

# HAUZER

INDUSTRIAL PLASMA SOLUTIONS



## 第6回FC-CUBICオープンシンポジウム

燃料電池セパレータPVDカーボンコーティング

IHI HAUZER TECHNO COATING B.V.

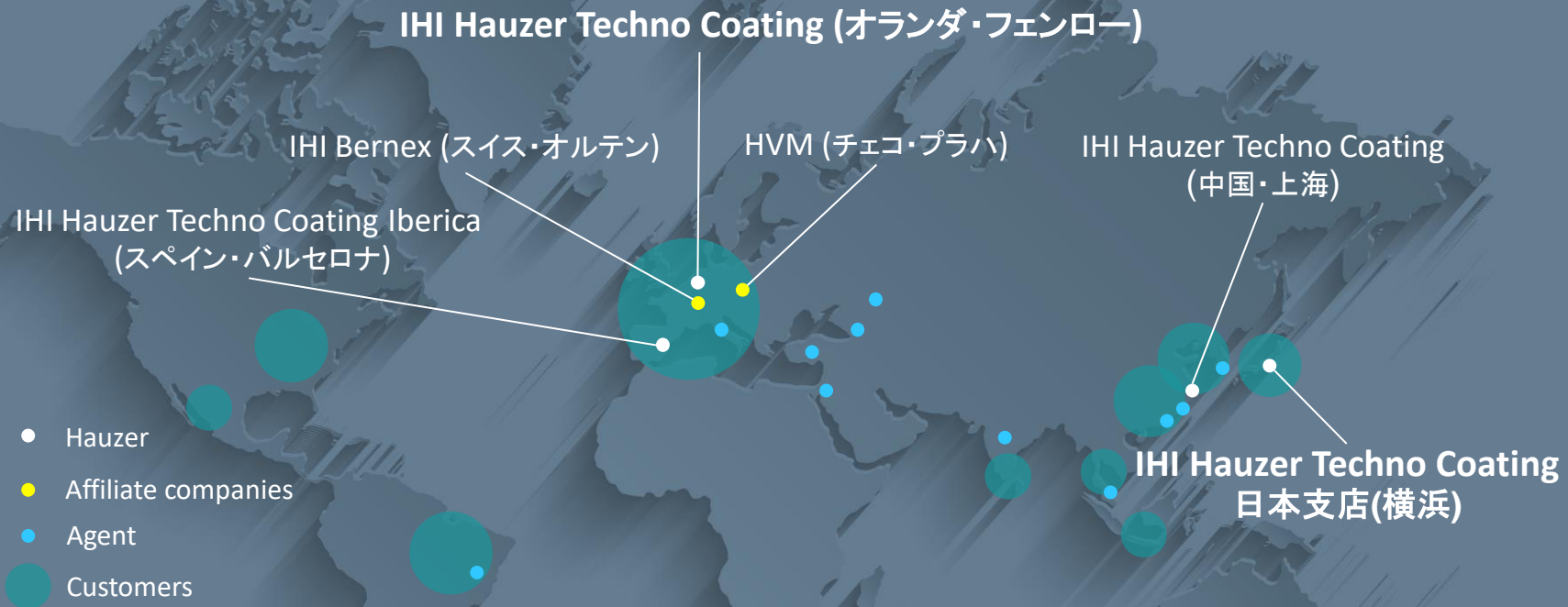
日本支店所長 滝沢正明

2021年12月10日

# IHI HAUZER TECHNO COATING

- オランダのPVD装置メーカー  
PVD/PACVD装置の開発、設計、製造、アフターサービス、  
ターンキーソリューションの提供
- 1983年に設立、PVD装置事業39年の実績
- ワールドワイド納入実績：累積550台以上（～2021年9月）
- 世界4拠点（オランダ、スペイン、中国、日本）
- 技術に根ざした経営（従業員数約150人、うち半数が技術者）
- 2008年～株式会社IHIの100%傘下、2009/3月に日本支店設置

# HAUZER WORLDWIDE



Hauzer本社  
@オランダVenlo  
**HAUZER**



Hauzer (Barcelona)



