

(19)



(11)

EP 2 592 060 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.05.2013 Patentblatt 2013/20

(51) Int Cl.:
C06C 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12006902.6**

(22) Anmeldetag: **05.10.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **21.10.2011 DE 102011116594**

(71) Anmelder: **Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG
88662 Überlingen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hahma, Arno, Dr.
91239 Henfenfeld (DE)**
• **Welte, Matthias Michael
88662 Überlingen (DE)**
• **Pham, Oliver
91207 Lauf (DE)**

(74) Vertreter: **Diehl Patentabteilung
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstrasse 49
90478 Nürnberg (DE)**

(54) **Verwendung von Zirkonium oder eines Zirkonium enthaltenden Gemischs**

(57) Die Erfindung betrifft die Verwendung von Zirkonium oder eines Zirkonium und Aluminium umfassenden Gemischs als Brennstoff in einem pyrotechnischen Leuchtsatz.

EP 2 592 060 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine neue Verwendung von Zirkonium oder eines Gemischs aus Zirkonium und Aluminium.

[0002] Aus der DE 22 44 870 ist es bekannt, dass eine pyrotechnische Zündmischung Zirkonium in Verbindung mit einem Oxidationsmittel, wie ein Chlorat oder Perchlorat, enthalten kann.

[0003] Aus der DE 10 2009 041 366 ist ein Flugkörper mit einem pyrotechnischen Satz mit einem Metall oder einer Metalllegierung als Brennstoff und einem Metalloxid als Oxidationsmittel bekannt. Der pyrotechnische Satz zeichnet sich dabei durch eine verhältnismäßig hohe Dichte aus. Das Metall oder die Metalllegierung kann Zirkonium umfassen. Der Flugkörper kann als im Flug durch Abbrand des pyrotechnischen Satzes IR-Strahlung emittierendes Scheinziel ausgebildet sein.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine alternative Verwendung für Zirkonium anzugeben.

[0005] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 9.

[0006] Erfindungsgemäß ist die Verwendung von Zirkonium oder eines Zirkonium und Aluminium umfassenden Gemischs als Brennstoff in einem pyrotechnischen Leuchtsatz vorgesehen. Vorzugsweise ist die Verwendung von Zirkonium oder eines Zirkonium und Aluminium umfassenden Gemischs als Brennstoff in einem pyrotechnischen Leuchtpursatz vorgesehen. Alternativ kann auch eine Verwendung in einer Leuchtfackel oder in einer Signalarakete vorgesehen sein.

[0007] Die in der nachfolgenden Beschreibung gemachten Aussagen über Leuchtpursätze gelten auch für andere Leuchtsätze. In bisherigen Leuchtpursätzen, wie sie beispielsweise aus der DE 202 12 042 U1 bekannt sind, dient Magnesium als Brennstoff und Lichterzeugungsmittel, da Magnesium beim Abbrand eine sehr hohe Lichtstärke aufweist. Ein großes Problem ist dabei, dass Magnesium mit durch Luftfeuchtigkeit mit dem Magnesium in Kontakt kommendem Wasser reagiert und dabei Wasserstoff freisetzt. Dadurch ist die Lagerfähigkeit von Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen verhältnismäßig gering. Nach einigen Jahren ist eine zuverlässige Funktion nicht mehr gewährleistet. Vorzugsweise enthält der Leuchtpursatz kein Magnesium. Dadurch können die mit Magnesium einhergehenden Nachteile vollständig vermieden werden.

[0008] In der Feuerwerkstechnik wird teilweise Aluminium für Leuchtsätze eingesetzt. Die Lichtstärke von Aluminium enthaltenden Leuchtsätzen ist jedoch zu gering, um eine gut sichtbare Leuchtspur zu erzeugen.

