \text{母材融点}$

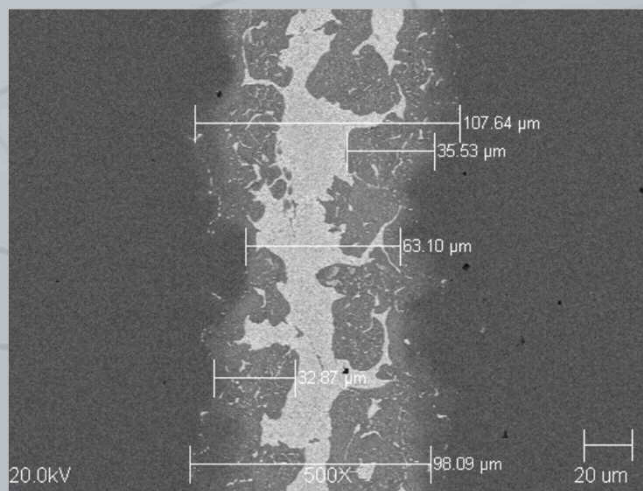
・ 処理雰囲気: 真空、またはフラックス使用

・ 加熱方法: 真空炉/誘導加熱/火炎加熱 など

Diffusion at Vacuum High Temperature Brazing



- Filler material
- Base material
- Intermetallic compounds new phase



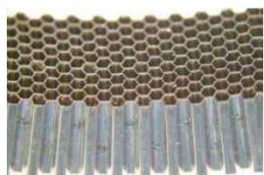
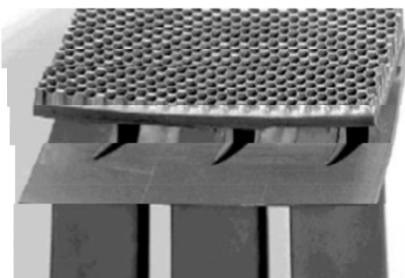
接合部の断面構造と使用材料
接合構造
母材: 18-8ステンレス鋼
使用ろう材: 金-ニッケル合金

真空ろう付け

技術概要と代表的な適用事例

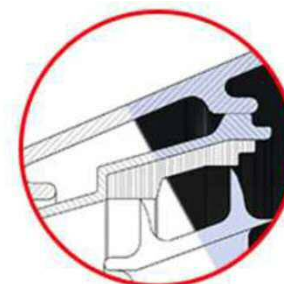
対象部品: ハニカムシールおよびエンジン構成部品

材質: 超合金

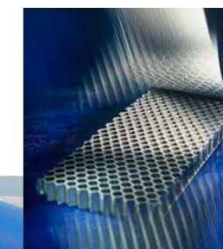


SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

炉内構造: グラファイトまたは
金属製チャンバー(高真空対応)



対応材質一覧
Hastelloy-X
Haynes合金
インコネル
ステンレス鋼



真空ろう付け

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: チューブ類および外装部品

材質: インコネル、ステンレス鋼



炉内構造: グラファイトまたは
金属製チャンバー(高真空対応)



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

真空ろう付け

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: センサー

材質: インコネル、ステンレス鋼



炉内構造: グラファイトまたは
金属製チャンバー(高真空対応)



