



Hydroxylapatit-Beschichtungen auf Titansubstraten: Metallographische Präparation für die Qualitätskontrolle

Einleitung

1. Hydroxylapatit-Beschichtungen – ein entscheidender Vorteil für biomedizinische Implantate.....	2
2. Metallographische Präparation von HAP/Ti-Beschichtungen.....	3
3. Ergebnisse	4
4. Schlussfolgerung	5

Hydroxylapatit-Beschichtungen (HAP) werden in der Biomedizintechnik, insbesondere bei orthopädischen und dentalen Implantaten, häufig eingesetzt. Aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung, die der natürlichen Mineralphase des Knochens sehr ähnlich ist, fördern sie die Osseointegration und verbessern die Verankerung von Implantaten im Knochen.

Titan gilt heute aufgrund seiner hervorragenden mechanischen Eigenschaften, seiner Korrosionsbeständigkeit und seiner ausgezeichneten Biokompatibilität als Referenzwerkstoff für die Herstellung medizinischer Implantate. Seine Oberfläche allein gewährleistet jedoch nicht immer eine optimale Knochenintegration. Durch das Aufbringen einer Hydroxylapatit-Beschichtung werden die mechanischen Eigenschaften des Titans mit den bioaktiven Eigenschaften von Calciumphosphaten kombiniert.

Die Qualität dieser Beschichtungen hängt von mehreren entscheidenden Parametern ab, darunter Schichtdicke, Homogenität, Porosität sowie die Haftfestigkeit auf dem Substrat. Eine geeignete metallographische Präparation ist daher unerlässlich, um eine zuverlässige Charakterisierung und eine wirksame Qualitätskontrolle sicherzustellen.

1. Hydroxylapatit-Beschichtungen – ein entscheidender Vorteil für biomedizinische Implantate



Abbildung 1. Metallographischer Querschliff einer Hydroxylapatit-Beschichtung auf einem Titansubstrat

Hydroxylapatit ist eine bioaktive Keramik aus der Familie der Calciumphosphate. Seine chemische Zusammensetzung ähnelt der mineralischen Phase menschlicher Knochen und Zähne und verleiht ihm eine ausgezeichnete Biokompatibilität sowie die Fähigkeit, das Wachstum von Knochengewebe zu fördern.

Als Beschichtung auf einem Titansubstrat verbessert Hydroxylapatit die Osseointegration des Implantats erheblich. Seine poröse Morphologie begünstigt die Anlagerung von Knochenzellen, beschleunigt die Bildung neuen Knochengewebes und trägt zu einer langfristig stabilen Verankerung orthopädischer und dentaler Implantate bei.

Je nach Anwendung kommen unterschiedliche Beschichtungsverfahren zum Einsatz, beispielsweise das Plasmaspritzen oder hydrothermale Verfahren. Ziel ist es, eine homogene Beschichtung mit kontrollierter Schichtdicke, geeigneter Kristallinität und ausgezeichneter Haftung auf dem metallischen Substrat zu erzeugen. Diese Eigenschaften sind entscheidend für die Langlebigkeit und Leistungsfähigkeit biomedizinischer Implantate.

2. Metallographische Präparation von HAP/Ti-Beschichtungen

Die metallographische Analyse stellt einen wesentlichen Schritt bei der Qualitätskontrolle von Hydroxylapatit-Beschichtungen dar. Aufgrund ihrer porösen Struktur und ihrer vergleichsweise spröden Eigenschaften erfordern diese Beschichtungen eine speziell angepasste Präparationsmethode, um ihre Integrität zu bewahren und Beschädigungen zu vermeiden, die die mikroskopische Auswertung verfälschen könnten.

LAM PLAN unterstützt Industrieunternehmen, Prüflabore und Forschungseinrichtungen bei der Präparation von Proben für die Qualitätskontrolle von Hydroxylapatit-Beschichtungen (HAP). Das für Titansubstrate entwickelte Verfahren gewährleistet eine hervorragende Oberflächenqualität und erhält gleichzeitig die ursprüngliche Morphologie der Beschichtung.