[0009] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben erkannt, dass Zirkonium zur Verwendung in Leuchtsätzen, insbesondere in Leuchtpursätzen, sehr gut geeignet ist, obwohl Zirkonium enthaltende Leuchtpursätze bezogen auf deren Gewicht eine geringere spezifische Lichtstärke aufweisen als Magnesium enthaltende Leuchtpursätze. Die Erfinder haben jedoch weiterhin erkannt, dass die geringere spezifische Lichtstärke durch das Erzeugen eines größeren Gasvolumens und damit einer größeren Flamme ausgeglichen wird, so dass die strahlende Fläche größer ist als bei Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen. Pro Volumeneinheit gerechnet ist dieser Unterschied geringer, da Zirkonium-Sätze um ca. 30% dichter als Magnesium-Sätze sind.

[0010] Zirkonium und Zirkonium und Aluminium, ggf. mit einem Stabilisator für Aluminium, enthaltende Leuchtpursätze sind extrem lange lagerbar, ohne dabei ihre Zuverlässigkeit als Leuchtpursatz zu verlieren. Bei der Lagerung erfolgt zumindest keine wesentliche Reaktion mit in Luft enthaltenem Wasser und zumindest keine wesentliche Entstehung von Wasserstoff. Bei dem Stabilisator für Aluminium kann es sich um Borsäure, ein Dichromat, z. B. Kaliumdichromat oder Ammoniumdichromat, Kaliumantimonat oder einen Kunststoff oder Fett zur Beschichtung von Aluminiumpartikeln oder einen sonstigen bekannten Stabilisator für Aluminium handeln. Das Zirkonium, das Aluminium und/oder das Oxidationsmittel können jeweils in Form eines Pulvers oder eines Granulats vorliegen.

[0011] Beim Abbrand zeigen die Zirkonium- oder die ein Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Sätze eine höhere Farbsättigung als Magnesium als Brennstoff und Lichterzeugungsmittel enthaltende Leuchtpursätze. Mit Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen ist eine Farbsättigung von bis zu etwa 85% möglich während die Zirkonium oder das Gemisch enthaltenden Leuchtpursätze üblicherweise eine Farbsättigung von 90% bis 95% aufweisen.

[0012] Darüber hinaus ist die Oberfläche von Zirkonium- und Aluminiumpulver so beschaffen, dass diese Pulver sehr gut rieselfähig sind. Dadurch ist die Mischbarkeit und die Dosierbarkeit beim Herstellen der Zirkonium- oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursätze besser als beim Herstellen von Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen. Ein weiterer Vorteil gegenüber den Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen ist, dass die Zirkonium oder Zirkonium und Aluminium enthaltenden Leuchtpursätze sicherer zu handhaben sind, weil deren mechanische Empfindlichkeit geringer ist.

[0013] Die Anzündbarkeit des Zirkonium oder ein Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursatzes ist wesentlich besser als die Anzündbarkeit eines Magnesium enthaltenden Leuchtpursatzes. Zur Zündung wird zwischen einem Anfeuerungssatz und dem Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursatz kein Zwischensatz benötigt, wie dies üblicherweise bei einem Magnesium enthaltenden Leuchtpursatz erforderlich ist. Weiterhin hat es sich gezeigt, dass der Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltende Leuchtpursatz noch nicht einmal einen Anfeuerungssatz zur Zündung benötigt, wenn beispielsweise als Oxidationsmittel ein Peroxid vorge-

sehen ist. Bei einer besonders vorteilhaften Verwendung wird der Leuchtpursatz daher ohne einen Zwischensatz und insbesondere auch ohne einen Anfeuerungssatz gezündet. Darüber hinaus hat es sich gezeigt, dass der Abbrand der Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursätze besonders gleichmäßig erfolgt, während Magnesium enthaltenden Leuchtpursätze immer pulsierend brennen und dabei große Lichtstärkeschwankungen aufweisen.

