

# **Charakterisierung und Qualifizierung hochkarbidhaltiger Verschleißschutzbeschichtungen hinsichtlich des Einsatzes unter stark korrosiven Bedingungen (AiF-Nr.: 13.961 BR)**

## **Projektpartner:**

TU Chemnitz, Institut für Fertigungstechnik / Schweißtechnik

## **Projektlaufzeit:**

01.08.2004 bis 31.07.2006

## **Zielsetzung**

Ziel der Untersuchungen war die Entwicklung und schweißtechnische Verarbeitung von Beschichtungswerkstoffen auf Eisenbasis für das Plasma-Pulver-Auftragschweißen, die den ständig steigenden Anforderungen an Bauteilen (insbesondere im Meerwasserbereich und in der chemischen Industrie) unter korrosiven Bedingungen hinsichtlich Ihrer Verschleißbeständigkeit bei einer ausreichend guten Korrosionsbeständigkeit gerecht werden

## **Ergebnisse**

Die schweißtechnische Verarbeitung der im Forschungsprojekt untersuchten Zusatzwerkstoffe auf Eisenbasis (Neuentwicklungen) und auf Nickel- bzw. Kobaltbasis (Vergleichswerkstoffe) mittels Plasma- Pulver-Auftragschweißen wurden mit bis zu 60 % Hartstoffanteil (Vanadiumkarbid) realisiert. Anhand von Beschichtungsansichten, Querschliffen (Ungängen, Mikrohärtigkeit über den Schichtquerschnitt, Gefügeaufnahmen, Aufmischungsverhältnisse), Verbundhärtemessungen und REM-Aufnahmen wurde die Beschichtungsqualität analysiert.

Es wurde festgestellt, dass die Karbidverteilung im Matrixwerkstoff auch bei den hochkarbidhaltigen Legierungsvarianten (60 % VC) sehr homogen ist. Ungängen im Schichtverbund und Aufhärtungszonen in der Wärmeeinflusszone konnten nicht nachgewiesen werden. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften, insbesondere die Härten der Beschichtungen (HV 0,5; HRC), zeigen für alle eingesetzten Legierungsvarianten typische Werte bzw. Verläufe. Um akzeptable Raupenformierungen mit möglichst geringen Aufmischungen zu erhalten sind Hartstoffgehalte in den Beschichtungen bis 50 % VC wirtschaftlich vertretbar, da höhere Hartstoffgehalte eine größere Aufmischung nach sich ziehen und keine weiteren signifikanten Eigenschaftsverbesserungen, bei weiter steigendem Kostenfaktor, bewirken.

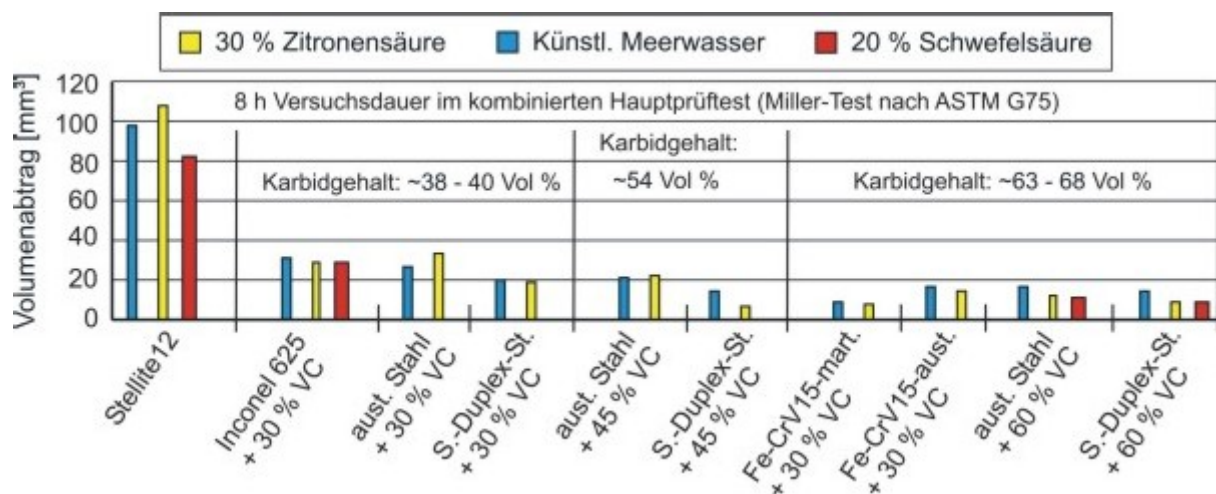
Anhand von vier verschiedenen Korrosionsuntersuchungen (Langzeitkorrosionstest über 504

h ohne Trägerwerkstoff in Anlehnung an DIN 50905/4, Dauerrührversuch nach DIN 50905/4, Salzsprühnebeltest nach DIN 50021-SS, Stromdichte-Potenzialkurven) wurde das Korrosionsverhalten der Legierungsvarianten in künstlichem Meerwasser, 30%-iger Zitronensäure und 20%-iger Schwefelsäure untersucht.

