

超高精度軸受 PRECILENCE の適用事例 — 電極スラリー塗工用ロールの振れ最小化 —

Application Examples of PRECILENCE Ultra-high Precision Bearings — Minimization of Electrode Slurry Coating Roll Runout —

竹内誉典 T. TAKEUCHI 多田悠亮 Y. TADA

The runout of electrode slurry coating rolls in battery manufacturing equipment have been reduced to 0.65 μ m using ultra-high-precision bearings and minimizing the roundness of the rolls, as well as by optimizing the distance between the bearings that support rolls.

Key Words: bearing, high precision, slurry coating roll, PRECILENCE, roll runout

1. はじめに

近年、地球温暖化が進む中、ますます環境に配慮した製品開発が求められている。軸受は何らかの機械に組み込まれた状況下で高い性能の発揮が求められる。当社は軸受のサプライヤーとして、これまでのような軸受単体開発だけではなく、顧客の実機評価に積極的に参画し、実際の使用条件や環境に適した軸受の最適解を求め、その機械の性能を最大限に発揮できる取り組みを並行して進めていくことが当社のあるべき姿と考える。

そこで本報では、当社開発の超高精度軸受 PRECILENCE¹⁾ を電池製造工程における電極スラリー塗工ロール支持用軸受に適用し、カーボンニュートラルに貢献した事例について紹介する。

2. 超高精度軸受 PRECILENCE

超高精度軸受 PRECILENCE (以下、PRECILENCE) は、工作機械をはじめとする、より高い加工精度と効率を必要とする設備に使用することを想定して開発されたものである。PRECILENCE とは、Precision と Silence を組み合わせた造語であり、以下にその特長を示す。

【PRECILENCE の特長】

- 1) 内径と外径の許容公差が小さい (図1)
- 2) 振れが小さい (図2)
- 3) 清浄度が高い

精密洗浄後、異物混入防止のため、クリーンルーム (ISO 規格: class 1) で真空パックにして出荷する (図3)。

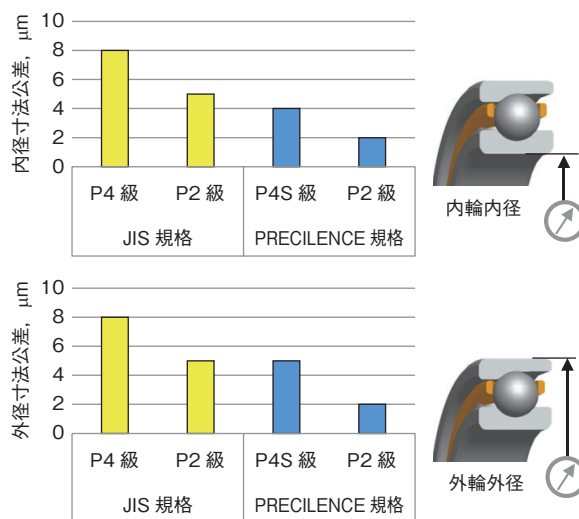


図1 寸法公差比較 (7020 サイズ*1)

Comparison of dimensional tolerance (7020)

* 1 内径×外径×幅: ϕ 100mm × ϕ 150mm × 24mm

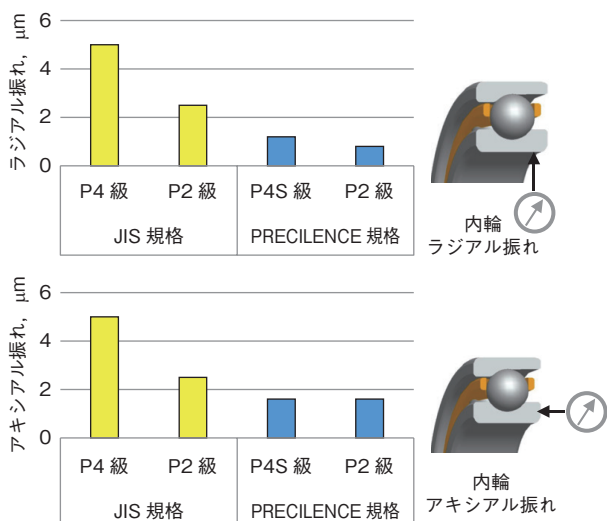


図2 振れ比較 (7020 サイズ)
Comparison of bearing runout (7020)