[0014] Der Leuchtpursatz kann in eine Leuchtpurkapsel eingebracht sein. Die Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch aufweisenden Leuchtpursätze können eine höhere Dichte aufweisen als entsprechende Magnesium enthaltende Leuchtpursätze. In einem vorgegebenen Volumen, beispielsweise in der Leuchtpurkapsel, kann dadurch eine größere Masse des Leuchtpursatzes untergebracht werden. Das Zirkonium oder das Zirkonium und Aluminium umfassende Gemisch bilden vorzugsweise mehr als 50, insbesondere mehr als 75, insbesondere mehr als 85, insbesondere mehr als 90, insbesondere 100, Gewichtsprozent des in dem Leuchtpursatz enthaltenden Brennstoffs.

[0015] Der Leuchtpursatz kann ein Oxidationsmittel und ein Bindemittel enthalten. Das Oxidationsmittel kann ein Perchlorat, ein Nitrat, ein Peroxid, ein Nitrit, ein Chlorat, ein Sulfat oder ein Sauerstoffatome enthaltender organischer Stoff sein. Durch die Wahl eines Oxidationsmittels in dem Leuchtpursatz lässt sich die Abbrandrate variieren. Bei den bisher bekannten Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen ist es dazu erforderlich, auch die Korngröße des Magnesiumpulvers zu variieren. Dadurch kann es zu Schwierigkeiten bezüglich der Anzündbarkeit bei grobkörnigem Magnesiumpulver und zu Schwierigkeiten bei der Handhabbarkeit wegen zu großer Empfindlichkeit bei feinkörnigem Magnesiumpulver kommen. Bei den Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursätzen kann die Abbrandrate ohne Änderung einer Korngröße des Zirkonium- und ggf. Aluminiumpulvers variiert werden.

[0016] Darüber hinaus hat es sich gezeigt, dass der minimal in einem Leuchtpursatz funktionierende Korndurchmesser bei Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursätzen geringer ist als bei Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen. Dadurch können sehr feinkörnige Metallpulver eingesetzt werden und es ist möglich, kleinere Leuchtpurkapseln zu realisieren als mit den Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen. Selbst beim Einsatz sehr feinkörnigen Zirkonium- und ggf. Aluminiumpulvers sind die Leuchtsätze noch sicher handhabbar, d. h. ausreichend unempfindlich und auch nicht zu schnell brennend. Dadurch ist es möglich, Leuchtpursysteme zu miniaturisieren.

[0017] Bei dem Bindemittel kann es sich um ein Epoxidharz, Dextrin, Kalziumresinat, Zinkstearat, Magnesiumstearat, Chlorparaffin, ein Polyvinylchlorid (PVC), ein Polyvinylidenchlorid (PVDC), Chlorkautschuk, ein Polyesterharz, ein Acrylkunststoff, ein Akaroidharz oder ein Phenolharz handeln. Durch die Wahl des Bindemittels können beispielsweise die Lichtstärke des beim Abbrand freigesetzten Lichts und die Abbrandrate eingestellt werden. So kann beispielsweise durch Phenolharz eine hohe Abbrandrate und durch Epoxidharz eine um etwa 20% reduzierte Abbrandrate eingestellt werden.

[0018] Das von den Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursätzen freigesetzte Licht weist eine große Helligkeit auf und entspricht mit einer Farbsättigung von bis zu 95% nahezu monochromatischem Licht. Die mit den Leuchtpursätzen erreichbaren Lichtstärken weisen nahezu dieselbe Größe auf wie die mit Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen erreichbaren Lichtstärken. Damit sind die Zirkonium und ggf. Aluminium enthaltenden Leuchtpursätze auch für einen Einsatz in Signalaraketen und Leuchtpatronen geeignet.

