

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	STAND DER TECHNIK	3
2.1	Satellitenantriebssysteme und deren Funktionsweise	3
2.2	Treibstoffkomponenten Distickstofftetroxid und Monomethylhydrazin und deren Reaktionschemie	5
2.2.1	Eigenschaften von Distickstofftetroxid und Monomethylhydrazin	6
2.2.2	Reaktionschemie von Distickstofftetroxid und Monomethylhydrazin	7
2.2.3	Ausbildung des Kühlfilms durch Monomethylhydrazin und Tröpfchenbildung	11
2.3	Grundlagen der Hochtemperaturoxidation	13
2.3.1	Kinetik	13
2.3.1.1	Lineares Oxidationsgesetz	14
2.3.1.2	Parabolisches Oxidationsgesetz	14
2.3.1.3	Paralineaes Zeitgesetz	14
2.3.2	Hochtemperaturgaskorrosion durch andere Spezies als Sauerstoff	15
2.3.2.1	Innere Aufkohlung	15
2.3.2.2	Metal Dusting	16
2.4	Grundlagen zu den Werkstoffen Platin und Rhodium	19
2.4.1	Anwendungen von Platin und Rhodium	21
2.4.2	Oxidationsverhalten von Platin und Rhodium	21
3	EXPERIMENTELLER TEIL	29
3.1	Platinlegierung PtRh 90-10	29
3.2	Simulationsmethodiken	29
3.2.1	Rocflam-II	29
3.2.2	Thermochemische Untersuchung der Reaktion von Monomethylhydrazin und Distickstofftetroxid	31
3.3	Oberflächenanalytik	32
3.3.1	Lichtmikroskopie	32
3.3.2	Ionenätzen	32
3.3.3	Konfokal-Laser-Scanning-Mikroskop (CLSM)	33
3.3.4	Rasterelektronenmikroskopie (REM)	33
3.3.5	Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	34
3.3.6	Ramanspektroskopie	38
3.3.7	Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)	39
3.4	Testmethodiken	41
3.4.1	Thermogravimetrie (TGA)	41

3.4.2	Heißtest	43
4	ERGEBNISSE	49
4.1	Simulation des Verbrennungsverhaltens von Monomethylhydrazin und Distickstofftetroxid auf der Heißgasseite eines Kleintriebwerks	49
4.1.1	Betrachtung der Tröpfchenflugbahn und des Temperaturfeldes der Heißgasströmung	49
4.1.2	Verteilung der Reaktionsspezies von Monomethylhydrazin und Distickstofftetroxid im Strömungsfeld	51
4.1.3	Thermodynamische Betrachtung der vollständigen Verbrennungsreaktion von Monomethylhydrazin und Distickstofftetroxid unter Einbeziehung der zugehörigen Reaktionskinetik	56
4.2	Untersuchung von Verbrennungsrückständen auf der Heißgasseite und im Abgasstrom	61
4.2.1	Morphologie und chemische Zusammensetzung von Verbrennungsrückständen im Abgasstrom	61
4.2.2	Morphologie und chemische Zusammensetzung von Verbrennungsrückständen auf der Heißgasseite	66
4.3	Verdampfungsverhalten von Platinlegierungen	72
4.3.1	Thermogravimetrische Analyse von reinem Platin	73
4.3.1.1	Mikroskopische Untersuchung der Oberfläche von reinem Platin mittels Lichtmikroskopie und REM	74
4.3.1.2	Chemische Untersuchung der Oberfläche von reinem Platin mittels XPS	79
4.3.2	Thermogravimetrische Analyse von reinem Rhodium	83
4.3.2.1	Mikroskopische Untersuchung der Oberfläche von reinem Rhodium mittels Lichtmikroskopie und REM	85
4.3.2.2	Chemische Untersuchung der Oberfläche von reinem Rhodium mittels XPS	90
4.3.3	Thermogravimetrische Analyse von PtRh 90-10	94
4.3.3.1	Mikroskopische Untersuchung der Oberfläche von PtRh 90-10 mittels Lichtmikroskopie und REM	95
4.3.3.2	Chemische Untersuchung der Oberfläche von PtRh 90-10 mittels XPS	99
4.4	Morphologie und Zusammensetzung der Materialveränderung an der Brennkammerinnenwand im Temperaturbereich von 400 °C bis 550 °C	103
4.5	Morphologie und Zusammensetzung der Materialveränderung an der Brennkammerinnenwand im Temperaturbereich von 700 °C bis 900 °C	108
5	DISKUSSION	121
5.1	Verbrennungsverhalten von Monomethylhydrazin und Distickstofftetroxid auf der Heißgasseite eines Kleintriebwerks	121
5.2	Morphologie und Oberflächenszusammensetzung von Verbrennungsrückständen	124
5.3	Verdampfungsverhalten der Platinlegierung PtRh 90-10	127

III

5.4	Mechanismus der Materialveränderung an der Brennkammerinnenwand im Temperaturbereich von 400 °C bis 550 °C	131
5.5	Mechanismus der Materialveränderung an der Brennkammerinnenwand im Temperaturbereich von 700 °C bis 900 °C	135
6	SCHLUSSFOLGERUNG	139
7	LITERATUR	143
ANHANG		XI
A.1	Grundlegende Reaktionsgleichungen zur Berechnung des Reaktionsgleichgewichts und der Reaktionskinetik	XI