



Quelle: MAN

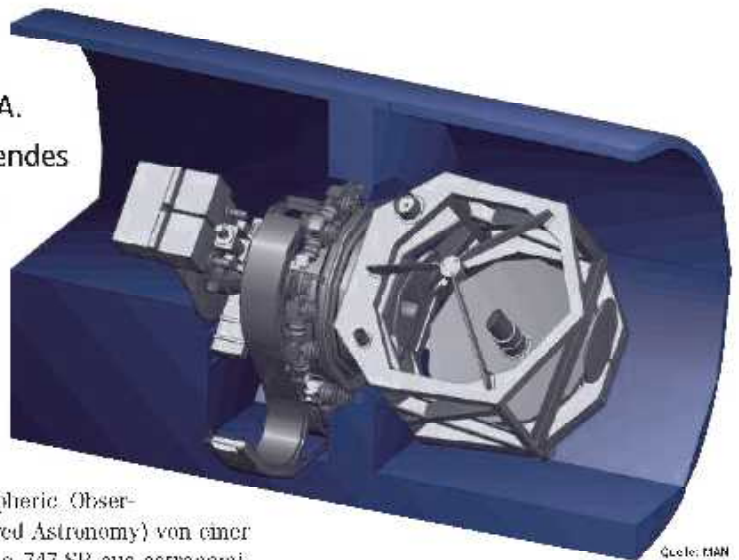
Das fliegende Auge

High-Tech-Oberflächen für die Weltraumforschung

Hoch hinaus wollen Astronomen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR und der amerikanischen Weltraumbehörde NASA. Sie bauen mit verschiedenen Partnern ein fliegendes Infrarot-Teleskop, das von einem Jumbo-Jet aus das All erforschen soll. Hier spielen perfekte Oberflächen eine maßgebliche Rolle.

ferne Galaxien, schwarze Löcher, dunkle Materie und interstellare Staubwolken sind nicht nur Stoff für Sciencefiction. Astronomen untersuchen mit Hilfe der Infrarot Spektroskopie die Entwicklung von Sternen und Planetensystemen. Viele Himmelskörper sind nur durch ihre Wärmestrahlung „sichtbar“. Im infraroten Bereich mit Wellenlängen von 0,75 bis 1000 µm. Diese Strahlung lässt sich in großer Höhe mit den geringsten Verlusten detektieren. Aus diesem Grund sollen

beim Projekt SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) von einer verkürzten Boeing 747 SP aus astronomische Messungen durchgeführt werden. Hauptbestandteil der fliegenden Sternwarte ist ein Infrarot-Teleskop, das sich im hinteren Teil des Flugzeugrumpfs befindet. Es ist hinter einer Beobachtungsöffnung von rund zehn Quadratmetern montiert, die mit einem Rollo versehen ist. Der Hauptspiegel aus Zerodur,



einer Glaskeramik, besitzt einen Durchmesser von 2,7 Metern und ist damit etwas größer als der des Weltraumteleskops Hubble. Im Gegensatz zu einem Satellitenteleskop kann die Flugzeugvariante regelmäßig gewartet und repariert werden. Mit dem Design und Bau des Teleskops wurden die deutschen Firmen



Bild 1. In drei planschbeckengroßen, runden Stahlwannen, von denen zwei mit Folie ausgekleidet sind, wird High-Tech produziert. Im Vordergrund ist das Beizbad zu sehen, das durch die Wasserstoffentwicklung aufgeschäumt ist



Bild 2. Der Teleskopring hat einen Durchmesser von 2,7 Metern. Der obere Teil besteht aus vielen Taschen mit Stegen, die nach außen offen sind. Der untere Teil ist hohl. Problematisch bei der Beschichtung sind die zahlreichen Bohrungen und Sacklöcher

MAN Technologie, Augsburg, und Kayser Threde, München, beauftragt.