[0019] Magnesium enthaltende Leuchtpursätze zeigen, wenn sie in einer Leuchtpurkapsel eingepresst sind, beim Abbrand nur noch ungefähr ein Drittel ihrer tatsächlichen Leistung, während die Zirkonium oder das Zirkonium-Aluminium-Gemisch enthaltenden Leuchtpursätze nach dem Einpressen in eine Leuchtpurkapsel noch ca. 70% ihrer tatsächlichen Leistung zeigen. Dies liegt vermutlich zum einen daran, dass der thermische Verlust an das Gehäuse der Leuchtpurkapsel bei den Zirkonium oder das Gemisch enthaltenden Leuchtpursätzen geringer ist als bei den Magnesium enthaltenden Leuchtpursätzen. Weiterhin wird durch die größere Flamme die beim Abbrand der Zirkonium oder das Gemisch enthaltenden Leuchtpursätze entsteht, ein geringerer Anteil der Flamme durch das Gehäuse der Leuchtpurkapsel abgeschirmt. Dadurch weisen die Zirkonium oder das Gemisch enthaltenden Leuchtpursätze beim Abbrand in einer Leuchtpurkapsel nahezu dieselbe Helligkeit auf wie Magnesium enthaltende Leuchtpursätze, obwohl deren auf das Gewicht bezogene spezifische Lichtstärke geringer ist.

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0021] Aus sämtlichen der im Folgenden angegebenen Zusammensetzungen wurden jeweils 10 g schwere Leuchtpursätze hergestellt. Dazu wurden die trockenen Komponenten in ein kugelförmiges 250 ml-Mischgefäß aus leitfähigem Kunststoff eingewogen, 5 Gummiwürfel mit einer Kantenlänge von 1 cm dazugegeben und das Gefäß in einem Taumelmischer 1 Stunde lang gemischt. Danach wurde dem Gemisch das jeweils genannte Bindemittel sowie genug Lösemittel zugesetzt, um daraus einen dickflüssigen Teig kneten zu können. Der Teig wurde händisch bis zur Homogenität geknetet. Anschließend wurde solange weitergeknetet, bis das Lösemittel abgedampft war und der Teig brüchig wurde und ein Granulat ergab. Das Granulat wurde im Trockenschrank 1 bis 2 Stunden bei 50°C getrocknet bis es frei von Lösemittel war. Das erhaltene Granulat wurde bei 6,7 kbar Druck in jeweils eine 5 mm Innendurchmesser und einen Innenlänge von 16 mm aufweisende Stahlhülse oder zu einer Tablette gepresst. Darauf wurden jeweils 100 mg Anfeuerungssatz gepresst. Einschließlich des Anfeuerungssatzes betrug die Gesamtsatzhöhe in der Stahlhülse 15 mm. Die

so erhaltenen Leuchtspurhülsen wurden unter 200 Hz Drill, d. h. 200 Umdrehungen pro Sekunde, gezündet und die Lichtstärke, Farbsättigung und die farbtongleiche Wellenlänge mittels eines Spektrometers (JAZ-ULM der Firma Ocean Optics Inc.) bestimmt. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

[0022] Beispiel 1: Magnesium enthaltender Standard-Leuchtspursatz gemäß Alexander P. Hardt, Pyrotechnics, Pyrotechnica Publications, Post Falls, Idaho, USA, 2001, Seite 317, ISBN 0-929388-06-2:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Magnesiumpulver	Ecka LNR 61	28,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	55,0
PVC	Solvin PA806	17,0

[0023] Beispiel 2: Magnesium enthaltender Leuchtspursatz, auf maximale Farbsättigung optimiert:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Magnesiumpulver	Ecka LNR 61	28,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	49,0
PVC	Solvin PA806	22,0

[0024] Beispiel 3: Magnesium enthaltender Leuchtspursatz, auf maximale Lichtstärke optimiert:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Magnesiumpulver	Ecka LNR 61	34,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	52,0
PVC	Solvin PA806	14,0

[0025] Beispiel 4: Magnesium enthaltender Leuchtspursatz, auf maximale Farbsättigung und langsameren Abbrand optimiert:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Magnesium	PF 05/97	20,0
Magnesium	Ecka LNR 61	6,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	50,0
PVDC	Solvin PA806 fein	14,0
Epoxidharz	Delo Monopox AD 066	10,0

[0026] Beispiel 5: Leuchtspursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium, auf maximale Lichtstärke mittels eines Bindemittels optimiert:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	44,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	45,0
PVDC	Solvin PA806	8,0
Polychloropren	Macroplast	3,0

