



21 Aktenzeichen: P 27 20 514.7-33  
22 Anmeldetag: 6. 5. 77  
43 Offenlegungstag: 24. 11. 77  
44 Bekanntmachungstag: 3. 1. 80  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 4. 4. 85  
Patentschrift weicht von Auslegeschrift ab

30 Unionspriorität: 32 33 31  
12.05.76 SU 2359068

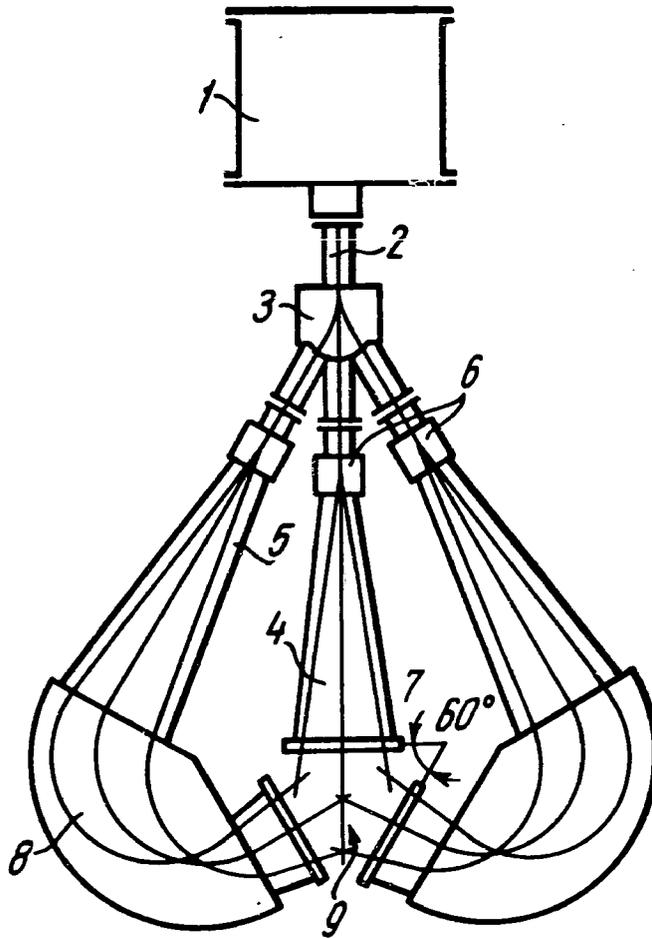
73 Patentinhaber:  
Institut jadernoj fiziki Sibirskogo otdelenija  
Akademii Nauk SSSR, Novosibirsk, SU

74 Vertreter:  
Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Beetz jun., R., Dipl.-Ing.  
D.-Ing., Pat.-Anw.; Heidrich, U., Dipl.-Phys. Dr.jur.,  
Pat.- u. Rechtsanw.; Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried,  
J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72 Erfinder:  
Auslender, Vadim Leonidovič; Budker, Gerš Itskovič;  
Glagolev, Georgij Borisovič; Livšits, Anatolij  
Aleksandrovič, Nowosibirsk, SU; Perepelkin, Vitalij  
Petrovič, Moskau/Moskva, SU; Polyakov, Vladimir  
Archipovič, Nowosibirsk, SU; Chepel, Lev  
Vladimirovič, Moskau/Moskva, SU; Chertok, Ilya  
Lvovič; Cheskidov, Vladimir Georgievič,  
Nowosibirsk, SU

56 Entgegenhaltungen:  
DE-AS 10 50 459  
DE-AS 10 46 789  
DE-AS 10 25 475  
US 27 41 704

54 Verfahren zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen



**FIG. 1**

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen unter Anordnung der Gegenstände im Kreuzungsbereich dreier, unter einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander geneigter ebener Elektronenstrahlenbündel, dadurch gekennzeichnet, daß in den Kreuzungsbereich (9) drei Gegenstände (13, 14, 15) mit gleichen Querschnittsdurchmessern gleichzeitig eingebracht und derart angeordnet werden, daß ihre Querschnittsmittelpunkte mit den Ecken eines gedachten gleichseitigen Dreieckes (ABC) zusammenfallen, dessen jede Seite senkrecht zur Richtung eines der ebenen Elektronenstrahlenbündel (10, 11, 12) verläuft und mindestens zwei Durchmesser (d) des Gegenstandsquerschnittes lang ist, und daß die Breite (l) jedes ebenen Elektronenstrahlenbündels (10, 11, 12) mindestens gleich der Dreiecksseitenlänge (AB, BC, CA) plus dem Durchmesser (d) des Gegenstandsquerschnittes gewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromdichte (I) in Breitenrichtung jedes ebenen Elektronenstrahlenbündels (10, 11, 12) im Bereich (DE in Fig. 3) des Spalts zwischen den zu bestrahlenden, an der jeweiligen Seite (z. B. AB) des Dreieckes (ABC) befindlichen Gegenständen (13, 14, 15) maximal gewählt wird.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Strahlungsbehandlung von kreiszylindrischen Gegenständen, wie Kunststoffrohren, zwecks Verbesserung von deren Betriebseigenschaften, mit beschleunigten Elektronen.