Bernex



Hauzer (Shanghai)



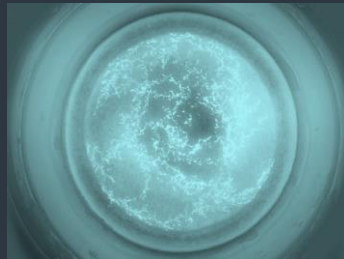
Hauzer日本支店  
@IHI横浜事業所

# DEPOSITION TECHNOLOGIES

## PVDアークコーティング

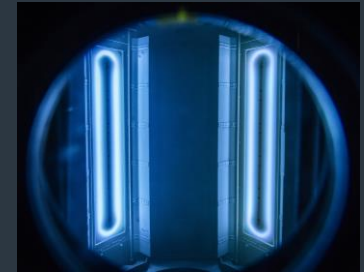
先進のアーク制御

- 矩形アーク ACA
- 円形アーク CARC+ FLEX



## PVDスパッタリング

- BM 平衡マグネトロン
- UBM 非平衡マグネトロン
- コイル閉磁場
- DMSデュアルマグネトロン
- High Power Impulse Magnetron Sputtering (HIPIMS)



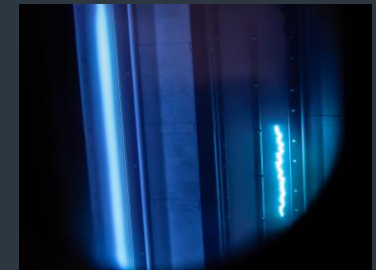
## PACVD

- Pulsed bias PACVD
- マイクロ波 PACVD



## ハイブリッドコーティング

- アーク & スパッタリング
- スパッタリング & PACVD
- プラズマ窒化 & アーク



## ETCHエッチング

- Plasma source etching
- FIR ETCH
- 水素クリーニング
- メタルエッチ



**HAUZER**

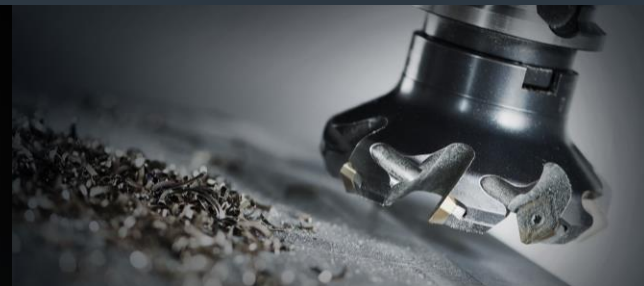
# HAUZER CORE BUSINESS



Decorative application  
装飾アプリケーション成膜装置



Tribological application  
トライボアプリケーション成膜装置



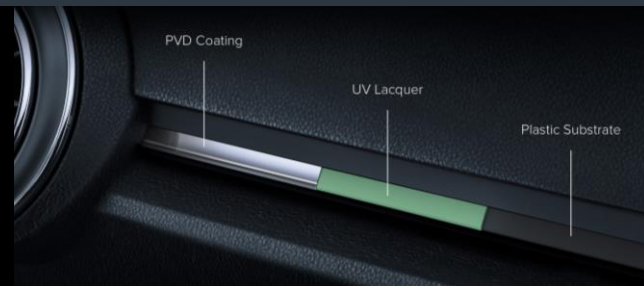
Tool application  
ツールアプリケーション成膜装置



カスタマーサポート



革新的な成膜装置



Cromatipic<sup>®</sup>  
クロムめっき代替ドライコーティング技術

# HAUZER PRODUCTS – PVD MACHINES

## バッチ型PVD装置 Hauzer Flexicoat®シリーズ



Flexicoat® 850  
有効容量  $\Phi 500 \times 500 \text{mm}$