Nach dem Einbetten werden die Proben in mehreren aufeinanderfolgenden Schleif- und Polierschritten mit den Verbrauchsmaterialien von LAM PLAN bearbeitet, um eine vollkommen ebene und artefaktfreie Oberfläche für die mikroskopische Untersuchung zu erhalten.

Etappen	1	2	3	4
Unterstützung	SiC-Schleifpapier P120	SiC-Schleifpapier P320	TOUHLAM® 2TT1 Poliertuch	TOUHLAM® 4MP2 Poliertuch
Schleifmittel	Wasser (kontinuierlicher Zulauf)	Wasser (kontinuierlicher Zulauf)	NEODIA® 6F Diamantsuspension 1 s / 30 s	Final Liquid, 50 % mit Wasser verdünnt + H ₂ O ₂ 1 s / 15 s
Drehzahl (U/min)	150 / gegen den Uhrzeigersinn	150 / gegen den Uhrzeigersinn	60 / gegen den Uhrzeigersinn	60 / gegen den Uhrzeigersinn
Drehzahl des Plattentellers (U/min)	150 / gegen den Uhrzeigersinn	150 / gegen den Uhrzeigersinn	150 / gegen den Uhrzeigersinn	150 / gegen den Uhrzeigersinn
Kraftrichtung (N)	150N	150N	100N	100N
Dauer (in)	3 min	3min	5min	5min

Dieses Präparationsverfahren ermöglicht insbesondere:

- Die präzise Beobachtung der Grenzfläche zwischen Beschichtung und Titansubstrat
- Die genaue Messung der Schichtdicke
- Die Bewertung der Porosität der Beschichtung
- Die Beurteilung der Haftfestigkeit auf dem Substrat
- Die Erkennung möglicher Fertigungsfehler.

3. Ergebnisse

Die nach der metallographischen Präparation gewonnenen Beobachtungen zeigen deutlich die Mikrostruktur der Hydroxylapatit-Beschichtung sowie ihre Grenzfläche zum Titansubstrat. Die hohe Qualität der Präparation ermöglicht es, die poröse Morphologie der Beschichtung vollständig zu erhalten und gleichzeitig eine ausgezeichnete Darstellung der verschiedenen Untersuchungsbereiche zu erzielen.

Die aufgenommenen Mikrographien ermöglichen eine präzise Messung der Schichtdicke, die Bewertung von Homogenität und Porosität sowie die Überprüfung der Haftung der Beschichtung auf dem metallischen Substrat. Darüber hinaus stellen sie ein wertvolles Hilfsmittel zur Erkennung möglicher Defekte wie Risse, Ablösungen oder übermäßiger Porosität dar, die die Leistungsfähigkeit des Implantats beeinträchtigen könnten.

Das von LAM PLAN entwickelte Präparationsverfahren bietet somit eine reproduzierbare Lösung, die den Anforderungen von Qualitätskontrolllaboren, Forschungseinrichtungen und Herstellern biomedizinischer Implantate gerecht wird.