Es gibt bereits ein Verfahren zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen, bei dem Gegenstände durch zwei entgegengesetzt gerichtete, eindimensional aufgefächerte ebene Strahlenbündel behandelt werden. Jedoch wird durch die beidseitige Bestrahlung der Gegenstände keine für die meisten praktischen Anwendungskräfte erforderliche gleichmäßige Bestrahlung gewährleistet.

Weiterhin ist ein Verfahren zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen bekannt, bei dem Gegenstände in dem Kreuzungsbereich dreier, unter einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander geneigter ebener Elektronenstrahlenbündel angeordnet werden (vgl. z. B. US-PS 27 41 704).

Dieses Verfahren sichert zwar die für die meisten praktischen Anwendungsfälle geforderte gleichmäßige Bestrahlung von kreisrunden Gegenständen, gilt aber als wenig wirksam, wenn die Ausbeute der Bestrahlung nicht durch die Leistung der verwendeten Strahlungsquelle, also des Elektronenbeschleunigers, sondern durch die Zuführgeschwindigkeit der Gegenstände zum Bestrahlungsbereich begrenzt wird, indem sie z. B. von der Ablaufgeschwindigkeit des technologischen Prozesses zur Herstellung der Gegenstände bzw. von der Verschlechterung der Festigkeitswerte der Gegenstände infolge deren Erwärmung bei der Bestrahlung abhängig ist. Z. B. beträgt bei der Herstellung von Kunststoffrohren, bei einer Absorptionsdosis von 200 J/kg, die einen größtmöglichen bzw. günstigen Wert für die Strahlungsmodifikation der meisten

Kunststoffe auf Polyolefingrundlage darstellt, und bei modernen Extrudern mit einer Leistung von 60 bis 90 kg/h die genutzte Leistung des Elektronenstrahlenbündels lediglich 3 bis 5 kW, was um eine Größenordnung niedriger ist als die Leistung der heutigen Elektronenbeschleuniger.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen zu schaffen, das unter Verwendung von modernen Beschleunigern mit einer Strahlenbündelleistung von mehreren 10 kW als Strahlungsquelle die höchstzulässige Stromdichte an der Oberfläche der zu bestrahlenden Gegenstände bei deren begrenzter Zuführgeschwindigkeit zum Bestrahlungsbereich und ohne Verminderung der Beschleunigerleistung sicherstellt.

Ein Verfahren zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen unter Anordnung der Gegenstände im Kreuzungsbereich dreier, unter einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander geneigter ebener Elektronenstrahlenbündel ist zur Lösung dieser Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß in den Kreuzungsbereich drei Gegenstände mit gleichen Querschnittsdurchmessern gleichzeitig eingebracht und derart angeordnet werden, daß ihre Querschnittsmittelpunkte mit den Ecken eines gedachten gleichseitigen Dreieckes zusammenfallen, dessen jede Seite senkrecht zur Richtung eines der ebenen Elektronenstrahlenbündel verläuft und mindestens zwei Durchmesser des Gegenstandsquerschnittes lang ist, und daß die Breite jedes ebenen Elektronenstrahlenbündels mindestens gleich der Dreiecksseitenlänge plus dem Durchmesser des Gegenstandsquerschnittes gewählt wird.

Zur gleichmäßigen Bestrahlung jedes Gegenstandes aus allen drei Richtungen ist es zweckmäßig, daß die Stromdichte in Breitenrichtung jedes ebenen Elektronenstrahlenbündels im Bereich des Spalts zwischen den zu bestrahlenden, an der jeweiligen Seite des Dreieckes befindlichen Gegenständen maximal gewählt wird.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung beispielsweise näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Bestrahlung von kreiszylindrischen Gegenständen mit beschleunigten Elektronen;

Fig. 2 schematisch den Bestrahlungsbereich in größerem Maßstab;

Fig. 3 ein Diagramm für die Elektronenstromdichteverteilung über die Breite des ebenen Elektronenstrahlenbündels.

Die in Fig. 1 abgebildete Vorrichtung umfaßt einen beliebigen, vorzugsweise impulsbetriebenen Elektronenbeschleuniger 1 als Strahlungsquelle, einen Elektronenleiter 2, durch den der Elektronenbeschleuniger 1 mit einem Magnetverteiler 3 zur Verteilung des Elektronenstrahls über drei Kanäle, nämlich einen Mittenkanal 4 und zwei Seitenkanäle 5, verbunden ist. Am Eingang jedes der Kanäle 4 und 5 ist ein Magnetsystem 6 zur Elektronenstrahlaufächerung (ablenkung) vorgesehen. Die Kanäle 4 und 5 enden mit je einem Austrittsfenster 7. In jedem der Seitenkanäle 5 befindet sich darüber hinaus ein Magnetsystem 8 zur Elektronenstrahlenbündel-Umlenkung. Die Austrittsfenster 7 sind in einem Winkel von  $60^\circ$  zueinander angeordnet und bilden dadurch einen Bestrahlungsbereich 9.

