

# EIN FASZINIERENDES METALL – ABER SCHWIERIG ZU BEARBEITEN

**Titan (Ti) ist eines der Metalle, welches dank seiner Eigenschaften in den meisten Industriezweigen gerne eingesetzt wird. Seine vielen Vorzüge machen aus ihm einen beliebten Werkstoff, zum Beispiel für Teile in der Luftfahrt, in der Medizintechnik aber auch in der Freizeit. Die Bearbeitung dieses Metalls ist allerdings nicht besonders einfach und setzt oft aufwendige Bearbeitungszeiten und kostspielige Werkzeuge voraus.**



Mit einer Dichte von  $4.51 \text{ g/cm}^3$  ist Titan schwerer als Aluminium ( $2.7 \text{ g/cm}^3$ ), aber um einiges leichter als Eisen ( $7.8 \text{ g/cm}^3$ ). Es handelt sich somit um ein relativ leichtgewichtiges Metall, welches eine extrem hohe Resistenz gegen Korrosion und einen hohen Schmelzpunkt von  $1660^\circ\text{C}$  – leicht höher als Eisen ( $1535^\circ\text{C}$ ) und wesentlich höher als Aluminium ( $658^\circ\text{C}$ ) – aufweist. Die Eigenschaft, seine Festigkeit auch bei relativ hohen Temperaturen beizubehalten, zeichnet dieses Metall zudem besonders aus. Titan ist als Bio-kompatibler Werkstoff bekannt und wird deshalb gerne auch als Material für medizintechnische Implantate, medizintechnische Schrauben und weiteres mehr gerne eingesetzt – eine Anwendung, die heute allerdings hinterfragt wird.

## Geschichtlicher Rückblick

Die Literatur nennt den Geistlichen William Gregor – englischer Mineraloge und Chemiker – als die Person, welche 1791 dieses Metall entdeckte und erstmals beschrieb. Es gelang ihm, das was er als

«schwarzer Sand» bezeichnete und heute als «Ilmenit» bekannt ist, zu isolieren. Vier Jahre später identifizierte der deutsche Chemiker Martin Heinrich Klaproth, Professor für analytische Chemie an der Universität Berlin, unabhängig von Gregor dieses Metall ebenfalls. In Anlehnung an die griechische Mythologie gab er ihm seinen heute noch verwendeten Namen «Titan», allerdings hatte er damals nicht die geringste Ahnung über die Eigenschaften dieses Metalls.

Erst 1910 gelang es Matthew Albert Hunter, Forscher am Polytechnischen Institut von Rensselaer (NY, USA), Titan in einer Reinheit von 99% herzustellen. Die Industrie musste jedoch noch bis 1939 warten, als Wilhelm Justin Kroll, luxemburgischer Metallurge und Chemiker, Berater des Union Carbide Research Laboratory von Niagara Falls (New-York), ein Verfahren zur industriellen Titan-gewinnung entwickelte. Er setzte dazu auf eine Reduktion des Titanerzes mit Magnesium (bei der Reduktion wird ein Stoff durch den Sauerstoffentzug aus seinem Oxyd gewonnen).

Titan ist auf der Erde keine seltene Substanz. Es stellt das zehnt-häufigste Element der Erdkruste dar, welche ein Titan-Gehalt von 0,63% aufweist. Kohle, Pflanzen und sogar der menschliche Körper enthalten dieses Metall ebenfalls. Es kommt zudem in den Meteoriten, der Sonne und in den Sternen von Typ M vor. Gesteinsproben, welche die amerikanische Apollo 17-Mission vom Mond mitgebrachte, haben ein Gehalt von 12.1% an  $TiO_2$ .

### **Die Luftfahrt, wichtigster Verbraucher von Titan**

Der zyklisch wechselnde Bedarf an Titan in der Luftfahrttechnik, Chemie und Energietechnik führt dazu, dass der Titanmarkt sehr starken Schwankungen unterworfen ist. Der relativ konstante Bedarf in Bereichen wie die Freizeit, die Gebäudetechnik und andere vermag solche Schwankungen nicht auszugleichen. Die Luftfahrt bleibt jedoch der industrielle Sektor mit der stärksten Nachfrage nach diesem Metall. Haupteinsatzgebiete finden sich dort in Helikopter-Turbinen, der Flugzeug-Struktur und den Flugzeug-Triebwerken. Im Bereich der Energietechnik und der Chemie wird das Titan in Meerwasser-Entsalzungsanlagen, in der Produktion von Chlor und Chloriden, in der Papierherstellung und für Wärmetauscher eingesetzt.

### **Der Feuerlöscher – ein Muss**

Titan ist ein Werkstoff mit einem hohen mechanischen Widerstand und einer grossen Dehnungsfähigkeit bei normalen Temperaturbedingungen. Sein spezifischer Widerstand (Verhältnis Zugfestigkeit/Dichte) übersteigt denjenigen von Aluminium und Stahl. Allerdings ist die Bearbeitung dieses Metalls eher schwierig.

Eine der Schwierigkeiten besteht darin, dass sich Titan in seiner metallischen Form bei spanenden Bearbeitungen leicht entzündet, die Späne beginnen sehr leicht zu brennen. Deshalb herrscht bei der mechanischen Bearbeitung von Titan-Werkstoffen ein echtes Brandrisiko vor. Tornos – das Unternehmen verfügt über eine langjährige Erfahrung in der Bearbeitung von Titan – empfiehlt deshalb dringend den Einbau eines Brandlösch-Systems in die Drehautomaten, falls eine Bearbeitung von Titan in Frage kommt. Dazu bietet das Unternehmen solche Brandschutzeinrichtungen als optionale Ausstattung werkseitig an.