Flexicoat® 1250  
有効容量  $\Phi 810 \times 850 \text{mm}$



Flexicoat® 1500  
有効容量  $\Phi 900 \times 1500 \text{mm}$

## インライン型PVD装置 Hauzer Metalliner®



# IHI HAUZERのトライボコーティング市場への貢献



Photo courtesy of Mahle

タペットへのDLCコーティング生産例  
数千個/バッチ

- DLCコーティング用途にバッチ型PVD装置累積約250台の納入実績
- Hauzer装置で約4億～7億個/年にDLCコーティングされている



# 自動車燃料電池セパレーター

- 自動車用途の燃料電池スタックには数百枚ものセパレータープレートが使用されている。2030年に予想される生産レベルでは、必要なセパレータープレートは面積にして年間5,000万m<sup>2</sup>にも及ぶと予想されるため、より低コスト・生産性向上が求められている
- 燃料電池自動車量産フェーズにおいて、セパレータープレートの低コスト量産かつ性能的にも優れるソリューション→基材を安価なステンレス鋼で製作
- ステンレス鋼は基本的に低コストで箔化も容易だが、耐腐食性および導電性付与の表面処理がカギ
- Hauzerは、PVDカーボンコーティングがベストソリューションと捉え、展開を進めている



# 燃料電池セパレータ： PVDカーボンコーティング

- 1990年代初頭から、欧州自動車OEM・自動車部品メーカーとエンジン部品向けコーティング、特にDLC開発を行ってきた、カーボンコーティングのパイオニア
- 自動車部品向けカーボンコーティングPVD装置25年以上の経験と実績
- Hauzer製PVD装置で、世界中で年間4～7億個の部品へのカーボンコーティング（MeDLC, DLC, ta-Cなど）が生産されている。
- カーボンコーティングのプロセスとPVD装置エンジニアリングの豊富なノウハウ
- 燃料電池車量産フェーズに対応した“セパレータカーボンコーティングPVD装置”

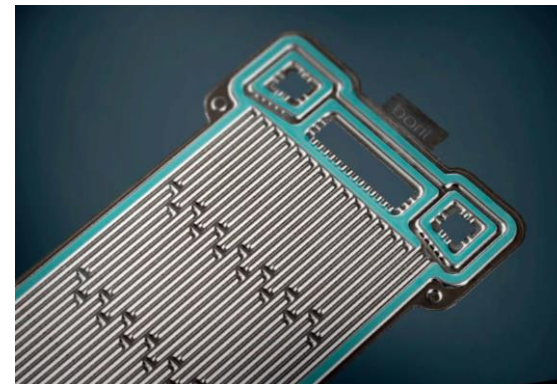
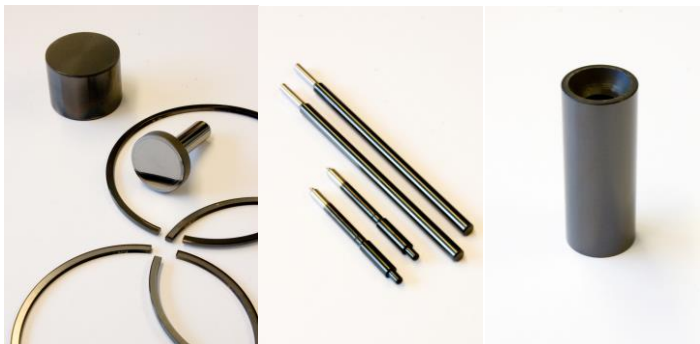