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY



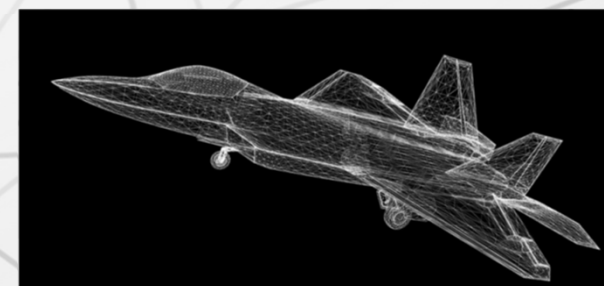
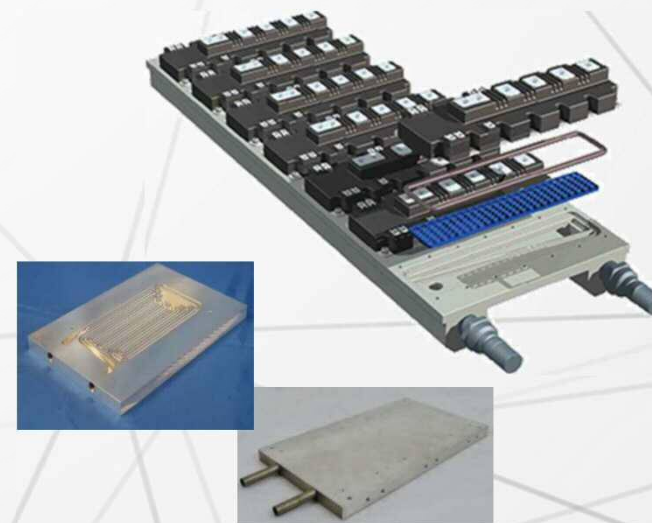
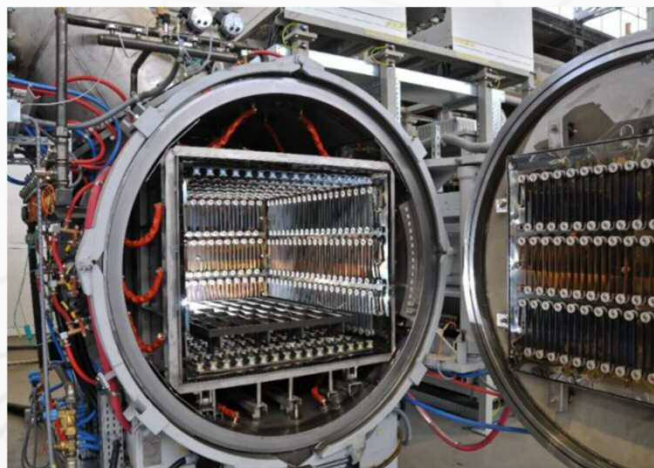
真空アルミニウムろう付け

