

*Space Engineering*

- das Zahnprofil des Zahnkranz (10) auf der Grundlage einer Hüllkurve konstruiert ist, die am nächsten dem Zentrum des Zahnkranz(10) liegt, und die übereinander gelegt gegeneinander um dieselbe Phase verschoben sind, wie an den Zahnrad (5a, 5b).

Zum Schluss sei es betont, dass dieser Artikel nützlich für weitere Erforschung in diesem Wissenschaftsbereich sein kann. Es sind folgende Schlussfolgerungen zu ziehen: heutzutage empfindet heimatische Maschinenbaurecht hohe Anforderungen hinsichtlich der Konkurrenz der ausländischen Produktion. Neuentwicklung unserer Produktion- und Herstellungsprozesse in der Verbindung mit den produktiven, qualitativen ausländischen Technologien kann inwettbewerbsfähige Produkte umgewandelt werden. Anwendung der Cyclogetriebe in Konstruktion des Raumfahrzeugs kann das Problem schneller Reparatur und einer großen Menge der Details in mechanischen Übertragungseinrichtungen und Getrieben lösen.

## LITERATURQUELLE

1. Bausch T.: Zahnradfertigung. Grafenau/Württemberg: Expert-Verlag 1986.
2. Peecken H., Troeder C.: Elastische Kupplungen. Berlin: Springer 1986.
3. Patent US 5145468 A US 07/637,784 P. Nagabhusan. Anmeldetag 07.01.1991; Bekanntmachungstag 08.09.1992.
4. Naunheimer H., Bertsche B., Lechner G.: Fahrzeuggetriebe, Berlin: Springer 2007.
5. Müller H. W.: Einheitliche Berechnung von Planetenradgetrieben. Antriebstechnik 15 (1976).

**SELTENE METALLE IN DER RAUMFAHRTTECHNIK**

Darya Warkentin

Wissenschaftliche Betreuerin: M.V. Plekhanova, Doktor der Pädagogik, Dozentin

Universität Nationale Polytechnische Forschungsuniversität Tomsk

Russische Föderation, Tomsk, Lenina Strasse, 30, 634050

E-mail: [dvv13@tpu.ru](mailto:dvv13@tpu.ru)**РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ**

Варкентин Дарья

Научный руководитель: М. В. Плеханова, доцент, к.п.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, Томск, проспект Ленина, 30, 634050

E-mail: [dvv13@tpu.ru](mailto:dvv13@tpu.ru)

*Im vorliegenden Artikel wird die Verwendung von seltenen Metallen in der Raumfahrttechnik betrachtet. Der Artikel beschreibt auch die Klassifizierung von seltenen Metallen, die unikalen Eigenschaften jeder Gruppe und deren Funktion bei der Konstruktion von kosmischen Geräten.*

*В данной статье рассматривается применение редких металлов в космической технологии. Также в статье описана классификация редких металлов, уникальные свойства и место каждой группы элементов в конструировании космических аппаратов.*

Die Erschließung des Weltraums ist heute eine der globalen Aufgaben. Jedes Land zielt seine wissenschaftlichen Forschungen und Erfindungen auf das Gebiet der Weltraumtechnologie ab. Die letzten 50 Jahre führt man Forschungen von Beschaffenheiten von seltenen Metallen aktiv durch, weil es sehr schwierig ist, den Maschinenbau ohne Einsatz von diesen Elemente vorzustellen. Die Tabelle 1 stellt die allgemeine Klassifikation von seltenen Elementen dar.

Tabelle 1. Allgemeine Klassifikation der seltenen Elemente

№	Gruppe des Periodensystems	Element	Technologische Klassifizierung
1	I II	Li, Rb, Cs Be	Leichtmetalle
2	IV V IV	Ti, Zr, Hf V, Nb, Ta Mo, W	Refraktärmetalle
3	III	Sc, Y, La und Lanthaniden	Seltenerdelemente
4	I II III  VI VII	Fr Ra Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm u.a. (Aktinoiden) Po Tc	Radioaktive Metalle
5	III IV VI VII	Ga, In, Tl Ge, Hf Se, Te Re Tc	Spurenelemente
6	VIII	Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt Edelgase	Edelementen

Lassen Sie uns jede Gruppe einzeln betrachten.

a) Zur ersten Gruppe gehören die *Leichtmetalle*. Hier sind zwei wichtige Elemente zu erwähnen: Lithium und Beryllium. Beispielsweise, Keramik auf der Grund von Lithium hat eine bessere Wärmestofffestigkeit und Hitzebeständigkeit. Deswegen wird dieses Material für die Beschichtung von Verbrennungskammern und Raketenmotordüsen und gleichzeitig als metallischen Brennstoff auf Lithiumgrund eingesetzt. Bei der Verbrennung von Brennstoffen wird die Wärme mit der Zugabe von etwa 60 Prozent des Lithiums 4,5-mal mehr als bei der Kerosin-Verbrennung entwickelt. Die Al-Mg-Li-Legierung wird auch für die Herstellung von Flugzeugstrukturen eingesetzt [1].