Bitte nicht wackeln

Für verwacklungsfreie Bilder ist die Lagerung des Teleskops von entscheidender Bedeutung. Dazu muss eine sehr hohe Genauigkeit beim Verfahren des Teleskops auf dem Goniometer eingehalten werden. Das bedeutet unter anderem Präzisionsarbeit beim Aufbringen von Korrosionsschutzschichten: Die Schichtdickenverteilung muss sehr gleichmäßig sein. Darüber hinaus dürfen Erschütterungen der Triebwerke und Luftverwirbelungen keine nennenswerten Schwingungen verursachen. Die hochempfindlichen Geräte müssen ruhig auf das Ziel ausgerichtet bleiben. Dafür entwickelten MAN und Kayser Threde eine spezielle Aufhängung mit zwei Lagerringen (Inner und Outer Cradle), die eine erschütterungsfreie Bewegung des Teleskops mit einer Genauigkeit von 0,2 Bogensekunden gewährleisten soll. Stoßdämpfer zwischen Flugzeugrumpf und Teleskop minimieren die Triebwerksvibrationen. Motoren, die um die Achse des Teleskops angeordnet sind, balancieren computer gesteuert Restschwingungen und Einflüsse von Luftverwirbelungen aus. Zur Verringerung der thermischen Belastungen wurden spezielle Werkstoffe und Oberflächenbehandlungen ausgewählt, die Temperaturschwankungen von +40 bis -60 °C widerstehen.

Wesentlich ist der äußere Lagerring als tragende Struktur. Der Outer Cradle besteht aus dem Feinkornbaustahl L0408, wiegt circa 1 Tonne und wurde bei der Firma Voest MCE in Linz/Österreich im Auftrag von MAN zusammenschweißt. „Für die zahlreichen Schweißverbindungen haben wir 1 500 kg Schweißgut verwendet“, berichtet der Projektverantwortliche von Voest, Johann Friesenecker. Zu Korrosionsschutzzwecken wird der äußere Lagerungsring galvanisch tauchverzinkt und anschließend lackiert. Die Passivierung der Zinkschicht erfolgt häufig mit Chromverbindungen.

Wannenbad

In einer Werkhalle stehen Plastikcontainer mit Chemikalien, denen man lieber nicht zu nahe kommt. Drei planschbeckengroße, runde Stahlwannen, von denen zwei mit Plastikfolie ausgekleidet sind, erwecken den Eindruck einer Hexenküche. Mit diesen Utensilien wird High Tech produziert: Bei der Firma Haslinger in Linz/Österreich wird in den nächsten Stunden der Outer Cradle des fliegenden Teleskops horizontal galvanisch verzinkt.

Haslinger hat für dieses NASA-DLR-Projekt bereits mehrere Projektteile verzinkt. Da der Teleskopring einen Durchmesser von 2,7 Metern hat und 0,33 Meter hoch ist, sind spezielle Bäder und Stahlwannen notwendig. Die drei Spezialwannen besitzen einen Durchmes-

ser von 3,10 Metern und sind 0,80 Meter hoch. Problematisch bei der Beschichtung ist neben der Größe die komplexe Geometrie. Der obere Teil des Rings besteht aus vielen Taschen mit Stegen, die zur Außenseite offen sind. Der untere Teil ist hohl. Deswegen wurde als Spezialist die Firma SurTec, Zwingenberg, einbezogen, die die Korrosionsschutzbehandlung durchführt. Der Aktion sind zahlreiche Vorversuche zu Überbezeiten und halbtauchender Verzinkung sowie zur Stromzuführung bei der Verzinkung vorangegangen.

Angewendet wird ein alkalisch cyanidfreier Zinkelektrolyt auf der Basis von Kalilauge mit anschließender Chromitierung. Die Zinkschicht wird von einer Passivierung aus dreiwertigen Chromverbindungen geschützt, die eine Barriere Wirkung ausübt.