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: コールドプレート
熱交換器、油圧クーラー

材質: アルミニウム

高真空



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

着陸装置部品のオイル焼入れ処理

技術概要と代表的な適用事例



対象部品: 着陸装置部品

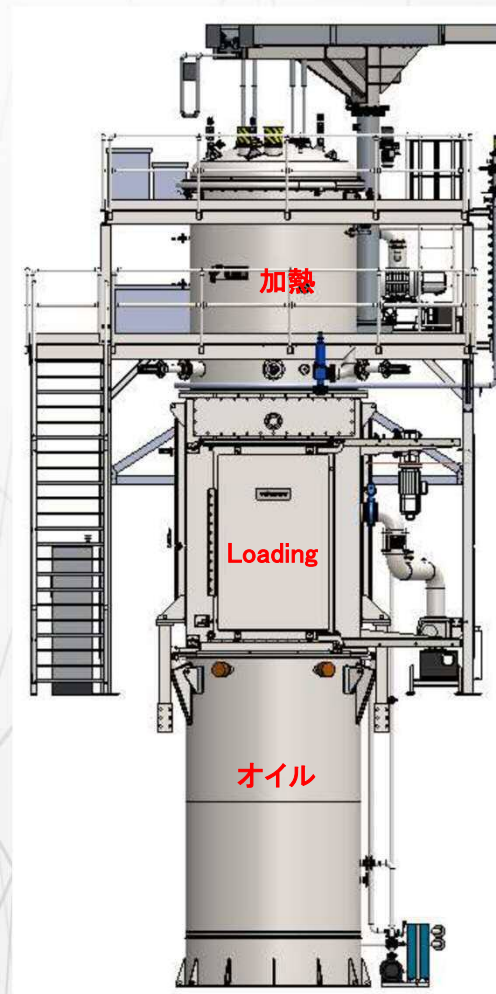
材質: 300M
4340
AEROMET 100



着陸装置部品のオイル焼入れ処理

技術概要と代表的な適用事例

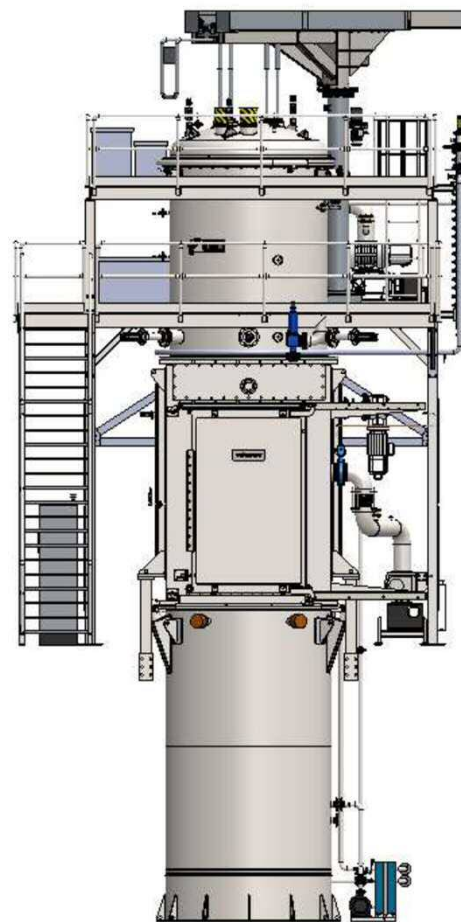
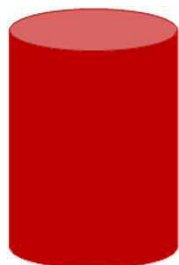
対象部品:
着陸装置部品
処理:
油焼入
材質:
300M
4340
AEROMET 100



着陸装置部品のオイル焼入れ処理

技術概要と代表的な適用事例

有効寸法:
D 1600 x H 2500/4270mm



15 m

着陸装置部品のオイル焼入れ処理

技術概要と代表的な適用事例

縦型オイル焼入れ 全自動ライン

有効処理サイズ(直径 × 高さ): Ø1830 × 4270 mm

断熱材: グラファイト(高温対応)

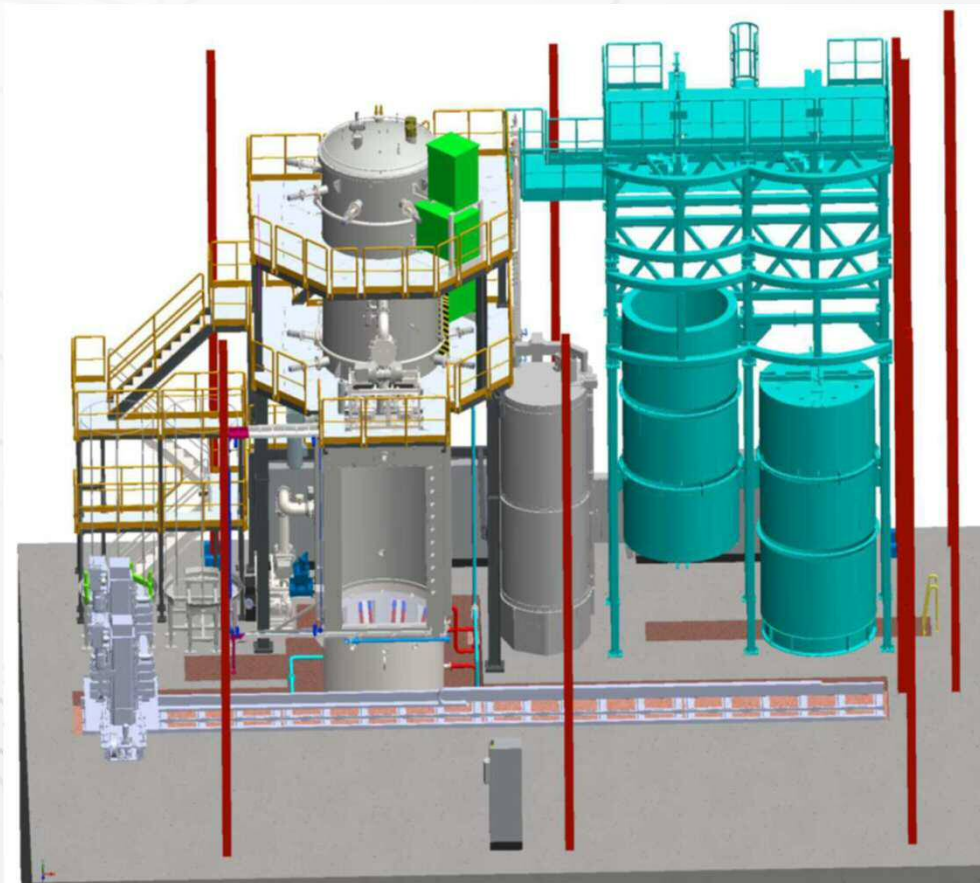
最大処理重量: 3,200 kg

最高処理温度: 1350 °C

温度均一性: ±5 °C

冷却媒体: オイル

到達真空度: 10^{-3} mbar(高真空対応)



