

特 集 論 文

エリアビーム型電子線照射装置の進歩

Progress of the "Area-type" Electron Beam Processing System

杉 田 達 信* 塚 越 正 人*
M. Sugita M. Tsukagoshi
矢 田 洋 三*
Y. Yada

概要

エリアビーム型電子線照射装置は、低エネルギーながらコンパクトで大電流出力が可能であることから、各種アプリケーションの生産ラインに広く利用されている。本稿ではエリアビーム型電子線照射装置の技術の進歩について述べる。

Synopsis

The "Area-type" Electron beam Processing System (Area-type EPS) is widely used as a production equipment for many industrial applications. Its features include compactness and higher current irradiation capability compared to the other types of EPS. This report describes the progress of the Area-type EPS in recent years.

■ 1. はじめに

電子線照射装置 (EPS: Electron beam Processing System) は、高分子材料の架橋、重合等の反応による改質を目的として幅広い分野で使用されてきた。工業利用が進むにつれて、大量の製品を経済的かつ安定に生産するために、装置の高出力化や信頼性向上が図られてきた。現在当社では、加速電圧150kV~5MV、電子流最大500mAのEPSをラインアップしており、これまでに400台を超える設備を世界各国に納入している。EPSには走査型とエリアビーム型がある。後者は、1970年代後半に実用化されたもので、電子線を走査せず必要照射幅に合わせて複数のフィラメントを配置し、エリア状のビームを単段で加速するものである。このため、加速電圧は300kV以下に制限されるが、加速管や走査管が不要となるため、スキャン型EPSと比較して小型・低価格になる特徴があり、幅広い産業分野で利用されている。

当社ではエリアビーム型EPSの普及に向けて、顧客サイトにて実験が容易に出来るように、照射装置とパレットコンベアをコンパクトにまとめた実験用装置を1983年

に市場投入した。その後、お客様の実験サポートや生産用装置の提案を行うことで、多くのエリアビーム型EPSを納入してきた。本稿では、その最近の進歩について紹介する。

■ 2. エリアビーム型EPSの概要

図1に構成図を示すエリアビーム型EPSは、ビームを走査せず必要照射幅に応じて、必要本数のフィラメントを並列に配置し、真空中で電子を加速して、窓部からエリア状のビームとして取り出している。電子を走査することなくエリア状で加速し、照射することからエリアビーム型と呼んでいる。加速管や走査管がなく、装置をコンパクトにできるというメリットがあるが、フィラメントから窓部までの電界を分担する為の電極等が無いため、高電圧での加速は困難で、300kV以下で使用されている。直流高圧電源には絶縁ガスを使用した直流発生装置を用いている。図2に水平シート搬送用エリアビーム型EPSのインライン設置イメージを示す。

*株式会社NHVコーポレーション

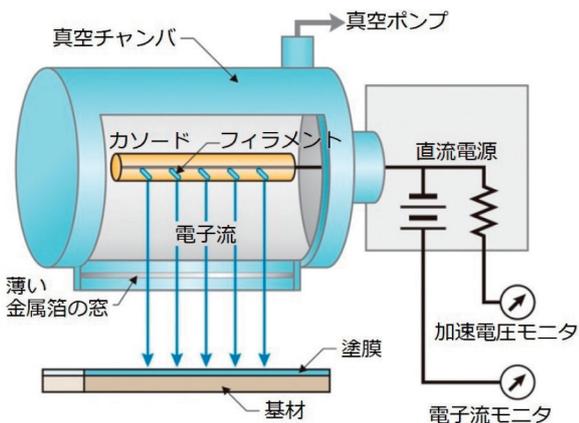


図1 エリアビーム型EPSの構成

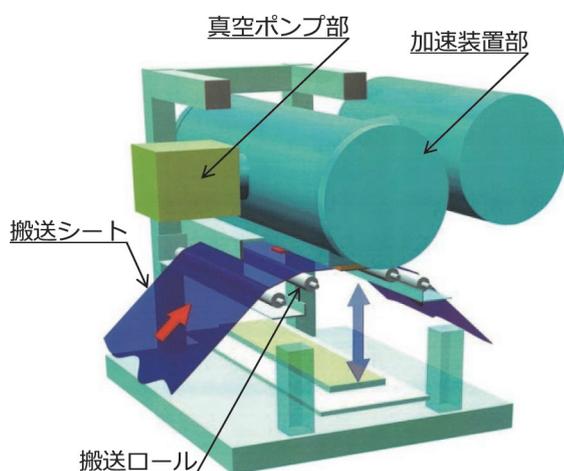


図2 水平ロール搬送装置の設置イメージ

3. エリアビーム型EPSの能力と利用分野

約35年前の開発当初の出力は200kV-20mAであったが、アプリケーション分野の拡大に伴って、加速電圧の高電圧化や生産性向上のための大電流化の要望が高まり、現在では、300kV-500mAまで製品化している。

加速電圧が高いほど被照射物により深くまで電子を透過させることができ、電子流が大きいほど処理能力が大きくなるので、大量生産が可能となる。電子の透過能力を表すのに、比重1の物質中に照射された電子の透過深さと物質中の相対的エネルギー損失（吸収線量）の関係を表すことが一般に行われている。図3に、その透過能力曲線を示す。