Photo courtesy of Borit NV

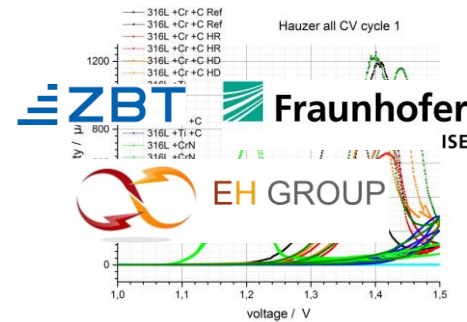
# 燃料電池セパレータ向けカーボンコーティング IHI HAUZERの開発歴史



2008: Launch of development



2017: BPP baseline coating qualification  
Fraunhofer ISE

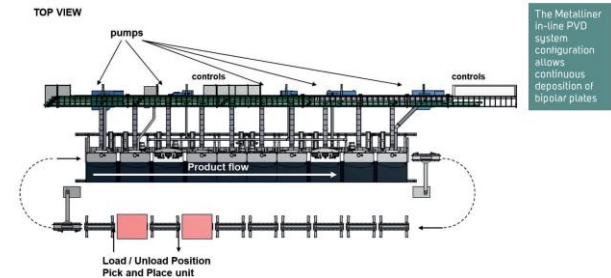


2018: Continuous coating improvement program



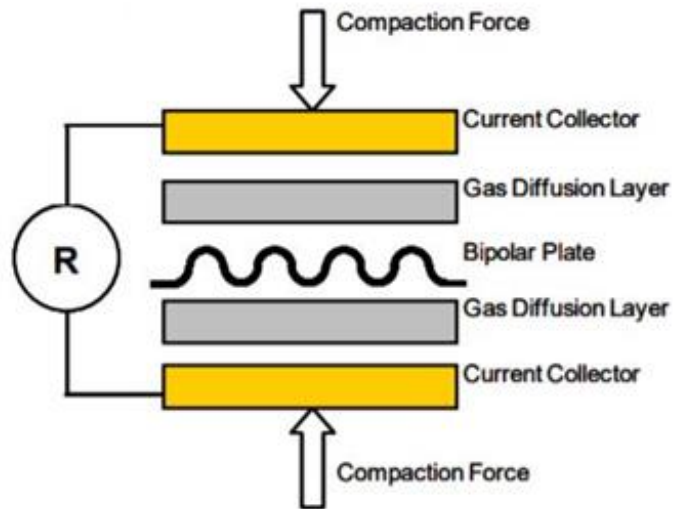
2012: launch of inline PVD

HAUZER



2019: Concept design  
NextGen PVD for 10 mio pcs

# セパレータプレートカーボンコーティング ICR測定



$$R = 2 \times R_{\text{Au-GDL}} + 2 \times R_{\text{GDL}} + 2 \times \text{ICR} + \underbrace{R_{\text{Plate}}}_{\text{(neglectable)}}$$

ICR: 接触抵抗値  
(Interfacial contact resistance)

## Setup ICR Measurement

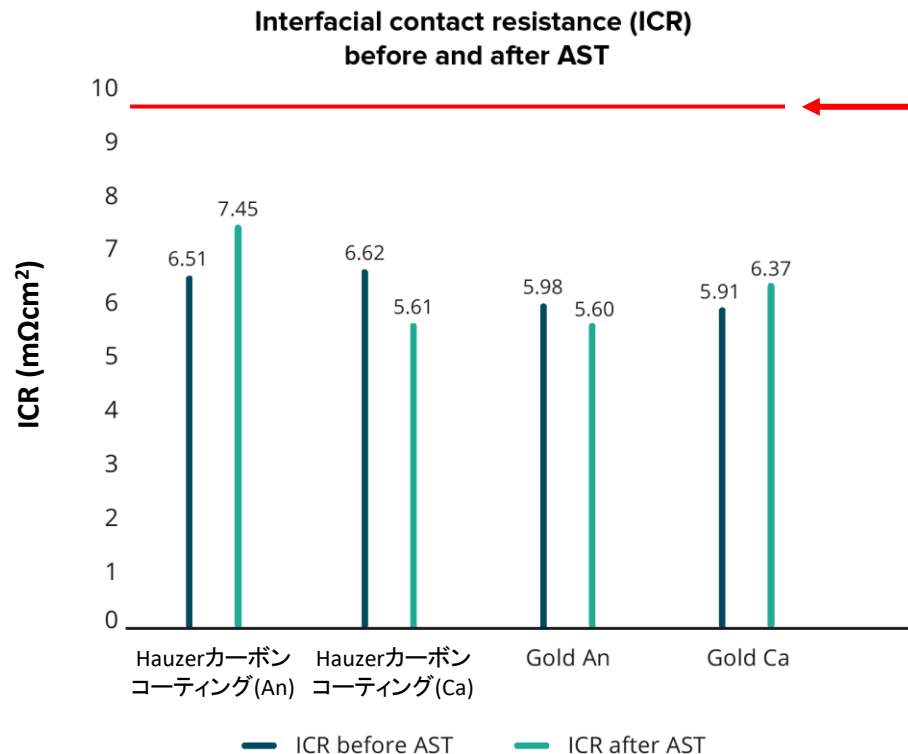
セパレータに腐食が発生すると、ICR値の悪化（ICR値の上昇）並びに導電率が低下する。  
腐食試験中ICR値の経時変化をモニタリングすることが必要