[0027] Beispiel 6: Leuchtspursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels optimiert:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Svenska kemi <80 µm	39,0

(fortgesetzt)

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Strontiumnitrat	fein gemahlen	46,0
PVDC	Solvin PA806	11,0
Phenolharz	Durez 33005	4,0

[0028] Beispiel 7: Leuchtspursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium und Aluminium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels optimiert:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	19,0
Aluminium	Ecka Pyro TL III	10,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	52,0
PVDC	Solvin PA806	14,0
Epoxidharz	Delo-Monopox AD066	5,0

[0029] Beispiel 8: Leuchtspursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium und Aluminium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels optimiert. Dieser Leuchtspursatz repräsentiert die am schnellsten abbrennende Variante der vier gleichartigen Leuchtspursätze gemäß der Beispiele 8 bis 11:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	17,2
Aluminium	Ecka Pyro TL III	10,1
Strontiumnitrat	fein gemahlen	48,5
PVDC	Solvin PA806	9,1
PVC	Solvin S374MB fein	3,0
Ammoniumperchlorat	natriumfrei	5,1
Epoxidharz	Delo-Monopox AD066	7,0

[0030] Beispiel 9: Leuchtspursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium und Aluminium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels optimiert. Dieser Leuchtspursatz repräsentiert die am zweitschnellsten abbrennende Variante der vier gleichartigen Leuchtspursätze gemäß der Beispiele 8 bis 11:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	17,0
Aluminium	Ecka Pyro TL III	10,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	49,0
PVDC	Solvin PA806	6,0
PVC	Solvin S374MB fein	6,0
Ammoniumperchlorat	natriumfrei	5,0
Epoxidharz	Delo-Monopox AD066	7,0

[0031] Beispiel 10: Leuchtspursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium und Aluminium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels optimiert. Dieser Leuchtspursatz repräsentiert die am zweitlangsamsten abbrennende Variante der vier gleichartigen Leuchtspursätze gemäß der Beispiele 8 bis 11:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	16,2
Aluminium	Ecka Pyro TL III	10,1

(fortgesetzt)

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Strontiumnitrat	fein gemahlen	49,5
PVDC	Solvin PA806	3,0
PVC	Solvin S374MB fein	9,1
Ammoniumperchlorat	natriumfrei	5,1
Epoxidharz	Delo-Monopox AD066	7,0

[0032] Beispiel 11: Leuchtpursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium und Aluminium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels optimiert. Dieser Leuchtpursatz repräsentiert die am langsamsten abbrennende Variante der vier gleichartigen Leuchtpursätze gemäß der Beispiele 8 bis 11:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	14,0
Aluminium	Ecka Pyro TL III	10,0
Strontiumnitrat	fein gemahlen	51,0
PVC	Solvin S374MB fein	13,0
Ammoniumperchlorat	natriumfrei	5,0
Epoxidharz	Delo-Monopox AD066	7,0

[0033] Die Beispiele 8 bis 11 zeigen, dass die Abbrandrate nur mittels des Chlordonors, hier insbesondere durch das Mengenverhältnis von PVDC zu PVC, eingestellt werden kann.

[0034] Beispiel 12: Leuchtpursatz gemäß der erfindungsgemäßen Verwendung auf Basis von Zirkonium und Aluminium, auf maximale Farbsättigung mittels eines Bindemittels und Strontiumperoxid als Oxidator optimiert. Dieses Beispiel zeigt, dass ein Peroxid als Oxidator eingesetzt werden kann und der Leuchtpursatz dadurch als einstufiger Leuchtpursatz funktioniert, d. h. zur Zündung keinen Anfeuerungssatz benötigt:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent
Zirkonium	Chemetall Typ GH	14,0
Strontiumperoxid	Sigma-Aldrich 415200	51,0
PVC	Solvin S374MB	13,0
Epoxidharz	Delo-Monopox AD066	7,0