図3 真空パック
Vacuum pack

3. ターゲット業界の選定

3.1 実施内容

超高精度の軸受を必要とする業界は多岐にわたるが、あらゆる機械・設備の使用条件に対応できる単一の軸受仕様は存在しない。そこで、今回 PRECILENCE の特長を最大限に生かせるターゲット業界の選定と、軸受使用条件の最適化を実施した。また目標は軸受単体ではなく、軸受組み込み後製品の性能向上とした。

3.2 現在のトレンド

現在トレンドのキーワードは何とんでも「カーボンニュートラル」であろう。2021 年度の二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出・吸収量は、日本だけでも約 11 億 2 240 万トンと吸収量より排出量が大きく上回っている (図4)。

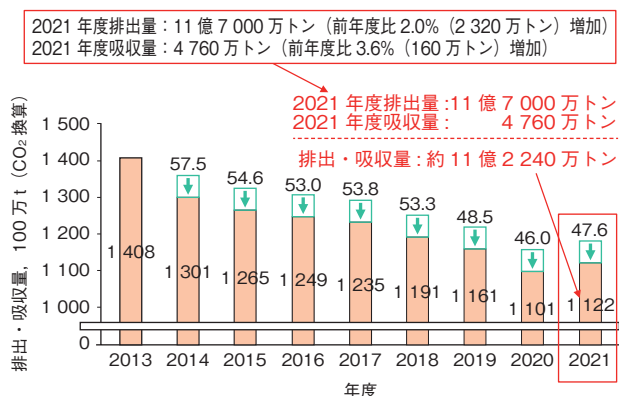


図4 日本の温室効果ガス排出・吸収量の推移²⁾
Trend in greenhouse gas emissions and absorption in Japan

当社の属する自動車業界では、エンジン車から電気自動車 (BEV: Battery Electric Vehicle) への転換を進めることにより、カーボンニュートラルへの貢献が図られている。BEV に搭載のリチウムイオン電池は、ニッケル水素電池などの二次電池と比べて高エネルギー密度であるため、今後の需要はますます伸び、より多くの生産が見込まれる。また、さらなる高容量化・高品質化・高安全化も市場から期待されている。PRECILENCE が、これらの市場課題解決に役立つことができれば、カーボンニュートラル達成の一翼を担うことができる。

3.3 電池製造設備

一般的なりチウムイオン電池の製造工程は、図5のように正極・負極の素材混練から始まり、塗工・乾燥・圧延・組立・注液・充放電と多くの工程が存在する。その中で、筆者らは電池の性能を左右する電極素材の塗工工程に着目した (図6)。スラリーと呼ばれるペースト状の電極素材をはくに塗布する工程において、塗布のばらつきを抑え、より均一にスラリーを塗布できれば、電池寿命時間のばらつき低減などの品質向上や歩留まり率向上に貢献できる。

そこで、スラリー塗工工程のコーティングロール支持用軸受に PRECILENCE を適用し、予圧などの軸受設計から組み込み方法まで最適化することにより、ロールの振れを極限まで低減し電極膜厚均一化を図ることにした。

