

Untersuchungsbericht Dentalfräser (Oridima GmbH) mit TiN - Beschichtung

Problemstellung : Qualitativer Nachweis einer erhöhten Standzeit von Hartmetallfräsern durch eine TiN - Beschichtung

Probenmaterial

5 unbeschichtete Dentalfräser, Fräserkopf aus Hartmetall gelötet auf Stahlschaft
5 beschichtete Dentalfräser, Fräserkopf aus Hartmetall gelötet auf Stahlschaft (TiN, DOT, TINA 900)

Bewertung der Proben

Die beschichteten und unbeschichteten Proben weisen dieselbe Geometrie auf. Aus den mitgelieferten Unterlagen ist nicht erkennbar, ob die beschichteten und unbeschichteten Fräser aus einer HerstellungschARGE stammen. Aus den mitgelieferten Werkzeugeigenschaften sind folgende Werkstoffangaben ersichtlich :

Fräserkopf	Hartmetall, Sorte THM, verdichtet
Schaft	X 46Cr13
Lotmaterial	keine Angaben

Methode

Zur qualitativen Bewertung des Standzeitverhaltens von Dentalfräsern wurden definierte Fräsversuche in Messing durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen Modellversuch mit betriebsähnlichen Parametern.

Alle Einzelbohrungen wurden unter gleichartigen Bedingungen mit vorheriger Anbohrung eines NC- Anbohrers durchgeführt. Jede Einzelbohrung wurde als Intervallbohrung ausgeführt. Unter einer Intervallbohrung ist die Ausführung der Bohrung in Einzelschritten von z. B. 1 mm Bohrtiefe zu verstehen. Nach der Bohrung von einem Intervall wird der Fräser kurz angehoben, um die Spanabfuhr zu verbessern und die Zufuhr der Kühlflüssigkeit zu maximieren.

Bei einem Fräsweg von insgesamt 850 mm pro Fräser wurden bei einer Intervalltiefe von 1mm 850 Bohrintervalle pro Fräser gefahren.

Arbeitsschritte :

1. Bewertung des Ausgangszustandes der Fräser
 - Bewertung der Schneiden im Auflichtmikroskop (ALM) 80x, 200x, 800x
 - Einfluß der Beschichtung auf die Schneiden - und Schliiffqualität
 - Prüfung der Geometrie
2. Fräsversuche in Messing auf einer CNC - Bohrmaschine Miyano TSV - 21
 - Drehzahl : 1000 min^{-1} , Vorschub : 50 mm/ min, Frästiefe : 17 mm
 - Einbringung von 50 Bohrungen pro Fräsertyp
 - Standweg : 850 mm
 - kontinuierliche Kühlung
3. Bewertung der Fräser nach den Fräsversuchen
 - Bewertung der Schneiden im Auflichtmikroskop (ALM) 80x, 200x, 800x
 - Untersuchung auf Schichtabplatzer, Schneidenausbrüche, Strukturänderungen und Aufschweißungen
4. Wiederholung der Schritte 2 und 3
 - Wiederholung der Fräsversuche und Auswertung, sofern keine signifikanten Unterschiede bei unbeschichteten und beschichteten Fräsern erkennbar sind
 - Wiederholung der Schritte 2 und 3 mit verringerter Bohrlochzahl oder veränderten Parametern bei vorzeitigem Versagen der Fräser

Auswertung

1.1 Ausgangszustand der unbeschichteten Fräser

Der Ausgangszustand der Fräuserschneiden wurde im Auflichtmikroskop mit den Vergrößerungen 80, 200 und 800 dokumentiert (Bild 1, 3, 5).

Auffällig ist ein sehr gleichmäßiger Schliiff und eine hohe Oberflächengüte. Bei der Überprüfung der Geometrie konnten Maßabweichungen im Kopfdurchmesser in der Größenordnung 50 - 100 μm festgestellt werden.

1.2 Ausgangszustand der TiN - beschichteten Fräser

Der Ausgangszustand der Fräuserschneiden wurde im Auflichtmikroskop mit den Vergrößerungen 80, 200 und 800 dokumentiert (Bild 2, 4, 6).