Was Beryllium angeht, so wird es heute oft bei der Herstellung von Wärmeabschirmungen und Lenksystemen der Raumfahrzeuge verwendet. Baumaterialien auf Beryllium basis verfügen über folgende Eigenschaften: Leichtigkeit, Festigkeit, Beständigkeit gegen hohe Temperaturen. Berylliumlegierungen sind 1,5-mal leichter als Aluminiumlegierungen, aber viel stärker als Spezialstähle. Heute werden Beryllide als Strukturmaterialien für Motoren, Raketen- und Flugzeuggehäuse verwendet. Ein Berylliumhydrid kann als Treibmittel benutzt werden [2].

b) *Refraktärmetalle* fanden die breiteste Anwendung in der Raumfahrttechnik. Im Allgemeinen werden sie als Dotierungsmittel für Stähle verwendet. Dies erhöht und verbessert solche Eigenschaften wie Wärmebeständigkeit, Dichte, Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit, Abriebfestigkeit und andere.

Titanlegierungen ist ein wichtiges Strukturmaterial in der Rakete. Titanaluminid ist sehr oxidations- und hitzebeständig. Dies bestimmt seine Verwendung als Baumaterial in Flugzeugen. Hafniumcarbid ist eine der feuerfesten Verbindungen (t. Pl. 3960 ° C), deshalb ist es für die Herstellung von Düsen von Weltraumraketen und einigen Strukturelementen von Gasphasen-Kernstrahltriebwerken eingesetzt. Die Zugabe von Hafnium zu Tantal erhöht in der Luft stark den Oxidationswiderstand aufgrund der Bildung einer dichten, hitzebeständigen Oxidschicht. Diese Eigenschaften ermöglichen sehr wichtige Legierungen für Raketentechnologie (Düsen,

Gasruder) zu schaffen. Eine der besten Hafnium- und Tantallegierungen für Raketendüsen enthält bis zu 20 % Hafnium.

Vom reinen Niob oder seinen Legierungen werden Flugzeugteile hergestellt.

Beryllid Tantal ist extrem standfest und in der Luft bis 1650 ° C zu Oxidation beständig. Dies erklärt seine Verwendung in der Luft- und Raumfahrtindustrie.

Eine Mischung von Wolfram und Tantal-Carbid - Tantalcarbid (Schmelzpunkt 3880° C) hat eine sehr hohe Härte und wird bei der Herstellung von Hartmetallen verwendet. Mit diesen Carbiden werden die Raketendüsen und die Brenndüsen bedeckt.

Molybdän wird in Stahllegierungen als Bestandteil von hitze- und korrosionsbeständigen Legierungen benutzt.

Die Wolframlegierungen verbessern Wärmebeständigkeit, Säurebeständigkeit, Härte. Davon sind die wichtigsten Motorteile von Weltraumraketen hergestellt [3].

c) Es wird weiter die dritte Gruppe *-seltene Elemente -* betrachtet. Die Scandiumlegierungen erhöhen die Zuverlässigkeit von Raketen. Das trägt dazu bei, dass die Kosten für ihre Produktion sinken. Zum Beispiel, hat Beryllid Scandium (1 Scandium-Atom und 13 Beryllium-Atome) höhere Dichte, Festigkeit und Schmelzpunkt. Es ist wahrscheinlich das beste Material für den Bau von Raumfahrttechnik. Die intermetallischen Verbindungen von Scandium und Rhenium besitzen einzigartige Wärmebeständigkeit, hohe Dichte.

Mischkristalle des Thoriumdioxides von Yttriumoxid (Yttralox) werden zur Herstellung von infraroten "Fenster" von Spezialgeräten und Raketen verwendet. Dieses Material hat hohe Transparenz für sichtbare und infrarote Strahlung. Yttrium und einige von seinen Legierungen reagieren mit geschmolzenen Uran und Thorium nicht. Dies ermöglicht seinen Einsatz in der Gasphase von Raketenkernantrieb. Beryllid Yttrium ist eines der besten Strukturmaterialien für die Raumfahrt wegen seiner hohen Schmelztemperatur.