[0035] Die spezifischen Leistungsdaten und thermodynamischen Kenndaten sind in den Tabellen 1 und 2 angegeben. Es ist zu beachten, dass die Umgebung beim Abbrand von aus den Leuchtpursätzen gepressten Tabletten sehr stark die Lichtstärke beeinflussen kann. So haben die bekannten Magnesium enthaltenden Leuchtpursätze als freie Tablette die drei- bis vierfache Leistung gegenüber demselben Leuchtpursatz in einer Leuchtpurhülle. Auch der Drall (200 Hz) reduziert die Lichtstärke. In den Tabellen sind die Messbedingungen jeweils in der letzten Spalte angegeben. Bei dem Zukaufteil handelte es sich um eine als Referenz dienende gewerblich erhältliche magnesiumbasierte Leuchtpurhülle in der gleichen Größe wie die anderen Leuchtpurhüllen.

[0036] Die verwendeten Optimierungskriterien sind:

1. Literatursatz als Referenz
2. $([\text{SrCl}]+[\text{SrOH}])$ maximiert (Totalfarbgeber)
3. $([\text{SrCl}]+[\text{SrOH}])/[\text{Feststoffe}]$ maximiert (Totalverhältnis)
4. Temperatur maximiert
5. $([\text{SrCl}])$ maximiert (Hauptfarbgeber)

6. $([\text{SrCl}]/[\text{Feststoffe}])$ maximiert (Hauptverhältnis)

7. $([\text{SrCl}]/[\text{Feststoffe}]+[\text{SrCl}])$ maximiert (Mischverhältnis) (dabei wurde der Zahlenwert von $[\text{SrCl}]/[\text{Feststoffe}]$ mit einem solchen Faktor multipliziert, dass dieser Zahlenwert dieselbe Größenordnung wie der Zahlenwert für $[\text{SrCl}]$ aufweist)

Tabelle 1: Spezifische Lichtstärken der Leuchtspursätze.

Leuchtspursatz	Lichtstärke [(cd s)/(g sr)]	Farbsättigung [%]	Farbtongleiche Wellenlänge [nm]	Abbrandzeit in einer LS-Hülse [s]	Optimierungskriterium	Anmerkungen
Zukaufteil	11500	84,4	586	5,1	1	in der Hülse ohne Drall
Zukaufteil	9890	82,5	606	5,2	1	in der Hülse mit Drall
Beispiel 1	33600	81,2	613		1	freie Tablette
Beispiel 2	31500	87,8	616		6	freie Tablette
Beispiel 3	38800	74,5	613		2	freie Tablette
Beispiel 4	23100	87,8	616		6,7	freie Tablette
Beispiel 4	6190	87,3	621	6,8	6,7	in der Hülse ohne Drall
Beispiel 4	5160	87,3	621	6,3	6,7	in der Hülse mit Drall
Beispiel 5	17380	82,3	615		5	freie Tablette
Beispiel 5	15810	85,5	613	2,5	5	in der Hülse ohne Drall
Beispiel 5	12420	85,9	614	2,5	5	in der Hülse mit Drall
Beispiel 6	2130	90,3	618	3,1	5	in der Hülse mit Drall
Beispiel 7	3450	93,2	625	5,4	2,5,6,7	in der Hülse mit Drall
Beispiel 8	3290	94,1	626	4,8	5	in der Hülse mit Drall
Beispiel 9	3580	94,3	625	5,4	5	in der Hülse mit Drall
Beispiel 10	3850	94,4	625	6,8	5	in der Hülse mit Drall
Beispiel 11	2720	92,3	626	10,6	5	in der Hülse mit Drall
Beispiel 12	2030	92,4	610	2,7	5	in der Hülse mit Drall

Tabelle 2: Theoretische thermodynamische Eigenschaften der Leuchtspursätze.
Alle thermodynamischen Werte sind für 1 bar Druck berechnet.