### **Angepasste Werkzeugmaschinen und Werkzeuge**

Eine weitere und noch grössere Schwierigkeit stellt die Spanbildung dar. François Champion, Verkaufs-



leiter beim Werkzeughersteller Applitec in Moutier, erklärt: «Die Problematik beim Bearbeiten von Titan ist vergleichbar mit derjenigen von nichtrostenden Stählen. Eine der Schwierigkeiten liegt in der Spanbildung: Je nach Legierung bilden sich bei der spanabhebenden Bearbeitung entweder lange zähe oder eher kurze Späne. Jedesmal muss das Werkzeug entsprechend den gemachten Erfahrungen ausgewählt und angepasst werden.» Er bestätigt damit die Aussagen von Philip Charles, Fachspezialist bei Tornos: «Je nach Bearbeitungsart bilden sich lange oder kurze Späne. Der Bearbeiter wird deshalb mit einer Hochdruck-Kühlmittelzufuhr arbeiten und die Bearbeitungsgeschwindigkeiten anpassen.» Er ergänzt: «Bei kurzen Spänen ist zudem auch die Ölfiltrierung sehr wichtig.»

François Champion präzisiert: «Es gibt kein typisches Werkzeug zur Bearbeitung von Titan. Bei jedem Anwendungsfall muss der Decolleteur entsprechend der Werkstoff-Legierung und der vorgesehenen Bearbeitungsart seine Wahl treffen. Natürlich unterstützen wir ihn bei der Suche nach dem Best-geeigneten Werkzeug.»

Da Titan ein relativ weicher Werkstoff ist, kann die Oberfläche leicht zerkratzt werden, in den allermeisten Fällen ein inakzeptabler Zustand. Deshalb meint Philip Charles: «Nebst der bereits erwähnten Hochdruck-Kühlmittelzufuhr, mit welcher die Späne sofort aus dem Bearbeitungsbereich gespült werden, bringt eine mitdrehende, selbst-zentrierende Führungsbüchse eine gute Abhilfe.» Maschine und Werkzeug müssen also für die Bearbeitung von Titan ausgestattet sein. Tornos verfügt über eine über 20jährige Erfahrung in der Bearbeitung von Titan und führt entsprechende Lösungen in seinem Angebot.

### **Bedeutende Forschungsarbeiten**

Im Rahmen eines von der eidgenössischen Kommission für Technologie und Innovation KTI unterstützten Projektes führt das an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ) angesiedelte Institut «Inspire» eine weitgehende Grundlagenforschung zum Thema Bearbeitung von Titan durch. Der Schwerpunkt dieser Forschungsarbeit liegt zwar in der Fräsbearbeitung dieses Metalls, aber Carl-Frederik Wyen, Forscher und verantwortlicher Projektleiter, bestätigt: «Wir werden nicht darum herumkommen, auch die Fragen im Zusammenhang mit der Drehbearbeitung zu untersuchen.»

### **Die Schneide zerbröckelt**

Eine der herausragenden Eigenschaften von Titan ist seine sehr hohe Oxydationsfähigkeit. Dies ist ein

Vorteil im Falle von ungewollten Kratzern auf seiner Oberfläche: Das Titanoxyd bildet sich in Anwesenheit von Luft oder Wasser spontan wieder und heilt solche Verletzungen selbsttätig schnell und wirkungsvoll. Die Oxydschicht ist homogen und weist eine hohe Haftung auf. Diese Eigenschaft verschafft dem Metall zwar ausgezeichnete Eigenschaften, was seine Neutralität anbelangt, stellt aber einen zusätzlichen Schwierigkeitsgrad bei der spanabhebenden Bearbeitung dar. Entfernt ein Schneidwerkzeug diese Schicht, bildet sie sich sehr schnell wieder. Es gibt aber Schlimmeres, wie Carl-Frederik Wyen erläutert: «Besteht die Werkzeugschneide aus einem Oxyd, zum Beispiel Keramikoxyd, ist die Oxydationsfähigkeit des Titans so hoch, dass es der Schneide den im Schneidwerkstoff gebundenen Sauerstoff entzieht. Die Werkzeugschneide zerfällt langsam.» Dies ist also eine der Erklärungen für die kurzen Standzeiten bestimmter Werkzeuge.

### **Das Metall weicht aus**

Eine weitere Schwierigkeit liegt im geringen Elastizitätsmodul des Titans, welches entsprechend der Legierung zwischen 105 GPa und 120 GPa (Stahl: zwischen 195 und 210 GPa) liegt. Dieses geringe Elastizitätsmodul stellt in bestimmten Belangen wiederum einen Vorteil für die Anwendung dieses Werkstoffs dar. Aber Carl-Frederik Wyen weiss mehr: «Während der spanabhebenden Bearbeitung hat Titan die unangenehme Eigenschaft, um die Werkzeugschneide herum zu fließen, statt abgetrennt zu werden. Dies stellt eine weitere Herausforderung für die hochpräzise Bearbeitung von Titan dar.» Was tun? «Oft setzen die Einrichter von Werkzeugmaschinen sehr scharfe Schneidwerkzeuge ein. Unsere ersten Forschungsergebnisse lassen vermuten, dass der Schnittwinkel der Werkzeugschneide komplett überdacht und neu gestaltet werden muss und warum nicht rund.»

Die Laufzeit des Forschungsprojekts wurde auf zwei Jahre festgelegt. Carl-Frederik Wyen geht davon aus, dass er die Forschungsergebnisse per Ende 2009 vorstellen kann: Also dran bleiben und weiterverfolgen.

**RM**

Infos:

Inspire AG  
Dipl.-Ing. Carl-Frederik Wyen  
CLA F 33, Tannenstrasse 3  
8092 Zürich  
Tel. 044 632 68 04  
wyen@inspire.ethz.ch  
www.inspire.ethz.ch