真空化でのジェットエンジン部品のプレス鍛造

技術概要と代表的な適用事例



対象部品:エンジンディスク

材質:超合金



高圧ガス焼入れによる硬化処理(HPGQ)

対象部品:ファスナー



低圧浸炭処理(LPC)

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: ギア、シャフト、
スパイラルベベルギア

材質: 9310、Pyrowear53



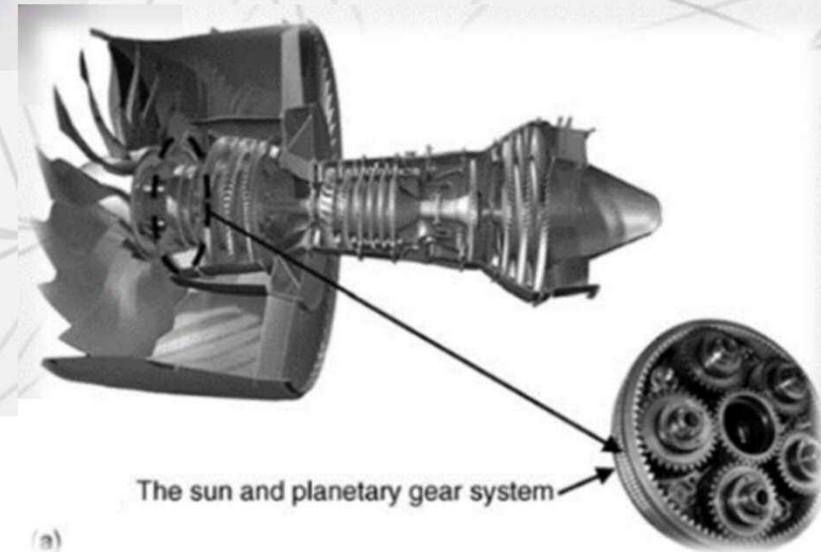
SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

低圧浸炭処理(LPC)

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: ギア、シャフト

材質: Ferrium C61
9310
Pyrowear53



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

表面硬化処理：低圧浸炭（LPC）＋高圧ガス焼入れ（HPGQ）

技術概要と代表的な適用事例

対象部品：ボールベアリング

材質：M50NiL



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY

表面硬化処理：低圧浸炭(LPC)＋高圧ガス焼入れ(HPGQ)

技術概要と代表的な適用事例

対象部品：建造物

材質：多種多様



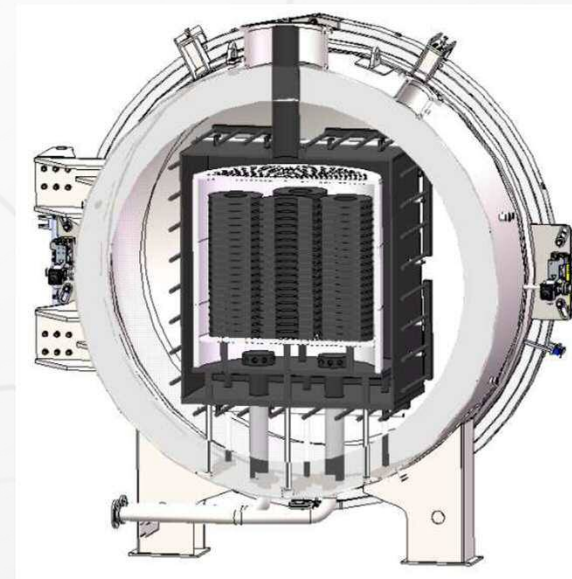
化学気相浸透(CVI)によるカーボンブレーキの製造

技術概要と代表的な適用事例



対象部品:ブレーキ

材質:グラファイトフェルト



工程時間



～5日

炭素形成に使用されるガス



プロパン

水素雰囲気中の焼結処理

技術概要と代表的な適用事例



100%水素雰囲気下におけるミサイルコア用タングステンの焼結(真空炉対応)



対象部品:ミサイルのコア部品

材質:タングステン(W)