Samarium-Kobalt-Magnete haben in der Luft- und Raumfahrt eine breite Anwendung gefunden. Die thermische Stabilität von Lanthanoiden bei 400-500° C wird zur Herstellung von keramischen Vielschichtkondensatoren verwendet, die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden.

d) Zu der vierten Gruppe gehören *die radioaktiven Elemente*. Sie werden als Radioisotopenenergieträger, als Treibstoff für Raketenmotoren verwendet. Im Prozess vom natürlichen Zerfall der radioaktiven Isotope wird eine riesige Energiemenge freigesetzt, die bei der Erwärmung von Antriebsmitteln (Wasserstoff, Helium) in Reaktivmotoren benutzt wird. Hier unterscheidet man folgende Isotope: U-232, Isotope von schweren Transuranen, Pu-238, Cm-242, Cm-244, Cm-245, Cf-248, Cf-249, Cf-250, Es-254, Fm-257 und eine Reihe von leichteren Isotopen wie Po-208, Po-209, Ac-227. Wegen der Möglichkeit vom Dauereinsatz solcher Motoren sind sie in Satelliten, interplanetaren Stationen und anderen leichten Flugapparaten eingesetzt [4].

e) Eine weitere Gruppe bilden *Spurenelemente*. Sie kommen in der Raumfahrttechnik wegen seines geringen Gehalts in der Natur selten vor. Im Allgemeinen werden sie als Dotierungsmittel in den Legierungen verwendet.

Rhenium wird meist nicht elementar, sondern als Beimischung in einer Vielzahl von Legierungen, verwendet. Etwa 70 % Rhenium werden als Zusatz in Nickel-Superlegierungen genutzt. Ein Zusatz von 4 bis 6 % Rhenium bewirkt eine Verbesserung des Kriech- und Ermüdungsverhaltens bei hohen Temperaturen. Diese Legierungen werden als Turbinenschaufeln für Flugzeugtriebwerke eingesetzt [5].

Indium wird als ein Dichtmittel in abdichtenden Raumfahrzeugen verwendet. Pertechnetate besitzen Korrosionsbeständigkeit, so sind als Korrosionsinhibitoren von Stahl und Eisen verwendet.

f) Auch *Edelmetalle* und Gase wurden in der Raumfahrttechnik eingesetzt. Zum Beispiel, Ruthenium und seine Legierungen werden als wärmebeständige Strukturmaterialien für Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt. Diese Legierungen besitzen eine bessere Festigkeit als Molybdän und Wolfram bis 1500° C.

Osmium ist in elektronischen Raumfahrzeuggeräten verwendet. Und seine Legierungen besitzen eine hohe Festigkeit und Hitzebeständigkeit. Diese Eigenschaften machen sie für Reibungseinheiten geeignet.

Iridium-Legierung aus Hafnium - ein Material für Kraftstofftanks in Raumfahrzeugen. Platin-Iridium-Legierung hat eine hohe mechanische Festigkeit [6].

Edelgase wurden in Ionenmotoren eingesetzt. Ionenantrieb- die erste Art vom Low-Power-Elektromotor. Solche Vorrichtungen werden verwendet, um die Position und die Orientierung bei der Satellitensteuerung zu ändern [7].

Die Liste kann ergänzt werden. Und zusammenfassend bedeutet das, dass die Weltraumforschung ohne seltene Metalle unmöglich wäre. Sie werden immer in allen Teilen von Raumfahrzeugen vorhanden sein, bereits in geringen Mengen.

#### QUELLENVERZEICHNIS

1. Natural'nye ictotschniki jenergii. Litij.[Elektronisches Ressource]. – Zugriff: <http://www.oilngases.ru/redkie-metalli/litiie.html>.
2. Elektrovek Steel. Berillium. [Elektronisches Ressource]. – Zugriff: <http://www.evek.de/berillij.html>.
3. Wikipedia. Refraktärmetalle. [Elektronisches Ressource]. – Zugriff: <https://de.wikipedia.org/wiki/Refraktärmetalle>.
4. Wikipedija. Radioisotopnye ictotschniki jenergii. [Elektronisches Ressource]. – Zugriff: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоизотопные\\_источники\\_энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоизотопные_источники_энергии).
5. Wikipedia. Rhenium. [Elektronisches Ressource]. – Zugriff: <https://de.wikipedia.org/wiki/Rhenium>
6. Chimija. Blagorodnye metally.[Elektronisches Ressource]. – Zugriff: [http://4108.ru/u/blagorodnyie\\_metallyi\\_-\\_primenenie](http://4108.ru/u/blagorodnyie_metallyi_-_primenenie).
7. Trans-inert-gaz.ATLAS. [Elektronisches Ressource]. – Zugriff: [http://www.trans-inert-gaz.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=82&lang=ru](http://www.trans-inert-gaz.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=82&lang=ru).