# セパレータプレートカーボンコーティング 加速腐食テスト

米国エネルギー省DOEのベンチマークICR値

(燃料電池の寿命全体にわたるセパレータのICR値) :  $10\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 以下

酸性環境でセパレータ腐食→ICR値の増加・導電率の低下の恐れ



DOEベンチマーク値を下回る  
良好な結果

## 加速腐食試験

ZBT提唱のin-situ加速腐食試験AST

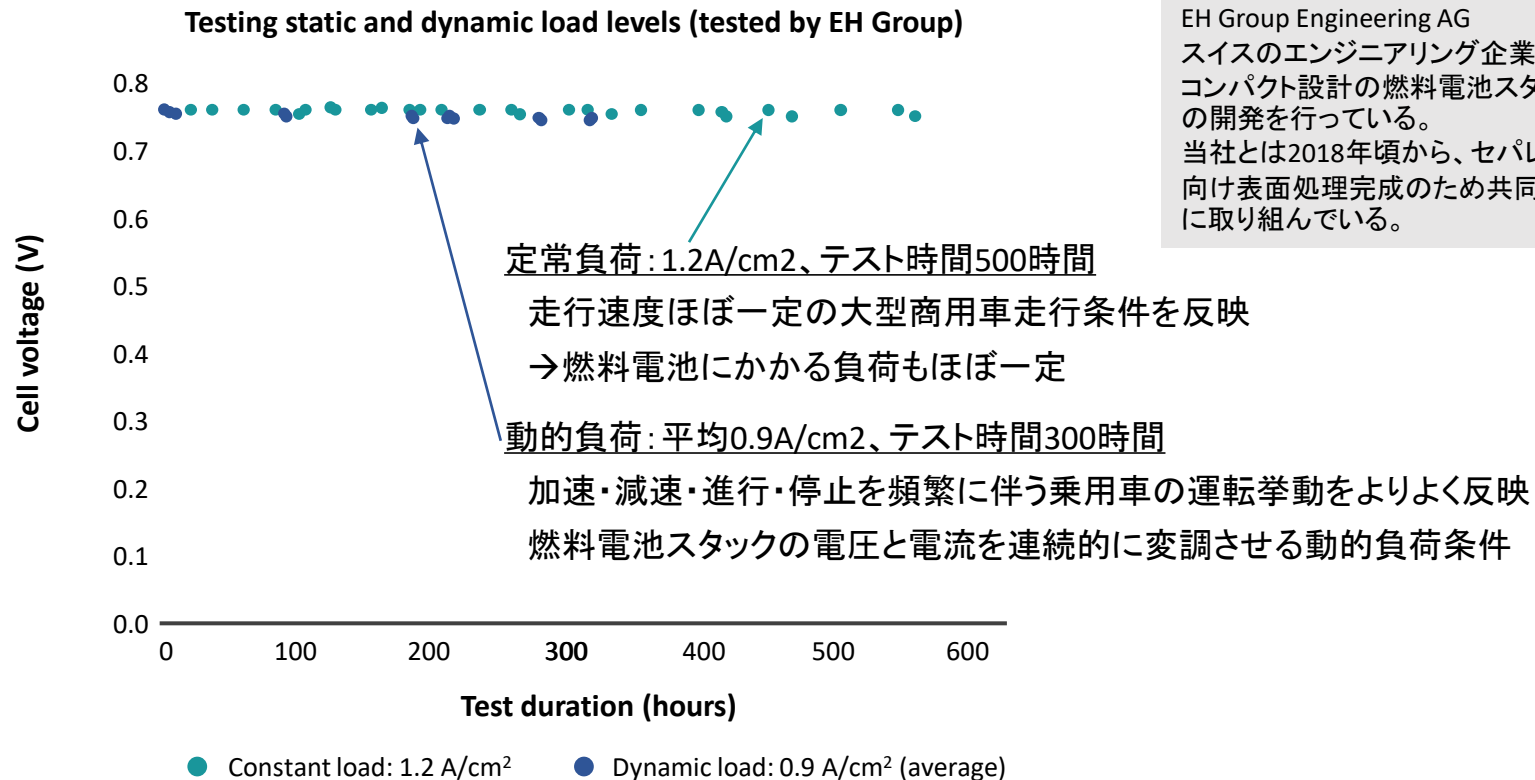
(Accelerated Stress in-situ corrosion Test) 動的な負荷と高腐食条件を適用し腐食を加速するテスト