Bei der Chromitierung können durch die Wahl geeigneter Verfahrensparameter und eines geeigneten Chrom(III)-Komplexes Schichten aufgebracht werden, die von der Schichtdicke vergleichbar mit denen der Gelbchromatierung sind. Die Schichtdickenschwankungen liegen mit ± 20 bis 30% weit unter denen von Gelbchromatierungen (± 55 bis 75%). Mit alkalisch cyanidfreien Zinkelektrolyten lässt sich die Beschichtungszeit verringern, und die Schichten werden einheitlicher. Ein weiterer Vorteil ist die gute Abdeckung auch komplizierter Geometrien durch eine gleichmäßige Metallverteilung. Bei Gelbchromatierungen besteht die Gefahr der Überchromatie-

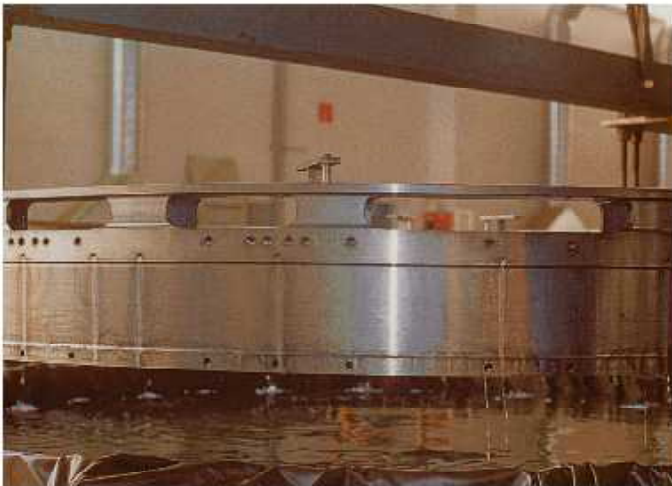


Bild 3. Der Teleskopring muss möglichst schnell in die Neutralisierungs-lösung überführt werden, da sich sonst die Zinkschicht wieder auflöst. Teilweise ist dies an den Ablaufspuren aus den seitlichen Bohrungen zu erkennen



Bild 4. Das lilafarbene Chromitierbad wurde über Nacht mit vier Tauchsiedern auf 80 °C vorgeheizt. Vor Einfüllen des Bades in die Wanne wird die Temperatur nochmals genau kontrolliert. In der Wanne erfolgt die Chromitierung bei 60 °C

rung, die zu weichen Schichten führt, die sich abwischen lassen.

Im Vergleich zu sechswertigem Chrom sind Salze des dreiwertigen Chroms hitzebeständiger. Sie sind nicht toxisch, krebsverdächtig oder allergen. Der Hersteller hat das Verfahren in Anlehnung an die alte IUPAC-Nomenklatur, nach der dreiwertige Chromverbindungen als Chromite bezeichnet werden, Chromitierung genannt [1].

Rotierende Beschichtung

Gewissenhaft schrauben die Arbeiter vier Begleitproben, die wie das Original ge-

schliffen, gestrahlt und mit Schweißnähten versehen sind, an den Ring. Diese werden während der Verzinkung und Passivierung mitgeführt und dienen der Prozesskontrolle. Die Männer entleeren Sackbohrungen und entfernen Flugrost. Das abschließende Finish der Bohrungen erfolgt nach der Lackierung. Der geschweißte Ring ist in den Kammern gestrahlt, außen geschliffen beziehungsweise gedreht.

An den Ringhälften werden je vier Traglelemente senkrecht in definiertem Abstand an einen T-Träger angeschraubt, der als horizontale Aufhängung für den Kran dient. Alles wird genau durchexer-

ziert. Denn die Anforderungen an die Oberflächengüte sind hoch: Tiefen-temperaturbeständigkeit bis -40 °C, Kondensationsfestigkeit und 20 Jahre Oberflächen-garantie.

Sämtliche Prozessschritte, Beizen, Spülen, Anschlagverzinken, Verzinken und Chromitieren, erfolgen in den drei Wannen. Mit Hilfe des Krans heben die Mitarbeiter den Ring in die verschiedenen Bäder. Der Elektrolytaustausch wird bei den Tauchverfahren mit Ausnahme der Verzinkung durch Drehen des Bauteils unterstützt. Die Vorreinigung erfolgt mit einem Kaltreiniger, benetzt wird mit einem Tauchtensid.