また、目標値は、設備メーカーから要求されるロールの振れが 1.0 ~ 3.0μm 程度であることを考慮し、1.0μm 以下とした。

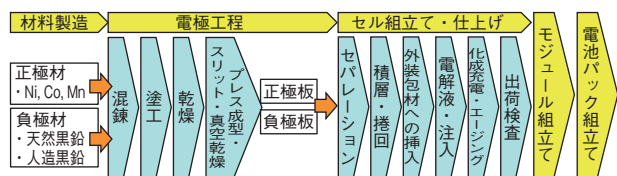


図5 電池の製造工程³⁾
Battery manufacturing process

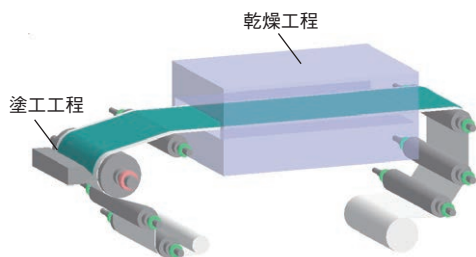


図6 塗工～乾燥工程のイメージ図⁴⁾
Image of coating and drying process

4. 塗工機用軸受の最適化

4.1 実施内容

ロールの振れを極限まで低減し、膜厚を均一化する工夫を二つ施した。一つはロールのたわみ最小化であり、もう一つはロールの振れ最小化である。

4.2 ロールのたわみ最小化

スラリー塗工部のイメージ図を図7に示す。一般的に塗布幅を広くすると、装置の生産性は向上する。しかし、単純に塗布幅を広くすると、ロール幅も広くなり、ロールの自重でたわみが大きくなる。ロールのたわみが大きくなると、中央部と端部のダイとロールの塗工すきまの均一化調整が難しくなり、幅方向の膜厚ばらつきが大きくなるリスクが発生する。

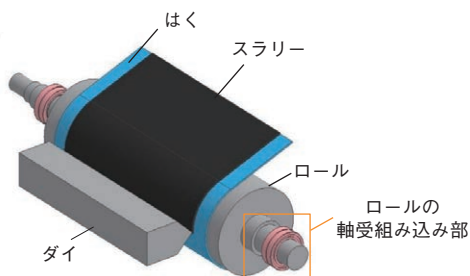


図7 塗工部イメージ (ロールとダイ)⁴⁾
Image of coating part (roll and die)

ロールのたわみは、ロール支持用アンギュラ玉軸受の内部諸元に加えて、取り付け位置や予圧、しめしろなどの使用環境により変化する。しかし、予圧やしめしろを上げすぎると軸受寿命に悪影響を及ぼす。今回は図8のように、ロールを支える4列の軸受のうち、ロール左右の内側2列の軸受取り付け位置を固定した状態で、外側2列の軸受の取り付け位置を解析でパラメータスタディを行い、ロールのたわみ最小化を検討した。

その結果を図9に示す。外側の軸受取り付け位置は、内側の軸受との距離が小さいほど、ロールのたわみが小さくなることが判明した。

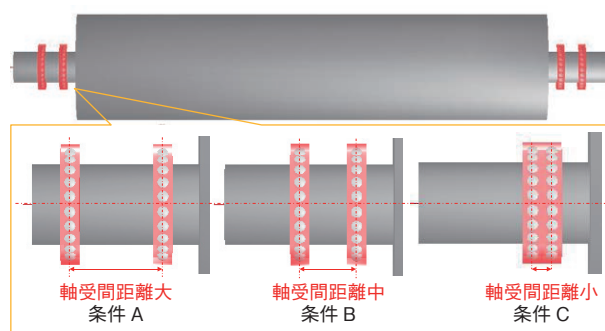


図8 軸受取り付け位置の計算条件
Bearing mounting position test conditions

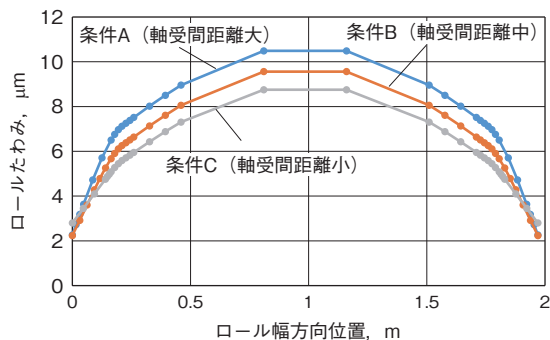


図9 ロール幅方向のたわみ
Deflections along roll width direction

4.3 ロールの振れ最小化

一般的に「軸受組み込み後におけるロールの振れ」は、「ロール単体の振れ」と「軸受の内輪ラジアル振れ」の和と考えられている。しかし、実際にロールに軸受を組み込み、振れを測定すると、個体間でばらつきが発生した。この要因は、軸受とロールの軸受組み込み部の形状ばらつきにより生ずる円周方向のしめしろが異なり、その結果、軸受組み込み後の内輪軌道形状変化が大きくなるためと推定した。