吸収線量を表す単位としては、一般にGy（グレイ）を用い、1Gy=1J/kgである。図4に利用分野ごとに用いられている代表的な線量範囲を示す。処理能力については、

吸収線量 D (kGy)、電子流 I (mA)、ラインスピード V (m/min)、電子線照射幅 W (cm) の間に、以下に示す関係がある。

$$D = K \cdot \frac{I}{V \cdot W}$$

K は定数で、各装置に応じたエネルギー損失係数である。この式から、吸収線量は電子流に比例し、ラインスピードと照射幅に反比例することが分かる。

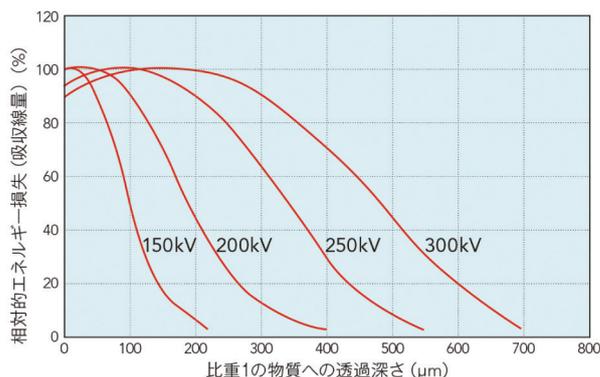


図3 透過能力曲線

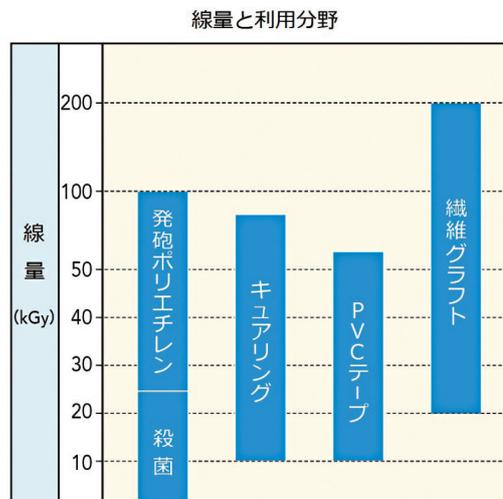


図4 線量と利用分野

■ 4. エリアビーム型EPSの技術動向

生産性向上のための大出力化、多品種少量生産のためのコンパクト化、および信頼性の向上について、以下に述べる。

4. 1 大出力化とコンパクト化

大量生産のためには「搬送を速く」することが必要である。これらの要望に応えるために、「大電流電子源」と「大電流高圧電源」を製品化しており、現在のところ、エリアビーム型EPSとして300kV-500mA（150kW出力）まで商品化している。

最大電子ビーム発生までに要する時間は0.5秒以内であり、搬送設備の加減速時も一定の線量を保つために電子ビーム発生量を追従させる必要があるため、制御装置の高速化も図っている。具体的には、フィラメントの温度制御により熱電子の量を調整する熱制御方式から、フィラメントに加わる電界を調整しビーム量を調整するグリッド方式に改良した。また、大出力化と同時に、照射部や窓部の冷却も強化して、定格連続運転を可能としている。また、照射時の酸素濃度管理や被照射物の温度上昇抑制をする必要がある場合には、窒素雰囲気での照射（窒素置換）や水冷ロールの設置も可能である。

一方で、多品種生産に最適な装置も製作している。定格は300kV-100mAとなるが、装置架台にコンパクトな直流高圧電源を内蔵しており、設置スペースを小さくすることができる。図5に装置の外観を示す。



図5 300kV-100mA装置の外観

4. 2 信頼性の向上

エリアビーム型EPSは、高電圧が印加された電子源部とアース電位である真空チャンバが広い面積で対向しており、スキャン型EPSに比べて放電を起し易い構造のため、当社では最新の電界解析技術を用いて電極構造や碍子の構成などの改良を続け、信頼性の向上に

努めている。しかしメンテナンス後など真空度が比較的劣悪な状況などでは、放電が発生してしまうことがある。この状態でもできるだけ装置を停止させないために、高速回復（ファストリカバリ）機能を開発し、生産用途のエリア型EPSに装備している。

■ 5. エリア型電子線照射装置のラインナップ

世界中のお客様の仕様に適合する様に、設置場所のレイアウトや各国規格に合わせた装置の設計を行っている。アプリケーションに合わせて、加速電圧、電子流、照射幅、ラインスピード等の仕様を決定し、前後搬送設備に合わせて鉛直搬送か水平搬送を選択することが可能である。図6に鉛直搬送用EPS、図7に水平搬送用EPSの外観を示す。また、海外規格にも対応しており、例えばEU加盟国へ輸出する際は、構成部品規格や安全規格だけではなく、EMC（電磁両立性）の整合規格に規定された基準値をクリアさせてCEマークを貼付している。



図6 鉛直搬送用EPS



図7 水平搬送用EPS

6. あとがき

1983年にエリアビーム型電子線照射装置を開発してから35年が経過しようとしている。その間、加速電圧および電子流の増大、装置の小型化、信頼性・保守性の向上などに注力してきた。今後も、お客様に満足いただけるように、安定した連続定格稼働に加えて、ユーザインタフェースの改良や故障診断・予兆監視機能の開発による装置の信頼性向上などを進めていく所存である。

参考文献

- (1) 「電子線照射装置の歴史と取り組み」日新電機技報 Vol.54, No.2(2009)

執筆者紹介



杉田 達信 Michinobu Sugita
株式会社 NHVコーポレーション
加速器事業部
CS部 主査



塚越 正人 Masato Tsukagoshi
株式会社 NHVコーポレーション
加速器事業部
技術部 主任



矢田 洋三 Yozo Yada
株式会社 NHVコーポレーション
加速器事業部
技術部長