

Schriftenreihe Füge-technik / Schweiß-technik

Band 1/99

**Bernd Langer**

**Beitrag zum Verschleißschutz an medizinischen  
Instrumenten mit geringem Materialquerschnitt**

Shaker Verlag  
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Langer, Bernd:*

Beitrag zum Verschleisschutz an medizinischen Instrumenten mit  
geringem Materialquerschnitt/Bernd Langer.

- Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 1999

(Schriftenreihe Fügetechnik/Schweisstechnik; Bd. 99,1)

Zugl.: Chemnitz, Techn. Univ., Diss., 1999

ISBN3-8265-6466-9

Copyright Shaker Verlag 1999

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6466-9

ISSN 1434-7393

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **7. Zusammenfassung**

Der Verschleißschutz an medizinischen Instrumenten wird bis heute fast ausschließlich durch das Auflöten von Hartmetallen auf martensitische Chromstähle realisiert. Neben der Tatsache, daß diese Aufbringungstechnik sehr kostenintensiv ist, ergeben sich auch Probleme bezüglich der Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit sowie der Schlagbiegeempfindlichkeit.

Insbesondere bei chirurgischen Instrumenten wie Nadelhalter und Scheren ist die Auswahl der Füge- und Beschichtungstechnologien durch die zum Teil extrem kleinen Materialquerschnitte stark limitiert. Ebenso muß die Vielzahl der unterschiedlichen Instrumentengrößen und Formen berücksichtigt werden, um die Erkenntnisse dieser Arbeit in die industrielle Umsetzung zu ermöglichen.

Die Schädigung der Instrumente bei der täglichen klinischen Anwendung und mögliche Lösungsansätze sind nach den Instrumentengruppen zu unterteilen:

Bei den Nadelhaltern kommt es aufgrund der sauren Reinigungsmedien zu korrosivem Angriff der Hartmetalle, insbesondere zu einem Auslösen des Kobaltbindemetalls. Bei der überlagerten mechanischen Beanspruchung werden die lose gebundenen Karbidreste abgerieben. Durch die spröde Verbindung (Hochtemperatur- bzw. Hartinduktivlöten) von Hartmetall mit Stahl kommt es während der Produktion bzw. im klinischen Einsatz, insbesondere bei Instrumenten mit extrem geringen Materialquerschnitten, zu Sprödbrüchen.

Diese Problematik wird durch das Absenken der Lötbindetemperatur drastisch verringert, da aufgrund der unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten von Hartmetall und Stahl die induzierten Eigenspannungen im System reduziert werden. Möglich wird dies durch ein Flammweichlöten mittels eines lebensmittelechten Weichlotes (L-SnAg5) mit einer Schmelztemperatur von 221 °C. Die erreichbaren Festigkeiten sind für die dominante Druckbeanspruchung des Bauteils ausreichend. Eine Benetzung des Weichlotes an das Hartmetall wird über eine Zwischenschicht realisiert. Die Haftfestigkeit der Schicht auf dem Hartmetall ist direkt für die Verbundhaftfestigkeit verantwortlich. Reproduzierbare Ergebnisse wurden mit einer galvanischen Ni-Strike / Ni-Schicht erreicht. Die Schichtdicke dieser Zwischenschicht wirkt sich nicht meßbar auf das Beanspruchungsverhalten aus. Die Substitution des Kobaltbindemetalls durch Nickel resultiert in einem ausreichend korrosionsbeständigen

System. Die Belastung der Weichlötvariante ist dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungen und Verformungen von Hartmetall und Stahl entkoppelt sind (FEM und 3D-ESPI-Analyse). Das duktile Lot nimmt die Verformung auf und ermöglicht so, daß im Hartmetall aufgrund der maximalen Spannungen in der äußersten Randfaser keine Risse induziert werden. Diese würden zum Schädigungsausfall des Systems führen, wie es bei den bisherigen hohen Löttemperaturen analysiert worden ist. Das Schädigungsverhalten konnte, meßbar an einem Sicherheitsfaktor (Schädigungskraft / maximale Kraft im Maulbereich), um Faktor fünf gegenüber der Hochtemperaturlötvariante und um Faktor zwei gegenüber der Hartlötvariante verbessert werden. Ursächlich verantwortlich sind die grundsätzlich verschiedenen Schädigungsmechanismen. Weitere Vorteile sind, daß aufgrund der niedrigen Temperatur beim Weichlöten eine Gefügebeeinflussung vermieden werden kann, die zu einer mangelnden Korrosionsbeständigkeit und lokaler Härtereduzierung des Substrates führen würde, wie dies bei den Hartlötvarianten der Fall ist. Aber auch die Reparaturfreundlichkeit der Instrumente konnte wesentlich verbessert werden, da aufgrund der niedrigen Temperaturen ein mechanisches Ablösen von geschädigten Hartmetallplättchen vermieden und durch ein thermisches Lösen sinnvoll ersetzt werden kann. Entscheidend für die Lötqualität ist neben der Oberflächenvorbehandlung auch die Energieeinleitung.

Bei den medizinischen Scheren ist der Verschleiß nicht durch das Schneiden von Material, sondern durch die Relativbewegungen von Schneide gegen Schneide gekennzeichnet. Dadurch kommt es in erster Linie zu einem Freiflächenverschleiß, der durch die Verschleißmarkenbreite quantifizierbar ist. Andererseits kommt es zum Ausbrechen der Schneidkante. Beide Verschleißarten resultieren in einer erhöhten Querkraft des Anwenders, um weiterhin eine konstante Schnittqualität erzielen zu können. Dadurch wird die Schneidfähigkeit und Schneidhaltigkeit nachweisbar beeinträchtigt.