そこで、「真円度の異なるロールの軸受組み込み部」

と「軸受内輪」を用意し、**図10**に示すように「内輪軌道真円度」の軸受組み込み前後の変化を観察した。その結果を**図11**に示す。組み込み後の内輪軌道形状はロールの軸受組み込み部真円度に依存することが認められた。

つまり、ロール塗工面の振れ低減のため、軸受組み込み部の軸真円度についても細心の注意を払う必要がある。

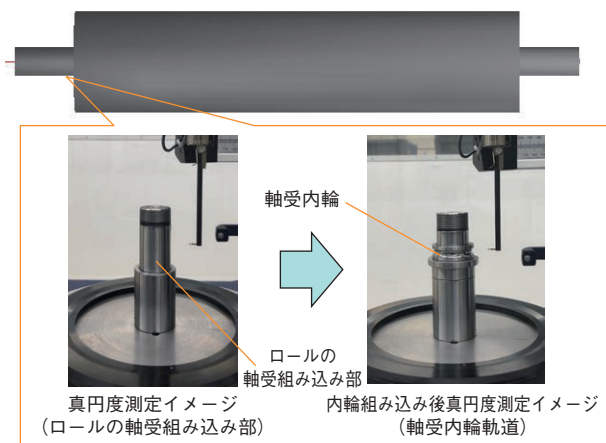


図10 ロールの軸受組み込み部と内輪軌道の真円度測定
Roundness measurement of roll shaft and inner ring raceway

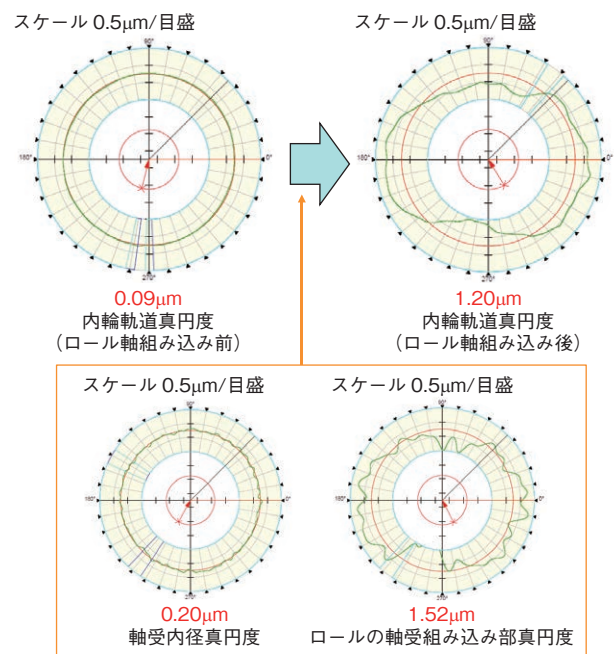


図11 ロール軸組み込み前後での内輪軌道真円度比較
Comparison of inner ring raceway roundness before and after shaft fitting

5. 模擬機試験による効果検証

前述の対策に基づき、仕様を最適化し、製作した模擬機でロールの振れを評価した。

5.1 評価用試料・環境

模擬機の模式図を**図12**、評価条件を表**1**に示す。軸の両端に PRECILENCE を背面合わせで使用し、実機と同じようにベルト駆動でロールを回転させた。ロールの3箇所に非接触式変位センサーを設置し、ロールの振れを測定した。