防衛用途 – 機密案件

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: 非公開

材質: 非公開

水焼入方式の横型3室真空炉



エネルギー産業向け最新真空技術

エネルギー産業における適用規格

- AMS 2750 規格に準拠したパイロメトリック要件
- 各主要メーカーの社内規定・個別要求事項への対応

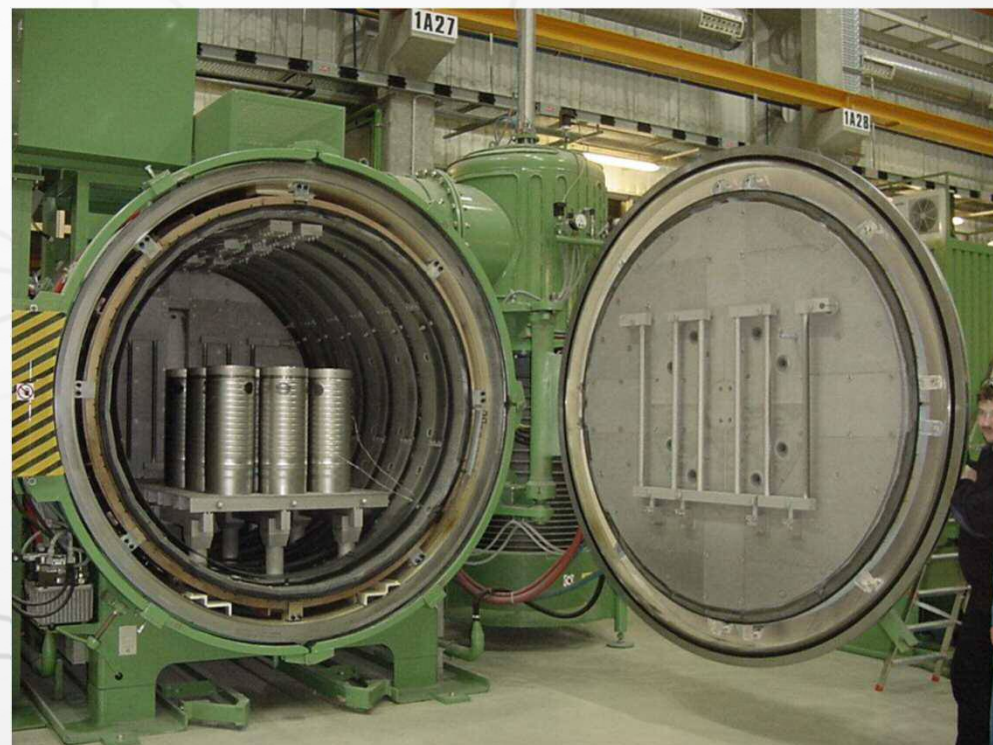
各種部品の焼鈍・応力除去処理

技術概要と代表的な適用事例



対象部品: 多種多様な部品に対応
例: ブレード、ベーン、ステーター、燃料噴射部品

材質: SS、超合金、その他



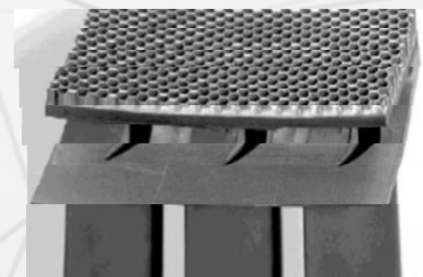
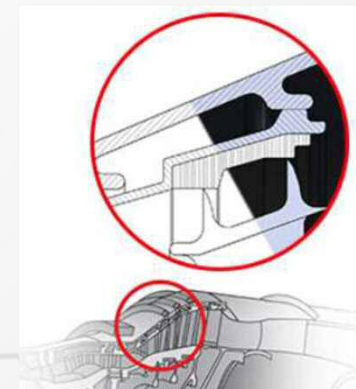
真空ろう付け

技術概要と代表的な適用事例



対象部品：ハニカムシール

材質：SS、超合金、その他



真空ろう付け

技術概要と代表的な適用事例



対象部品: 大型銅製熱交換器

材質: ステンレス銅製ろう付け用材料



真空ろう付け

技術概要と代表的な適用事例



対象部品: 真空遮断器

材質: Cu-Cr合金、
Ag-WC合金
Cu-W合金
ステンレス鋼



到達真空度
TUS(650°C、850°C、1000°C)