In Fig. 2 sind mit Pfeilen die Richtungen dreier, unter einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander geneigter ebener

Elektronenstrahlenbündel 10, 11 und 12 im Bestrahlungsbereich 9 angedeutet. Außerdem sind im Bestrahlungsbereich 9 die Querschnitte von drei Gegenständen 13, 14 und 15 mit einem Durchmesser  $d$  veranschaulicht.

In Fig. 3 ist ein Diagramm der Verteilung der Elektronenstromdichte (Ordinate) über die Breite  $l$  des ebenen Elektronenstrahlenbündels (Abszisse) gezeigt.

Die Vorrichtung hat folgende Wirkungsweise:

Ein Strahl beschleunigter Elektronen gelangt aus dem Beschleuniger 1 (Fig. 1) über den Elektronenleiter 2 in den Magnetverteiler 3, durch den der Strahl abwechselnd in jeden von drei Kanälen 4, 5 geleitet wird. Beim Durchgang des Elektronenstrahls durch den Mittenkanal 4 wird dieser mittels des Magnetsystems 6 eindimensional abgelenkt und aufgefächert und zu einem ebenen Elektronenstrahlenbündel beim Eintritt in die Atmosphäre durch das Fenster 7 aufgefächert.

Während der Elektronenstrahl jeden der Seitenkanäle 5 durchläuft, wird er ebenfalls mittels des Magnetsystems 6 abgelenkt und aufgefächert sowie außerdem mit Hilfe des Magnetsystems 8 umgelenkt, wonach das Elektronenstrahlenbündel durch das Fenster 7 in die Atmosphäre hinausgeführt wird.

Die Magnetsysteme 8 zur Elektronenstrahlenbündel-Umlenkung sorgen dafür, daß die ebenen Elektronenstrahlenbündel 11 und 12 (Fig. 2) die Seitenkanäle 5 (Fig. 1) unter einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander und zum aus dem Mittenkanal 4 (Fig. 1) austretenden ebenen Elektronenstrahlenbündel 10 (Fig. 2) verlassen.

In dieser Weise wird der Bestrahlungsbereich 9 der Vorrichtung durch drei, sich unter einem Winkel von  $120^\circ$  kreuzenden ebenen Elektronenstrahlenbündel gebildet.

Das Verfahren zur Bestrahlung der kreiszylindrischen Gegenstände 13, 14 und 15 (Fig. 2) mit beschleunigten Elektronen besteht in folgendem:

Die drei kreiszylindrischen Gegenstände 13, 14, 15 werden gleichzeitig in den Bestrahlungsbereich 9 eingebracht und dermaßen angeordnet, daß deren

Querschnittsmittelpunkte mit den Ecken eines gedachten gleichseitigen Dreiecks  $ABC$  zusammenfallen, dessen jede Seite  $AB$ ,  $BC$ ,  $CA$  senkrecht zur Richtung eines der Elektronenstrahlenbündel 10, 11, 12 verläuft und eine Länge von mindestens zwei Durchmessern  $d$  des Gegenstandsquerschnittes aufweist. Die Breite  $l$  jedes Elektronenstrahlenbündels 10, 11, 12 wird zumindest gleich der Seitenlänge des Dreiecks  $ABC$  plus dem Durchmesser  $d$  der Gegenstände 13, 14, 15 gewählt. In Fig. 2 ist der Fall  $AB = BC = CA = 2d$  und  $l \approx 3d$  abgebildet. Für eine gleichmäßige Bestrahlung jedes der Gegenstände 13, 14, 15 von drei Seiten her wird die Stromdichte  $I$  (Fig. 3) in Breitenrichtung jedes ebenen Elektronenstrahlenbündels im Bereich  $DE$  erhöht (um etwa 30% im beschriebenen Ausführungsbeispiel), der gegenüber dem Spalt zwischen den Gegenständen 13 und 14 liegt, die sich an der Seite  $AB$  des Dreiecks  $ABC$  befinden, um dadurch eine Verminderung der Bestrahlung in den dem Mittelpunkt des Bestrahlungsbereiches 9 zugewandten Gegenstandssektoren infolge Elektronenstreuung auszugleichen.

Bei der getroffenen Anordnung der Gegenstände 13, 14, 15 im Kreuzungsbereich der drei ebenen Elektronenstrahlenbündel 10, 11, 12 (im Bestrahlungsbereich 9) vermindert sich etwa um das Dreifache die Bestrahlungsdosisleistung wegen Herabsetzung der Stromdichte an der Oberfläche der zu bestrahlenden Gegenstände 13, 14, 15. Dadurch wird erreicht, daß die Gegenstände 13, 14, 15 dem Bestrahlungsbereich 9 mit begrenzter Geschwindigkeit zugeführt werden. Weiter besteht die Möglichkeit, Elektronenbeschleuniger mit dreimal so hoher Leistung einzusetzen, so daß die Produktionsleistung einer auf Grundlage eines solchen Beschleunigers entwickelten Bestrahlungsanlage verbessert und die Fertigungskosten der Gegenstände herabgesetzt werden können, da die Kosten des Beschleunigers nicht linear mit der Elektronenstrahlenbündelleistung anwachsen.