Ein Panzerschweißen mit Hartlegierungen durch verschiedenste Energiequellen wie Laserstrahl, Elektronenstrahl und Plasma hat aufgrund des zu hohen Aufmischungsgrades nicht zu der durch die DIN vorgeschriebene Mindesthärte an realen Scherenbauteilen geführt. Ebenso ist eine Anpassung der Parametersätze notwendig, um die unterschiedlichen Materialquerschnitte am Scherenteil selbst und aufgrund der Vielfalt der Scherentypen erfolgreich mit verschleißbeständigen Werkstoffen aufzupan-

zern. Eine Kühlung der Scherenbauteile beim Panzern durch Kühlformen ist technisch machbar, aber aufgrund der groben Schmiedetoleranzen und der Vielzahl der benötigten Kühlformen aufgrund der Scherenvielfalt industriell nicht umsetzbar.

Um Inzellösungen zu vermeiden, wurden örtlich unbegrenzte Beschichtungsverfahren ausgewählt:

Physical Vapour Deposition-Schichten wurden auf ihre Verschleißschutzeigenschaften analysiert. Untersucht wurde der Einfluß der relativen Position der Scheren bezüglich ihrer Schneidkeile und des Abstandes zum Target. Bei den realen Verschleißtests von Scheren hat sich gezeigt, daß der Einfluß der Beschichtungsparameter im Vergleich zum Einfluß der Scherenschneidwinkel und räumlichen Lage derselben vernachlässigbar ist. Aufgrund der geometrischen Verhältnisse am Schneidkeil und der auftretenden Belastungen gibt es einen optimalen Freiwinkel an der Schneide, der experimentell bei  $4^\circ$  ermittelt worden ist. Ein optimales Verschleißverhalten wurde ebenso für einen Bisenwinkel von  $4^\circ$  ermittelt. Entscheidend ist, daß die Winkel maschinell angeschliffen werden, damit eine partielle Schädigung durch Überbeanspruchung vermieden werden kann, welche zu einem kompletten Versagen der Schicht führen würde. Ebenso wurde nachgewiesen, daß durch ein Anschleifen des Bisons (oder alternativ des Freiwinkels) eine mögliche funktionelle Schicht in eine dekorative Schicht degradiert wird, da durch Schichtausbrüche und Verschleiß am eigentlichen Schneidkeil keine verschleißbeständige Schicht vorhanden sein kann. Die funktionellen Eigenschaften müssen durch einen Multilayer aufgebaut werden, bei dem ein passivierender Interlayer als Korrosionsbarriere wirkt. Es konnten Schichtsysteme industriell reproduzierbar abgeschieden werden, bei denen selbst in sauren Reinigungsmedien der Nachweis der absoluten Korrosionsbeständigkeit geführt werden konnte. Die Deckschicht muß die Anforderung erfüllen, daß es im tribologischen System Schicht gegen Schicht zu keinen Ausfällen kommt. Umfangreiche Schichtuntersuchungen zeigen hier Lösungsansätze.

Vielfältige Werkstoff- und Wärmebehandlungsuntersuchungen haben für das Thermische Spritzen mittels High Velocity Oxygen Fuel optimale mechanische Eigenschaften für eine metallische Tribaloy-Schicht ergeben. Die Spritzschichten werden nicht stumpf auf die Scherenschneidkanten aufgespritzt, sondern sie werden in eine Aussparung mit einem Radius, der der Spritzschichtdicke entspricht, aufgespritzt.

Trotz der relativ dünnen Spritzschichtdicke von 0,3 mm kommt es zu erheblichem Verzug der beschichteten Bauteile. Der direkt nach dem Spritzen meßbare konkave Verzug ändert sich nach verschiedenen Wärmebehandlungen in einen konvexen Verzug. Der Verzug ist direkt von dem Verhältnis aus Substratdicke und Spritzschichtdicke abhängig. Je dicker das Substrat wird, desto geringer wird der Verzug. Ebenso hat die Substrattemperatur beim Spritzen einen erheblichen Einfluß auf den Verzug. Bei einer Substrat-Spritztemperatur von ca. 200°C wurde ein minimaler Verzug ermittelt. Der verbleibende Verzug kann mechanisch gerichtet werden, ohne daß Risse in der Schicht selbst oder im Verbund auftreten. Dies wurde mit Fluoreszenzfarbeindringtest überprüft. Im Verschleißtest an realen Scherenteilen hat sich gezeigt, daß die Schichten aufgrund des homogenen Schichtaufbaus kaum zu adhäsivem und nicht zu abrasivem Verschleiß neigen. Die Verschleißmarkenbreite war extrem gering ausgebildet, obgleich die Scherenwinkel manuell angeschliffen worden sind und damit nicht konstant waren. Ein Ausbrechen der Schneidkante konnte nicht beobachtet werden.

Damit können, wie auch mit den PVD-Verfahren, Scheren beliebiger Größe, Materialquerschnitte und Formen beschichtet werden, ohne daß die Instrumente einzeln abgearbeitet werden müssen. Das Handling kann dadurch wesentlich vereinfacht werden.