1×10^{-6} mbar
 $\pm 3^{\circ}\text{C}$



セラミック外装付き
真空遮断器



ジルコニウム製チューブの焼鈍処理

技術概要と代表的な適用事例

対象部品: チューブ

材質: ジルコニウム



ジルコニウム製チューブの焼鈍処理

対象部品: チューブ

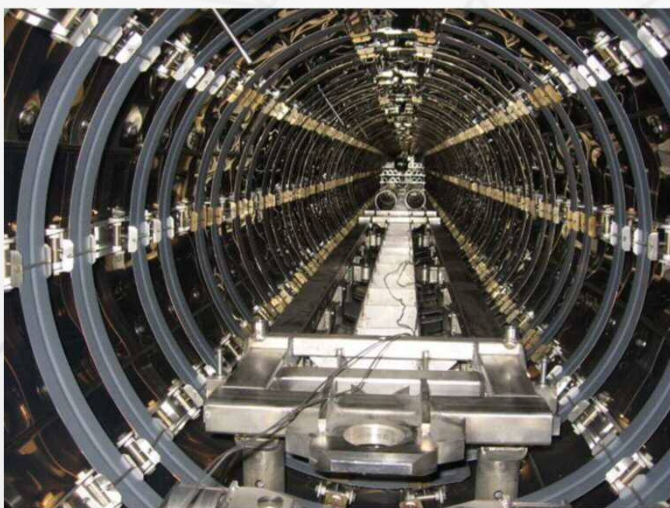
材質: ジルコニウム



チタン製チューブの焼鈍処理