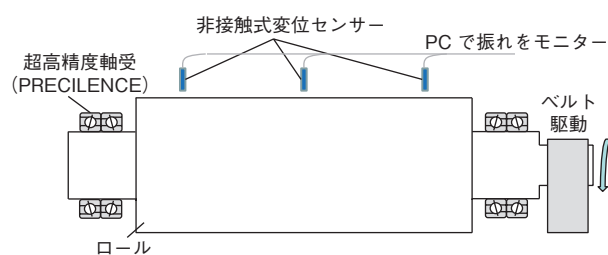


図12 模擬機の模式図

Measurement system of test machine

表1 模擬機評価条件

Test conditions of test machine

ロール寸法	φ200mm (ロール径) × 1 200mm (面長)	
試料軸受	7010C (φ50mm × φ80mm × 16mm) 背面合わせ	
材料	軌道輪	SUJ2
	玉	セラミック
	保持	PEEK
回転速度	3min ⁻¹	
温度	室温	
試験項目	ロール振れ	

5.2 評価結果

5.1 項の条件で測定を行った結果、ロールの振れは最も大きな値を示した中央部でも 0.65μm に抑えられ、目標値の 1.0μm 以下を達成できた (**図13**)。

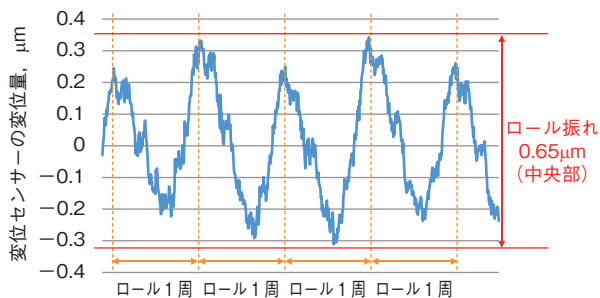


図13 ロール中央部の振れ測定結果
Roll center runout measurement result

6. おわりに

本報では、当社開発のPRECILENCEを電池製造工程における電極塗工ロール支持用軸受に活用した事例について紹介した。ロールの振れを極限まで低減するため、ロールを支持する同側の軸受間距離最小化とロール軸受組み込み部の真円度最小化を実施した結果、ロールの振れは0.65 μm まで低減した。その結果、顧客におけるリチウムイオン電池の高容量化や高品質化、高安全化を実現でき、「カーボンニュートラル」にも貢献できたものとする。

軸受の性能は、組み込み方法や使用条件により著しく変化する。今後は企業間の垣根を超え、技術者同士が協力し合い、最終的に製品を磨きあげていく姿勢こそが種々の産業分野における「カーボンニュートラル」達成の近道になると考える。

* PRECILENCEは、株式会社ジェイテクトと株式会社ジェイテクトプレシジョンベアリングが開発した超高精度軸受の登録商標です。

参考文献

- 1) 株式会社ジェイテクト：超高精度軸受 PRECILENCE, JTEKT ENGINEERING JOURNAL, No. 1018 (2021) 78.
- 2) 環境省：2021年度（令和3年度）の温室効果ガス排出・吸収量（確報値）について、2021年度（令和3年度）の温室効果ガス排出・吸収量（確報値）について、環境省，2023-04，<https://www.env.go.jp/content/000128750.pdf>(参照 2023.04.21)1.
- 3) 経済産業省：第7回蓄電池産業戦略検討官民協議会，資料3：蓄電池産業戦略の関連施策の進捗状況及び当面の進め方について【事務局資料】，経済産業省，2023-04，https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/0007/03.pdf(参照 2023.04.25)13.
- 4) 株式会社ジェイテクトプレシジョンベアリング：PRECILENCEカタログ，PRECILENCE～極限の高精度を追求，あらゆる設備に貢献～。

筆者



竹内 誉典*

T. TAKEUCHI



多田 悠亮*

Y. TADA

* 株式会社ジェイテクトプレシジョンベアリング
技術部