テスト時間500時間で自動車燃料電池の寿命、性能を予測できる

ZBT

ドイツの燃料電池研究機関 Das Zentrum für BrennstoffzellenTechnik

# セパレータプレートカーボンコーティング 負荷テスト (2019)



EH Group Engineering AG  
スイスのエンジニアリング企業。  
コンパクト設計の燃料電池スタック  
の開発を行っている。  
当社とは2018年頃から、セパレータ  
向け表面処理完成のため共同試験  
に取り組んでいる。

## 定常負荷テスト結果

電圧低下0.3%のみ。燃料電池寿命はセル電圧の80%で定義されるとすれば、燃料電池の寿命は5000時間をはるかに超えると予想可能

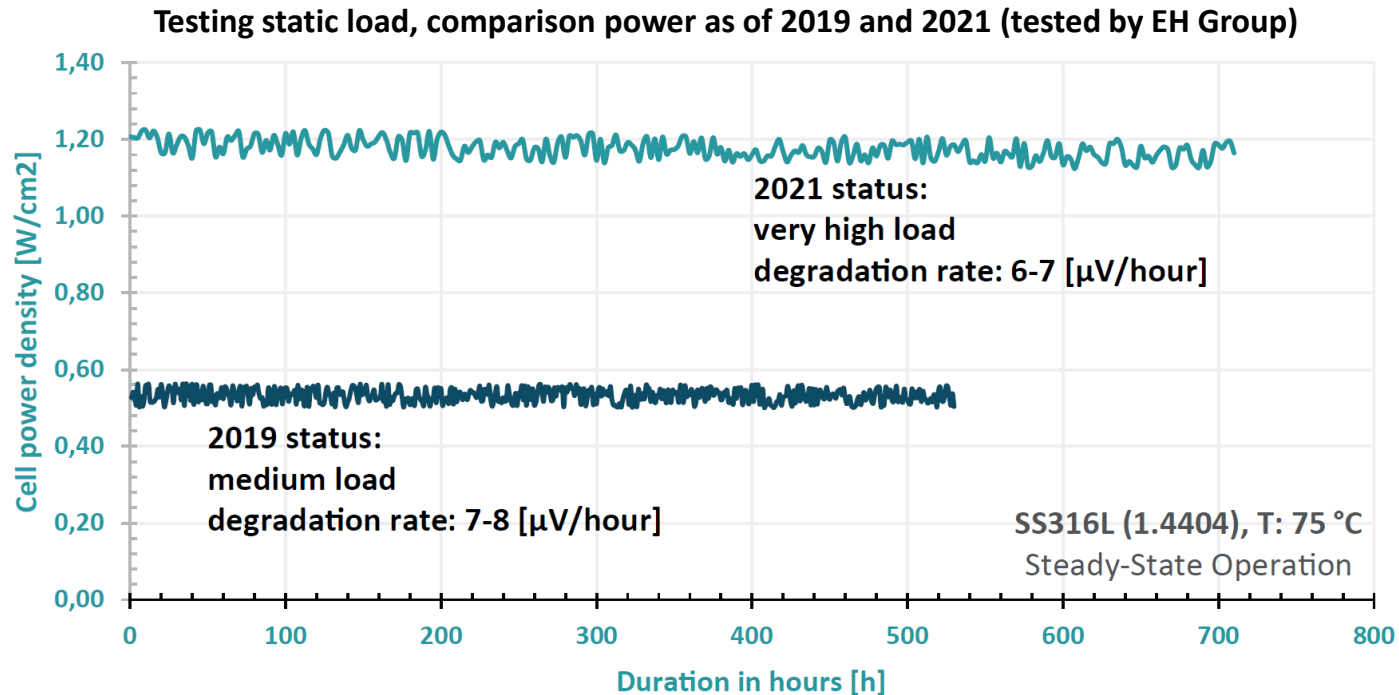
## 動的負荷テスト結果

セル電圧低下は定常負荷テストより速いが、それでも予想される燃料電池寿命は十分

# セパレータープレートカーボンコーティング 負荷テスト (2021)

定常負荷(大型商用車走行条件を想定)

テスト時間 2019年:500時間、2021年:700時間



2019年の結果: 電圧低下7~8μV/hour → 燃料電池の寿命は5000時間をはるかに超えると予想される

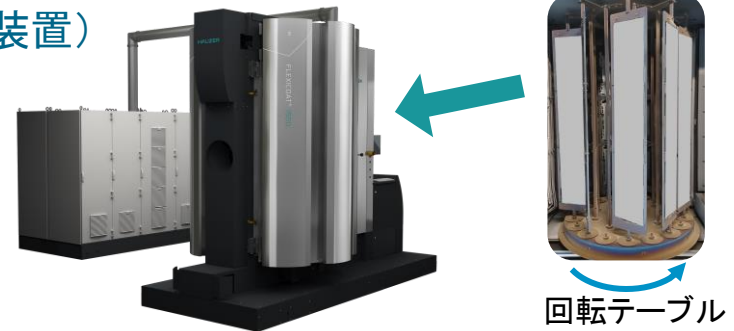
2021年の結果: 電圧低下6~7μV/hour → さらに改善。高出力かつテスト時間1.4倍でも耐久性向上の結果。

大型商用車想定 of 長期間安定出力が可能と予想される

# セパレータプレートカーボンコーティング 高生産性PVD装置

## FLEXICOAT® 1500 (業界最大のバッチ式PVD装置)

少量試作、パイロット生産向け  
セパレータプレート ~数十万枚/年  
数十枚/バッチ  