対象部品: チューブ

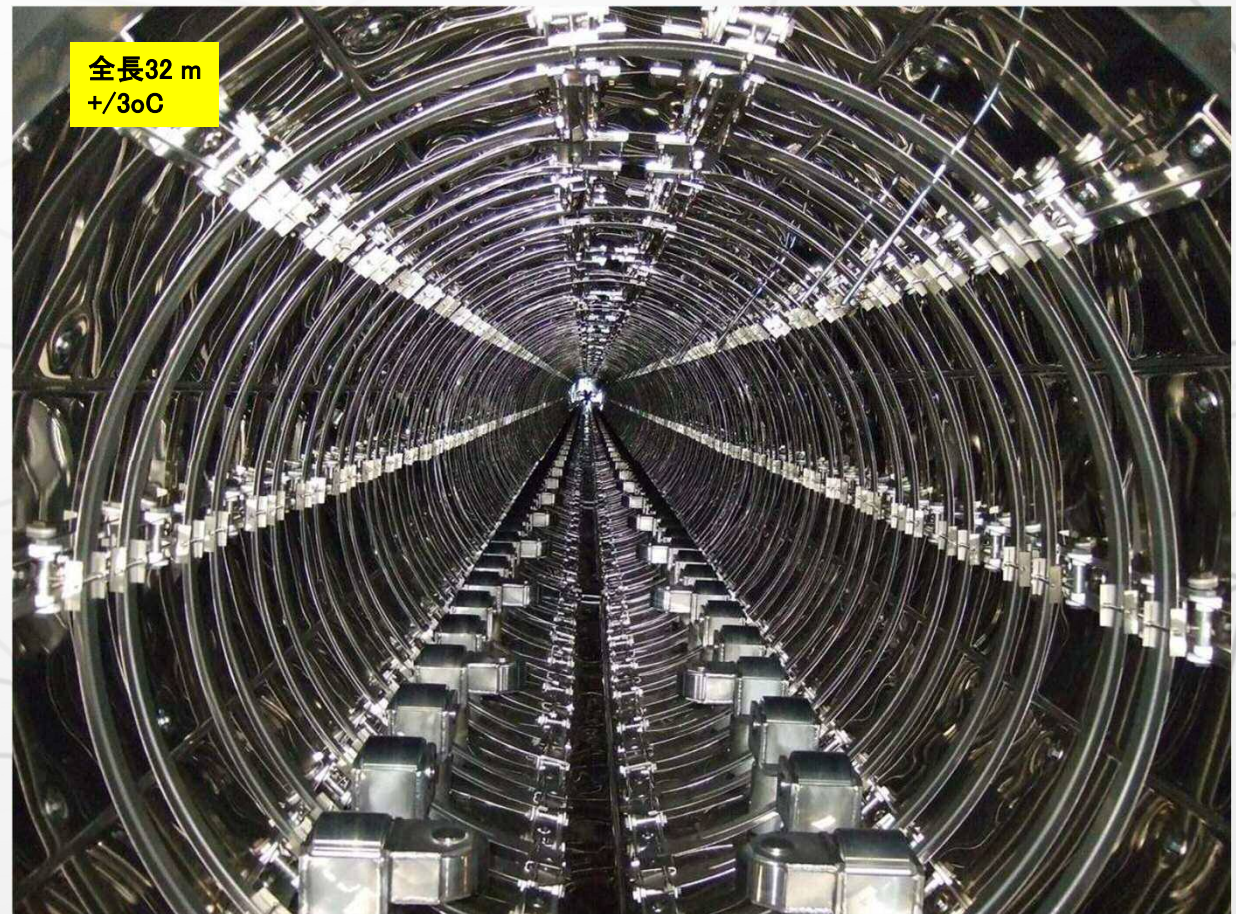
材質: チタン



ステンレス鋼チューブの焼鈍処理

対象部品: チューブ

材質: ステンレス鋼



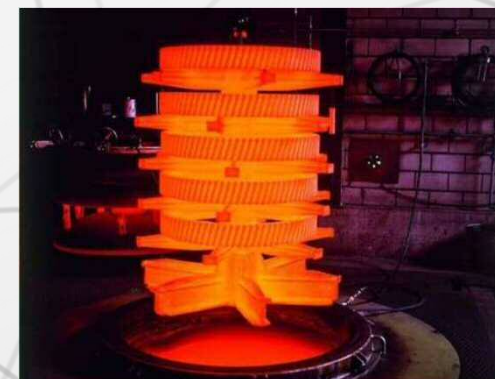
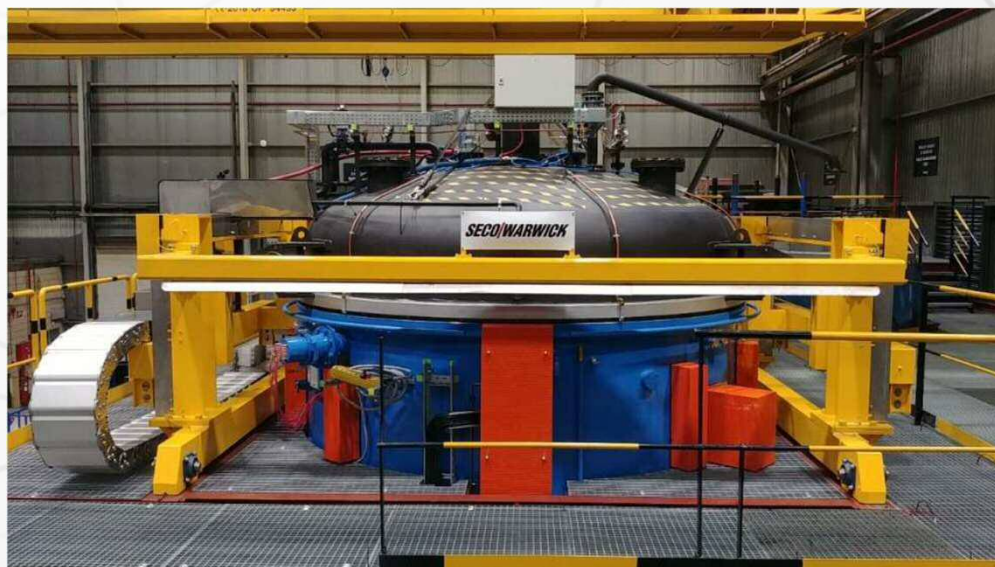
低圧浸炭処理(LPC) – 縦型ピット炉方式(PIT-LPC)