Die neuentwickelten Beschichtungswerkstoffe erreichten in Meerwasser und in Zitronensäure im Langzeitkorrosionstest und im Dauerrührversuch akzeptable Ergebnisse. Insbesondere die Legierungsvarianten bis 45 % VC zeigten anhand von REM-Aufnahmen einen sehr geringen Korrosionsangriff auf den Kontaktoberflächen. In 20%-iger Schwefelsäure erwiesen sich die neuentwickelten Fe-Basiswerkstoffe generell als unbeständig. Hier steht mit der Nickelbasislegierung Inconel 625 + 30 % VC eine ausgezeichnete Variante zur Verfügung, welche im Vergleich zur Kobaltbasislegierung Stellite 6 keine schlechtere Korrosionsbeständigkeit aufweist. In der stichpunktartig durchgeführten Salzsprühnebelprüfung wiesen die vanadiumkarbidhaltigen Neuentwicklungen eine um den Faktor 4 verminderte Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zur Kobaltbasislegierung Stellite 6 auf. Stichpunktartig durchgeführte Untersuchungen mittels Stromdichte-Potenzialkurven ergaben eine niedrige Passivstromdichte und einen ausgedehnten Passivbereich mit einer guten Korrosionsbeständigkeit, hervorgerufen durch die leicht passivierbaren Elemente Chrom und Nickel, welche in den Legierungsvarianten ausreichend vorhanden sind. In 20%-iger Schwefelsäure zeigen die hochkarbidhaltigen Fe-Werkstoffe einen gleichmäßigen Ausfraß ohne Abtrag während die Vergleichslegierung Stellite 12 deutlichen Lochfraß aufweist.

Die Abrasionsuntersuchungen wurden anhand des Schleifpapiertestes und des Miller-Testes mit destilliertem Wasser als Zwischenmedium durchgeführt. Die Reihung der Volumenabträge der Legierungsvarianten in beiden Tests sind miteinander vergleichbar. Die Verbesserung der abrasiven Verschleißbeständigkeit gegenüber der Vergleichslegierung Stellite 12 lag in Abhängigkeit vom Karbidgehalt (verschleißkennzeichnend) im Schleifpapiertest beim Faktor 5 - 13, im Miller-Test beim Faktor 3 - 7. Somit besaßen auch die Zielwerkstoffe mit 30 % und 45 % VC in der Matrix noch ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeiten.

Die kombinierten Tests Abrasion/Korrosion wurden mit den Miller-Test nach ASTM G75 als Hauptprüfetest und mit dem Verschleißtopfverfahren (80 % Feststoffanteil) realisiert. Dieser Test verkörpert primär einen Abrasivverschleißtest. Karbidgehalte über 45 % zeigen keine signifikanten Vorteile. Auch im kombinierten Miller-Test verzeichneten die neuentwickelten Fe-Werkstoffe in Meerwasser (Faktor 4 - 7) und Zitronensäure (Faktor 3 - 15) deutlich bessere Ergebnisse im Vergleich zur Kobaltbasislegierung Stellite 12.



Der errechnete Korrosionsanteil am Gesamtvolumenabtrag der Neuentwicklungen war im Meerwasser (0,01 - 0,04 %) und auch in Zitronensäure (0 - 0,12 %) sehr gering. In den stichpunktartig durchgeführten Untersuchungen in Schwefelsäure erwies sich auch mit diesem Test die Nickelbasislegierung Inconel 625 + 30 % VC sowohl im Volumenabtrag, als auch im errechneten Korrosionsanteil besser als die Kobaltbasislegierung Stellite 12 (Faktor 2 - 3).

Martensitische und austenitische Fe-CrV15-Vergleichslegierungen (auch mit jeweils 30 % zusätzlichem VC-Gehalt) wurden im Hinblick auf eine Anwendung in der Lebensmittelindustrie zusätzlich in 30%-iger Essigsäure geprüft. Bei allen organischen Korrosionsmedien wurden vergleichbare Ergebnisse erreicht. Der Korrosionsanteil am Volumenabtrag war vernachlässigbar klein. In 20%-iger Schwefelsäure waren die Vergleichswerkstoffe auf Eisenbasis (Fe-CrV15-Varianten) unbeständig.

Bei den stichpunktartig durchgeführten Verschleißtopfuntersuchungen erreichte der hochkarbidhaltige austenitische Zielwerkstoff eine bessere Beständigkeit in 20%-iger Schwefelsäure als die Vergleichslegierung Stellite 6 (Faktor 3,5).

Anhand der Untersuchungsergebnisse dieses Forschungsvorhabens konnte festgestellt werden, dass durch einen Zusatz von Vanadiumkarbid die Verschleißbeständigkeit der Fe-Basiswerkstoffe deutlich erhöht werden kann und dass deren kombinierter Einsatz Abrasion / Korrosion in unterschiedlichen Korrosionsmedien Vorteile (Meerwasser bis zu 7-fach und Zitronensäure bis zu 15-fach) gegenüber bisher verwendeten Legierungen auf Kobaltbasis zeigt. Für den Einsatz im Korrosionsmedium Schwefelsäure steht mit der Nickelbasislegierung Inconel 625 + 30 % VC eine ausgezeichnete Legierungsvariante zur Verfügung.

Der Kostenvorteil vanadinkarbidhaltiger kann bis zu 20 % gegenüber Stellitewerkstoffen bei verbesserten Eigenschaften betragen.

Mit diesen Untersuchungen liegen der Industrie Alternativen für beständigere und kostengünstigere Legierungen auf Eisenbasis vor, die je nach Korrosionsmedium und Legierungsvariante im kombinierten, primär abrasiven Einsatz ihre Vorteile gegenüber den bisher verwendeten Kobaltbasislegierungen zeigen.

## **Danksagung**

Das Forschungsvorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen gefördert und von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS unterstützt. Für diese Förderung sei gedankt. Gedankt sei auch der TU Chemnitz/Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe für die durchgeführten Untersuchungen.

Gedankt sei auch der TU Chemnitz/Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe für die durchgeführten Untersuchungen.

—

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Andreas Gebert, Dipl.-Ing.(FH) Danilo Wocilka