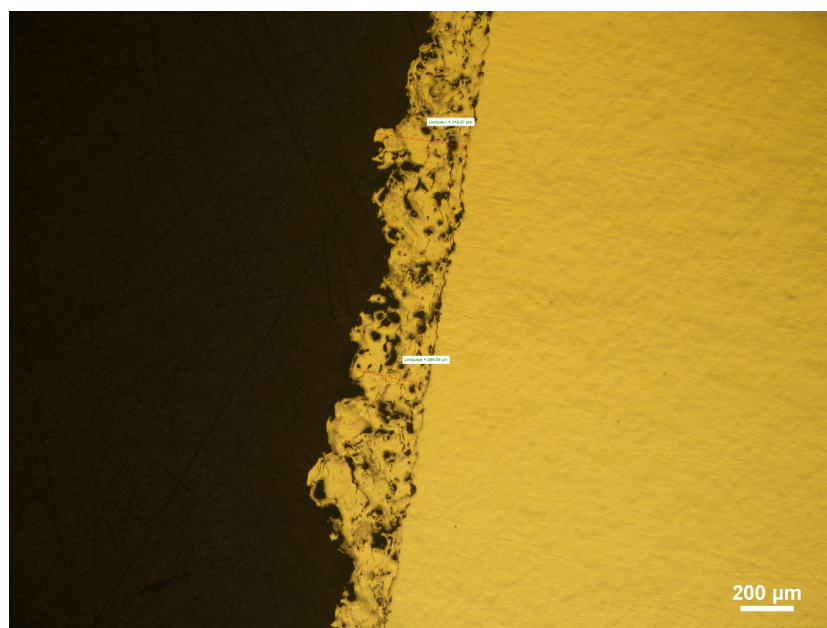


Abbildung 2. Gesamtansicht der HAP/Ti-Grenzfläche (Maßstab: 200 µm).

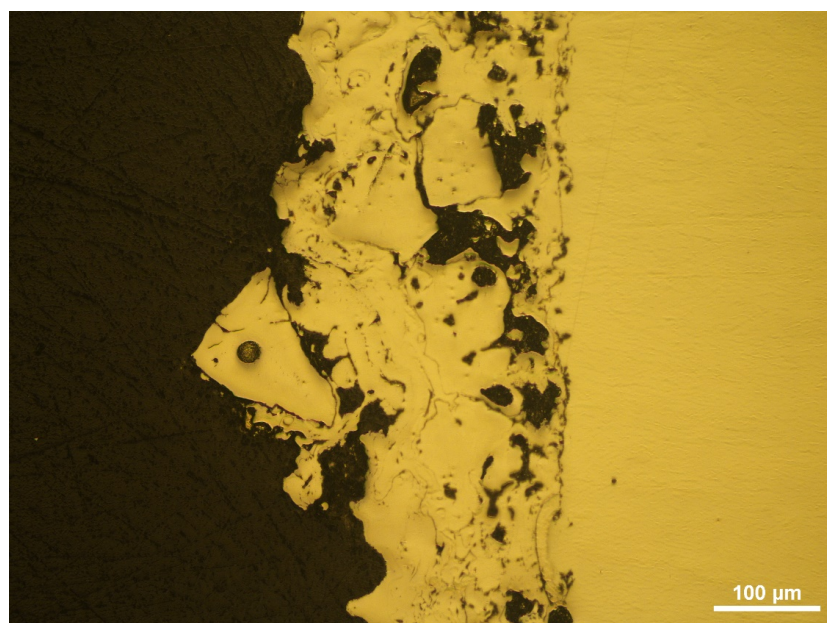


Abbildung 3. Detailaufnahme der Hydroxylapatit-Beschichtung nach der metallographischen Präparation (Maßstab: 100 µm).

4. Schlussfolgerung

Hydroxylapatit-Beschichtungen stellen heute eine unverzichtbare Lösung zur Verbesserung der biologischen Leistungsfähigkeit von Titanimplantaten dar. Um ihre Zuverlässigkeit sicherzustellen, ist eine sorgfältig kontrollierte metallographische Präparation erforderlich, die die Struktur der Beschichtung erhält und gleichzeitig die Grenzfläche zum Substrat präzise sichtbar macht.

Dank seiner langjährigen Expertise in der metallographischen Probenpräparation und seiner hochpräzisen Polierlösungen unterstützt LAM PLAN Industrieunternehmen, Prüflabore und Forschungseinrichtungen bei der Qualitätskontrolle von HAP/Ti-Beschichtungen. Diese Methodik liefert zuverlässige Ergebnisse, die für die Messung der Schichtdicke, die Bewertung der Porosität, die Prüfung der Haftfestigkeit sowie die Optimierung der Fertigungsprozesse biomedizinischer Implantate unerlässlich sind.