対象部品: 大型ギア、シャフト

処理: 真空浸炭

材質: 浸炭鋼

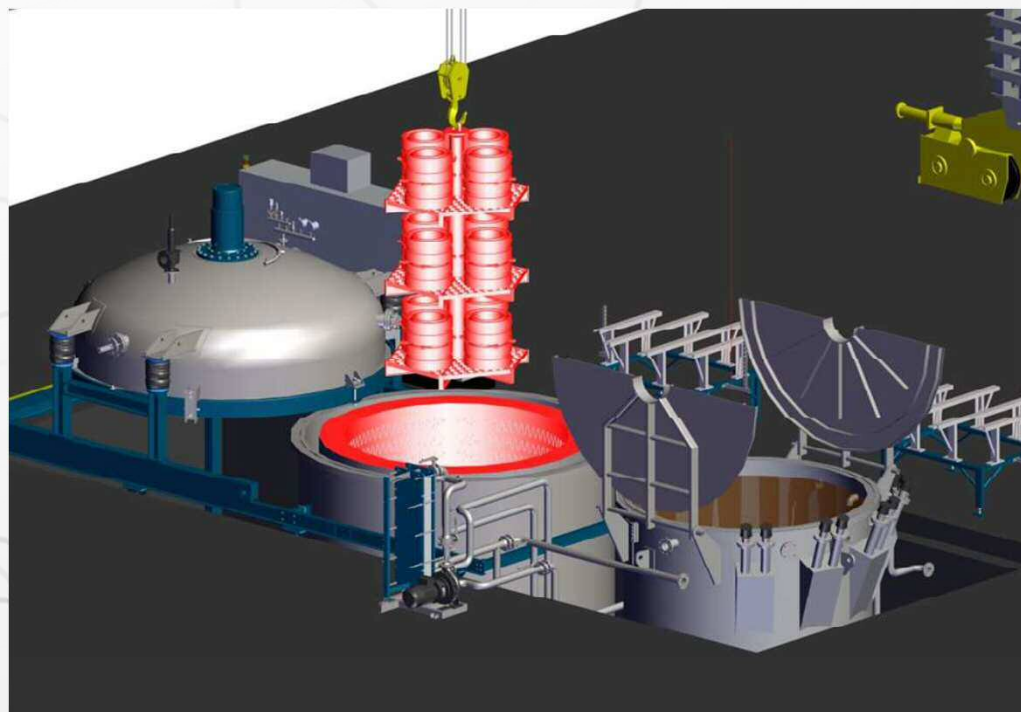
PitLPC® – 大型・高質量部品に対し、
有効硬化層深さ(ECD)3～5 mmの深層浸炭
処理を真空環境下で実現



低圧浸炭処理(LPC)－縦型ピット炉方式(PIT-LPC)

従来と異なるものとは？

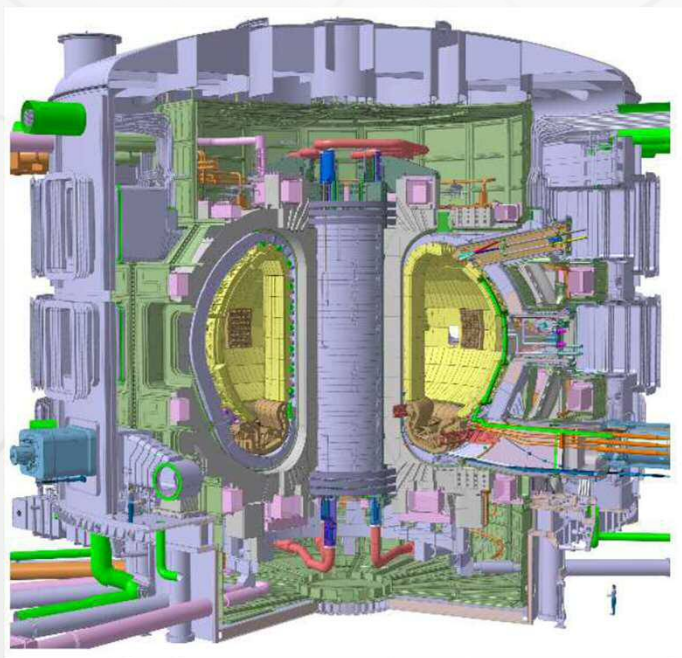
高音状態での真空炉開放と
LPC技術の導入



ITER向け高温超電導体(HTS)の熱処理体

対象部品:
Nb₃Sn中央磁石

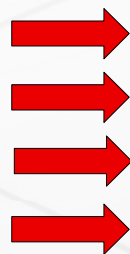
熱処理プロセス: 焼鈍



ITER向け高温超電導体(HTS)の熱処理体

従来と異なるものとは？

プロセス時間
処理工程数
積載重量
容量



～30日
7工程
120tons
130m³



まとめ

- ✓ 材料とプロセスの進化により、高度かつ先進的な熱処理装置の導入が不可欠
- ✓ CO₂排出規制の強化に伴い、環境に優しく効率的な最新熱処理ソリューションが求められている
- ✓ S/Wは、最新の真空熱処理装置・プロセス技術を幅広く提供可能
- ✓ S/Wは世界中の著名な顧客・業界での採用実績を多数保有
- ✓ 高度な専門知識を備えたグローバルチームと各国の現地サポート体制により、
導入から運用まで万全の支援を実現



SECO/WARWICK

WWW.SECOWARWICK.COM

お問い合わせ

Kamil Siedlecki

営業マネージャー / 真空炉部門

電子メール: [mailto: kamil.siedlecki@secowarwick.com](mailto:kamil.siedlecki@secowarwick.com)

ホームページ: www.secowarwick.com