Technische Daten

Netzmittel: Tauchtensid SurTec 089 im Mischungsverhältnis 1:10;
 Beize: 31 bis 33 %ige technische Salpetersäure und Beizentfetter SurTec 425 (0,3 Vol-%);
 Komplexbildner: 3 g/l KOH und circa 1,5 ml/l SurTec 954
 Zinkbad: cyanidfrei alkalisch, SurTec 704; Verzinkungsdauer: 15 Minuten bei 450 A und 45 Minuten bei 700 A (Stromdichte circa 1,8 A/dm²);
 Spülwasser-pH-Wert (mit Salpetersäure angesäuert) nach Verzinken: 1,0



Bild 5. Herausheben des Teleskoprings aus der Chromitierlösung. Deutlich sind die Ablaufspuren aus den Bohrungen und Sacklöchern zu sehen

Das A und O

Die Grundlage einer gut haftenden Schicht bildet eine sorgfältige Vorbehandlung. Diese führt Dr. Rolf Jansen von SurTec lieber persönlich durch: Im ersten Arbeitsgang reinigt er den Ring mit einem Hochdruckreiniger und heißem Wasser. Anschließend tauchen die Beteiligten den Ring in ein mit Netzmittel versehenes Wasserbad, damit die Tensid-/Kaltreinigerreste aus der Vorreinigung entfernt werden. Nach dem Herausheben aus dem Reiniger läuft der Ring, sehr zur Freude von Jansen, sofort an: „Da sieht man, dass er sauber ist.“ Jetzt folgt der Beizvorgang. Beim Beizen wird der Ring gedreht. Wasserstoffentwicklung lässt das Bad brodeln. Nach etwa drei Minuten heben die Arbeiter der Firma Haslinger das Bauteil zur optischen Kontrolle aus dem Bad und wischen gelösten Flugrost auf den waagerechten Flächen ab. Anschließend wird etwa sieben Minuten weiter gebeizt. Danach kommt der Ring zum Neutralisieren etwa fünf Minuten in die Spülwanne, die mit einem Komplexbildner gefüllt ist. Während des Spülens heben die Beschichter den Ring kurz zur Sichtprüfung heraus.

Das Anschlagverzinken dauert 15 Minuten in einem Zinkbad mit einem Volumen von 5,5 m³. Die Zinkdicke liegt im Bereich von 10 µm. Diese Schicht wird wieder abgelöst und verstärkt den Reinigungseffekt. „Das ist ein alter Trick“, erklärt Jansen. Außerdem lässt sich über das Anschlagverzinken das Schichtwachstum bei den vorgegebenen Versuchsparametern bestimmen und so die Beschichtungsdauer für die vorgegebene Schichtdicke, die im Bereich 20 µm liegen soll, berechnen. Im vorliegenden Beispiel wurde aus 70 Messungen mit einem magnetinduktiven Messgerät eine Durchschnittsschichtdicke von 7 µm ermittelt, aus der sich eine Expositionszeit von etwa einer Stunde ergibt.

Das Zinkbad arbeitet ohne Zinkanoden. Die Schicht wird aus dem Elektrolyten abgeschieden. Der Zinkgehalt beträgt etwa 10 g/l. Die Oberflächenspezialistin von SurTec, Bettina Kerle, schützt den Verbrauch auf 1 g/l Zink aus 5500 Litern Zinkbad. Der Teleskopring hat eine Oberfläche von etwa 300 dm², die Stromdichte liegt bei 1,5 A/dm². Dazu

werden drei Gleichrichter mit einer maximalen Spannung von 12 V und 1000 A Stromstärke verwendet. Anschlagverzinkt wird bei 600 A und 4 V. Das Bauteil ist als Kathode, die Stahlwanne als Anode geschaltet. Die Anodenfläche vergrößern zwei halbringförmige, gestrahlte Stahlanoden, die zusätzlich in das Bad eingesetzt und elektrisch verbunden werden.