Leuchtspursatz	$T_{\text{adiab}}/\text{K}$	$[\text{SrCl(g)}]/(\text{mol/kg})$	$[\text{SrOH(g)}]/(\text{mol/kg})$	$[\text{SrCl(g)}+\text{SrOH(g)}]/(\text{mol/kg})$	$[\text{Feststoffe}]/(\text{mol/kg})$	$[\text{SrCl(g)}]: [\text{Feststoffe}]$	$[\text{SrOH(g)}+\text{SrCl(g)}]: [\text{Feststoffe}]$
Beispiel 1	2920	0,4292	0,1918	0,621	7,579	0,05663	0,08194
Beispiel 2	2470	0,5013	0,0250	0,5263	6,677	0,07510	0,07880
Beispiel 3	2930	0,4539	0,1862	0,6401	8,32	0,05456	0,07694
Beispiel 4	2300	0,3884	0,0079	0,3963	6,782	0,05730	0,05843
Beispiel 5	3170	0,6769	0,02241	0,6993	4,447	0,1522	0,1573
Beispiel 6	3310	0,7011	0,02230	0,7234	4,202	0,1668	0,1722
Beispiel 7	3120	0,7382	0,08432	0,8225	3,687	0,2003	0,2231
Beispiel 8	3020	0,6718	0,08303	0,7548	3,572	0,1881	0,2113
Beispiel 9	2970	0,6769	0,08053	0,7574	3,547	0,1908	0,2135
Beispiel 10	2950	0,6824	0,07622	0,7586	3,447	0,1980	0,2201
Beispiel 11	2870	0,6833	0,09650	0,7798	3,300	0,2071	0,2363
Beispiel 12	2310	0,5541	0,004142	0,5582	5,920	0,09360	0,09430

Patentansprüche

1. Verwendung von Zirkonium oder eines Zirkonium und Aluminium umfassenden Gemischs als Brennstoff in einem pyrotechnischen Leuchtsatz.
2. Verwendung nach Anspruch 1, wobei der Leuchtsatz kein Magnesium enthält.
3. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Zirkonium oder das Gemisch mehr als 50, insbesondere mehr als 75, insbesondere mehr als 85, insbesondere mehr als 90, insbesondere 100, Gewichtsprozent des insgesamt in dem Leuchtsatz enthaltenen Brennstoffs bildet.
4. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Leuchtsatz ein Oxidationsmittel und ein Bindemittel enthält.

5. Verwendung nach Anspruch 4,
wobei das Oxidationsmittel ein Perchlorat, ein Nitrat, ein Peroxid, ein Nitrit, ein Chlorat, ein Sulfat oder ein Sauerstoffatome enthaltender organischer Stoff ist.

- 5 6. Verwendung nach Anspruch 4 oder 5,
wobei das Bindemittel ein Epoxidharz, Dextrin, Kalziumresinat, Zinkstearat, Magnesiumstearat, ein Chlorparaffin, ein Polyvinylchlorid (PVC), ein Polyvinylidenchlorid (PVDC), ein Chlorkautschuk, ein Polyesterharz, ein Acrylkunststoff, Akaroidharz, ein Polyurethan, ein Polyvinylbutyral, ein Polyvinylalkohol, ein Polyvinylacetat oder ein Phenolharz ist.

- 10 7. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Leuchtsatz ein Leuchtspursatz ist und der Leuchtspursatz in eine Leuchtspurkapsel eingebracht ist.

- 15 8. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Leuchtsatz ohne einen Zwischensatz und insbesondere auch ohne einen Anfeuerungssatz gezündet wird.

- 20 9. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Zirkonium, das Aluminium und/oder das Oxidationsmittel jeweils in Form eines Pulvers oder eines Granulats vorliegt.

25

30

35

40

45

50

55

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2244870 [0002]
- DE 102009041366 [0003]
- DE 20212042 U1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Magnesium enthaltender Standard-Leuchtpursatz gemäß. **ALEXANDER P. HARDT**. Pyrotechnics. Pyrotechnica Publications, 2001, 317 [0022]