数時間/バッチ  
(内訳: 真空引き→昇温→エッチング→コーティング→冷却  
→大気開放、にてトータル数時間)



## METALLINER® (インライン式PVD装置)

ロードロックIN→昇温→エッチング→コーティング→冷却→ロードロックOUT

量産向け  
セパレータプレート年間1000万枚レベル  
数十枚/キャリア  
キャリア排出タクト: 最短1分

インラインMetallinerの  
セパレータカーボンコーティング  
コストは、バッチF1500の1/20



# METALLINER® ASSEMBLY PROCESS 2012





# HAUZER INLINE PVD PLATFORM METALLINER®



# IHI GROUP THIN FILM ACTIVITIES

## IHI

### MACHINERY OPERATIONS

成膜装置事業

## HAUZER

- 2008年～100%IHI傘下
- PVD/PACVD 成膜装置
- CVD成膜装置(IHI Bernex製)

受託成膜加工事業

## ionbond

- 2012年～100%IHI傘下
- PVD/PACVD受託成膜加工、世界40拠点
- Shop-in-shopサービス

# HAUZER OFFERS ご提案

Phaze	ご提案
イニシャルコーティングテスト 少量試作	Hauzerコンピテンスセンター(バッチ装置)
少量～大量枚数試作	パートナー企業で対応可能(大型バッチ装置)
R&D	R&D向けPVDコーティング装置(バッチ装置)
パイロット生産	パイロット生産向けPVDコーティング装置 (バッチまたはインライン)
量産	量産向けPVDコーティング装置(インライン)

# HAUZER

INDUSTRIAL PLASMA SOLUTIONS



ご清聴ありがとうございました