Nach dem Anschlagverzinken glänzen die gedrehten Bereiche des Teleskoprings zinktypisch, die gestrahlten Tascheninnenflächen erscheinen matt. Da das Zinkbad stark alkalisch ist, muss der Teleskopring möglichst schnell in die Neutralisierungslösung überführt werden, da sich sonst die Zinkschicht wieder auflöst. Teilweise ist dies an den Abläufspuren aus den seitlichen Bohrungen zu erkennen (Bild 3). An den Aufhängungen ist die Schicht durch Abdeckungswirkung weniger dick. Hier bestehen zwei Alternativen: Die Aufhängungen kann man zum Beispiel mit Klebeband abdecken. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass sich das Klebeband im Zinkbad auflöst und es verschmutzt. SurTec entschied sich für „das geringere Übel“ und nahm eine reduzierte Schichtdicke an den Aufhängungen in Kauf.

Fein gemacht

Nach dem Neutralisieren wird die Zinkschicht wieder abgebeizt und das Bauteil nochmals im Komplexbildner gespült. Danach erfolgt die eigentliche Verzinkung. Die Stromdichte ist mit 0,40 A/dm² zu Anfang geringer, damit genügend Zeit bleibt, um das Beizbad abzupumpen, die Wanne zu säubern und mit der vorgeheizten Chromitierlösung zu füllen.

Nach dem Verzinken spülen die Mitarbeiter den Ring in mit Salpetersäure angesäuertem Wasser einige Sekunden.

Für das Chromitieren soll die zuvor mit Salzsäure gefüllte Beizwanne verwendet werden. Hier ist einiger logistischer Aufwand notwendig, da zuerst 2,5 m³ Beize abgepumpt, die Wanne gesäubert und anschließend mit der Chromitierlösung aufgefüllt werden soll. Zwei Pumpen holen die Beize aus der schräg gestellten Wanne. Letzte Reste schöpft Kerle aus. Als das Stahlbassin peinlich sauber ist, plätschert das über Nacht mit vier Tauchsiedern auf 80 °C vorgeheizte lilafarbene Chromitierbad in das Behältnis. Die 2,5 m³ Chromi-

erbad haben nach dem Einfüllen eine Temperatur von 50 °C. Jansen fügt Natriumcarbonat zu, um den pH Wert auf 1,75 anzuheben.

Das Chromitieren dauert 120 Sekunden. Es löst sich rund 1 µm Zink wieder ab. Die oxidische Schutzschicht ist 300 nm dick.

Das Ergebnis

Armin Völz von MAN Technologie nimmt die Oberflächenbehandlung vor Ort ab. Er ist zufrieden. Nach dem Chromitieren erscheint die vorher zinkfarbene Oberfläche in hellem Grün, rötlich irisierend. Das ist für Kerle und Jansen Grund zur Freude: Die Passivierungsschicht hält. Etwas enttäuscht sind sie über vorhandene Flecken. Aber in diesem Fall kommt es nicht auf die dekorative Oberflächengüte an, sondern auf den Korrosionsschutz und eine gleichmäßige Schichtdicke. Der geforderte Wert von 20 ± 5 µm wurde erreicht. Dabei ist die Schichtdickenverteilung gemessen an der komplexen Bauteilgeometrie erstaunlich gut. Die Haftfestigkeitsprüfung, die Völz an einer Begleitprobe mittels Gitterschnitt und Hammerschlagtest durchführt, ergibt Haftungsbewerte.

Die Lackierung soll in den folgenden Tagen bei der Firma Schürer erfolgen. Erfahrungen zur Überlackierung chromierter Schichten haben weder SurTec noch Schürer. Kerle empfiehlt Vorversuche. Danach wird das Teleskop bei MAN in Augsburg aufgebaut und in der aktuellen NASA Farbe blau lackiert.

Das fertige Gerät wird nach Amerika transportiert und dort in die umgebaute Boeing eingebaut. Zu Anfang des Jahres 2003 soll der erste Flug des Observatoriums erfolgen. (kr)

Literatur

- [1] Hülser, P. et al.: Chromitierung, mo 50 (1996) S.796

Kontakt

SurTec GmbH
64673 Zwingenberg
Fax: 0 62 51/17 18 00
www.surtec.com

MAN Technologie AG
55130 Mainz
Fax: 0 61 31/215 52 09