Eine Beeinflussung der Schneidenqualität durch den Beschichtungsprozess ist mikroskopisch nicht nachweisbar, die Schliiffqualität ist mit dem Ausgangszustand vergleichbar. Die atomar abgeschiedene ca. 1,5 μm dicke TiN - Schicht besitzt eine glatte, dropletfreie Oberfläche.

2. Fräsversuche in Messing

Zur Induzierung eines möglichst verschleißintensiven Zustandes während der Versuche wurden die Betriebsparameter der CNC - Maschine anfänglich so variiert, daß es zum Versagen der Fräser in der Lötstelle kam bzw. ein massives Ausbrechen der Schneidkanten erfolgte. Die Schneidparameter für die Fräsversuche wurden so gewählt, daß eine hohe Belastung der Fräser gewährleistet war, jedoch kein Versagen vor Versuchsende erfolgte.

Mit den gewählten Parametern konnten alle Versuche ohne vorzeitigen Bruch der Lötstelle oder des Fräserkopfes bis zum Erreichen des Standweges von 850 mm durchgeführt werden.

3. Bewertung der Fräser nach den Fräsversuchen

Der Zustand der Fräferschneiden nach einem Schnittweg von 850 mm wurde im Auflichtmikroskop mit den Vergrößerungen 200 und 800 dokumentiert (Bild 7 bis 12).

Vor der mikroskopischen Auswertung wurden die Proben im Ultraschallbad gereinigt, mit entionisiertem Wasser gespült und im Umluftofen getrocknet.

Zur Dokumentation wurden jeweils charakteristische Schadensbilder bzw. Zustandsbilder im Schneidenbereich des vorderen Kopfbereiches der Fräser, d. h. aus dem Bereich der höchsten Belastung ausgewählt.

Die unbeschichteten Fräser wiesen nach 50 Bohrungen im Schneidenbereich an mindestens 4 von 8 Schneiden leichte Beschädigungen und Veränderungen auf, wie sie auf den Bildern 7, 9 und 11 dargestellt sind.

Hierbei handelt es sich um Veränderungen der Schneidengeometrie in Form von kleinen Ausbrüchen direkt an der Schneide, Aufschweißungen und Strukturveränderungen im schneiden-nahen Bereich. Im Bild 11 sind deutlich Ausbrüche im Schneidenbereich erkennbar, die die Schnittqualität verringern und mit zunehmender Schnittlänge zum Ausbrechen großer Areale der Schneide führen können. Hier sind ebenfalls strukturelle Veränderungen im Bereich 50 µm von der Schneidenkante entfernt zu erkennen.

Im Bild 7 und 9 sind deutlich Spuren von Aufschweißungen des zerspannten Materials sichtbar. Diese adhäsiven Ablagerungen beeinträchtigen das Zerspanungsverhalten des Fräasers und führen langfristig zu weiteren Ablagerungen an der Schneide und schließlich zur vorzeitigen Zerstörung der Schnittkante.

An den TiN - beschichteten Fräsern konnten nach 50 Bohrungen in Messing keine vergleichbaren Mikroschäden gefunden werden. Auch Kaltaufschweißungen im Schneidenbereich waren aufgrund der antiadhäsiven Eigenschaften der Beschichtung nicht zu finden (Bild 8, 10, 12).

Die mikroskopische Auswertung der Fräser nach den Zerspanungsversuchen läßt den Schluß zu, daß eine TiN - Beschichtung im konkreten Anwendungsfall die Fräferschneiden vor Verschleiß schützt und gleichzeitig die Neigung zu Aufschweißungen verringert, d.h. die Lebensdauer des Fräasers entscheidend erhöht. Resultierend aus der hohen Verschleißfestigkeit ist mit einem verringerten Anfall von Verschleißpartikeln im Anwendungsbereich zu rechnen, so daß eine erhöhte Biokompatibilität der Schneidwerkzeuge zu erwarten ist.

Eventuell auftretende TiN - Verschleißpartikel aus dem Schneidenbereich verhalten sich aufgrund ihres keramischen Charakters bioinert. TiN - Schichten besitzen die Zulassung der amerikanischen FDA - Behörde als Implantatwerkstoff und werden als Verschleißschutz auf Titanlegierungen und als Korrosionsschutz auf CoCrMo - Legierungen im Bereich der orthopädischen Implantate erfolgreich eingesetzt.