

# Werkstofftechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Abscheidung von Kohlenstoff auf Anlagenbauteile durch Blockierung der katalytischen Wirkung von Werkstoffoberflächen

15237 N

Werkstoffe bei hohen Temperaturen in Atmosphären mit hohen Kohlenstoffaktivitäten effektiv vor Coking und Metal Dusting zu schützen, stellt eine Herausforderung dar. Konventionelle Ansätze setzen auf die Verwendung von hochlegierten Werkstoffen oder Coatings, die selbst bei sehr niedrigen Sauerstoffpartialdrücken Oxidschichten aus  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ausbilden, die dann Barrieren zwischen Prozessumgebung und Werkstoff darstellen. Diese Barrierschichten tendieren jedoch dazu bei zyklischer thermischer Beanspruchung abzuplatzen, da ihre thermischen Ausdehnungskoeffizienten nicht mit denen der Werkstoffe übereinstimmen. Wenn dies passiert, kommt es zum nicht mehr aufzuhaltenden Coking und Metal Dusting des darunter liegenden ungeschützten Materials. In diesem Projekt wurde deshalb der Ansatz verfolgt, metallische Oberflächen, die den Coking- und Metal Dusting-Mechanismus katalysieren, direkt zu vergiften. Dafür ist nur eine sehr dünne Beschichtung nötig, im Extremfall reicht sogar eine monoatomare Schicht.

Um eine geeignete Phase zu ermitteln, sind zunächst unterschiedliche Elementkombinationen mit Hilfe des PVD-Sputterverfahrens auf unterschiedlichen Werkstoffen abgeschieden und thermisch behandelt worden. Anschließend wurden die entstanden Oberflächenschichten bezüglich ihrer gebildeten Phasen und ihres Diffusionsverhaltens in den Werkstoff untersucht. Die Proben wurden außerdem unter Metal Dusting-Bedingungen ausgelagert, um das Potential der Phasen bezüglich ihrer Schutzwirkung zu evaluieren. Dieses Screening zeigte, dass Oxid- und Karbidbildner zwar grundsätzlich das Potential besitzen, metallische Oberflächen gegen Coking und damit Metal Dusting zu schützen. Allerdings besteht bei schlecht haftenden Sputterschichten das Problem der Differenz der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Legierung und Beschichtung, welches auch bei relativ dünnen Schichten dominiert.

Es hat sich allerdings gezeigt, dass vergleichsweise oxidationsstabile Metalle wie zum Beispiel Kupfer und Zinn auch gegen Coking und Metal Dusting stabil sind. Da Kupfer als Legierungselement bereits von mehreren Arbeitsgruppen weltweit intensiv untersucht wird, wurde im vorliegenden Projekt Zinn als innovativer und nicht so kostenintensiver Ansatz gewählt. Die Untersuchungen zeigten, dass bereits eine sehr dünne Schicht von 2-5  $\mu\text{m}$  auf Alloy 800 die Korrosionsbeständigkeit stark erhöht.

Weitere Beschichtungsversuche wurden mit elektrochemischen Beschichtungsmethoden und dem Pulverpackprozess durchgeführt. Dabei bildete sich keine elementare Zinnbeschichtung, sondern eine intermetallische Nickel-Zinn-Beschichtung, die sich als resistent gegen Coking und Metal Dusting herausstellte. Diese intermetallische Phase ist bis  $1200^\circ\text{C}$  stabil und bei niedrigen Sauerstoffpartialdrücken, wie sie unter Metal Dusting-Bedingungen vorherrschen, oxidationsresistent.

Weitere Untersuchungen zeigten, dass Sauerstoff durch die Beschichtung hindurch diffundieren kann. Sofern stabile Oxidbildner in der Legierung vorhanden sind (Cr, Al), bildet sich eine Oxidschicht unter der intermetallischen Nickel-Zinn-Schicht. Diese beeinträchtigt die Haftfestigkeit der Schicht. Deshalb wurde versucht, "Sauerstofffänger" in die Beschichtung einzubauen. Titan zeigte eine gute Wirkung als co-Diffusionselement in Nickelbasislegierungen. Mit Hilfe der Nickel-Zinn-Schicht konnten auch auf niedrig legierten Werkstoffen Coking und Metal Dusting bis 2.400 h erfolgreich unterbunden werden.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema von 07/07 bis 09/09 bei der **DECHEMA e.V., Karl-Winnacker-Institut** (Theodor-Heuss-Alle 25, 60486 Frankfurt am Main, Tel.: 069/7564-0) unter Leitung von Prof. Dr. M. Schütze (Leiter der Forschungsstelle Dr. K. Wagemann).

--> [TIB](#)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 15237 N der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.