

Leistungsgesteigerte, haftfeste Oberflächenschichten durch CrN-Beschichtung auf randzonennitrierten Umformwerkzeugen

Problem- und Zielstellung

Umformwerkzeuge unterliegen im realen Einsatz vielfältigen, häufig komplex wirkenden, mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen. Im Rahmen der Konstruktion und Fertigung eines speziellen Anforderungen gerecht werdenden Werkzeuges kommt neben der Wahl des Werkzeugwerkstoffes und seiner Wärmebehandlung der strukturellen Gestaltung der Funktionselemente im Bereich der Werkzeugrandzone eine besondere Bedeutung zu. Das Plasmanitrieren von Stahlwerkstoffen und die PVD-Hartstoffbeschichtung stellen seit Jahren in die industrielle Praxis eingeführte Verfahren dar, die in hohem Maß die Qualität vieler Umformwerkzeuge bestimmen. Die Kombination der beiden Technologien in einem unterbrochenen bzw. kontinuierlichen Prozessablauf, häufig auch als Duplexprozess bezeichnet, ist zwar allgemein bekannt, wird jedoch in der Praxis bisher noch relativ selten angewendet.

Die Zielstellung des Vorhabens bestand in der Verbesserung des Einsatzverhaltens von Werkzeugen für die Metallumformung durch die PVD-Abscheidung von haftfesten Chromnitridschichten auf zuvor plasmanitrierten Werkzeugaktivteilen.

Gemeinsam mit in der Werkzeug- und Umformtechnik tätigen Industriepartnern wurden Werkzeuge zur Umformung von Stahl- und Aluminiumblechen ausgewählt, bei denen Randzonenbehandlung mittels Duplexprozess Probleme bezüglich der Standzeit und Qualität des Werkstückes zu lösen waren. Als Werkzeugwerkstoffe wurden der Kaltarbeitsstahl 1.2379 und der Schnellarbeitsstahl 1.3343 festgelegt, um auch den hohen Anforderungen an die Festigkeit des Werkzeugkerns gerecht zu werden.

Der Grundgedanke des Duplexprozesses Plasmanitrieren / PVD-Beschichtung besteht darin, die Festigkeit der Werkstoffrandzone durch Stickstoffdiffusion zu erhöhen und damit deren Stützwirkung für die nachfolgend darauf abzuscheidende Hartstoffschicht zu verbessern.

Beide Einzelprozesse, Plasmanitrieren und PVD-Hartstoffbeschichtung, wurden in eigenen Anlagen der CeWOTec gGmbH durchgeführt. Das Plasmanitrieren erfolgte in einer Anlage PLATEG Puls Plasma 60, die CrN-Abscheidung in einer Anlage des Typs PVT 840 der Firma Plasma- und Vakuumtechnik GmbH Bensheim.

Experimente an Probekörpern

Im Rahmen von Voruntersuchungen unter Verwendung zylindrischer Probekörper wurden werkstoffspezifische technologische Parameter für das Plasmanitrieren ermittelt. Da insbesondere mehrphasige Verbindungsschichten aufgrund ihrer Oberflächenstruktur die Haftfestigkeit nachfolgend abgeschiedener PVD-Schichten beeinträchtigen, bestand das Ziel dieser Untersuchungen darin, die Entstehung einer Verbindungsschicht zu unterdrücken.

Die Bilder 1 und 2 zeigen im unterbrochenen Duplexprozess plasmanitrierte und CrN-beschichtete Werkzeugstähle. Die Stickstoffeindringtiefe entspricht der Ausdehnung des dunkleren Bereiches unterhalb der hellen, dünnen CrN-Schicht. Aufgrund des hohen Anteils sondernitridbildender Elemente, insbesondere von Chrom, erreicht die Diffusionsschicht dieser Werkzeugstähle Härtewerte von bis zu 1250 HV 1, was zu einer Verringerung des Härtegradienten zwischen Grundwerkstoff und CrN-Schicht beiträgt.

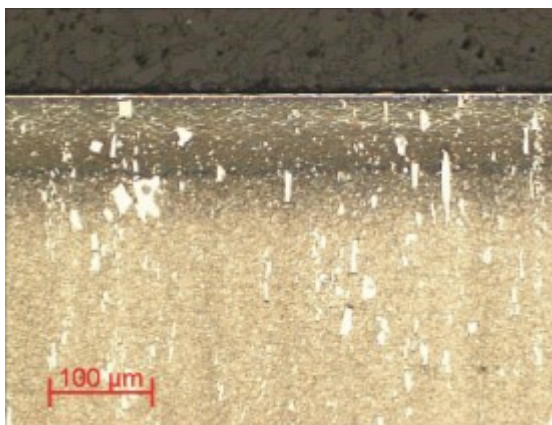


Bild 1: Querschliff 1.2379
10,0 h plasmanitriert bei 510 °C;
CrN-beschichtet

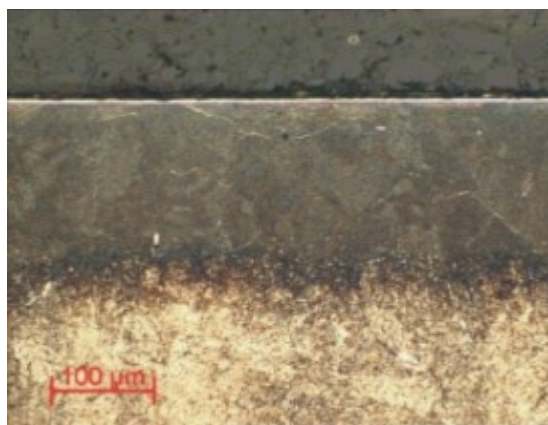


Bild 2: Querschliff 1.3343
10,0 h plasmanitriert bei 510 °C;
CrN-beschichtet

Durch das Nitrieren vergrößert sich die Ausgangsrauheit der polierten Proben von $R_z = 0,1 \mu\text{m}$ auf $R_z = 0,8 \mu\text{m}$. Mittels Zwischenpolieren vor der CrN-Beschichtung wird ein locker aufliegender Belag entfernt und die Oberfläche wieder auf $R_z = 0,3 \mu\text{m}$ geglättet.

Auf derart plasmanitrierten und polierten Proben bzw. Werkzeugen wurde eine Chromnitridschicht mit einer chemischen Zusammensetzung von etwa 65 At.-% Chrom und 35 At.-% Stickstoff abgeschieden.

Die Bilder 3 und 4 zeigen den Schliff sowie das GDOES-Tiefenprofil einer CrN-Schicht von 3,0 μm Dicke auf vornitriertem, poliertem Stahl 1.2379.

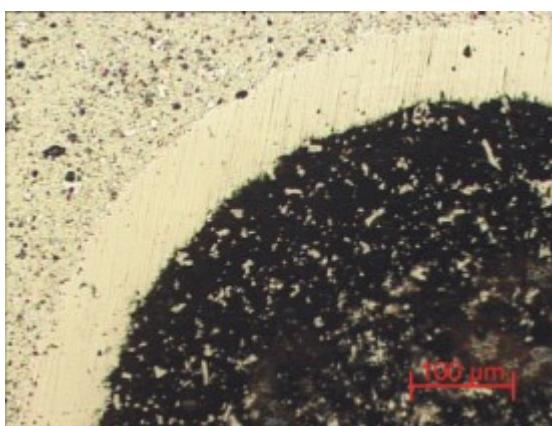


Bild 3: Kalottenschliff (Ausschnitt)

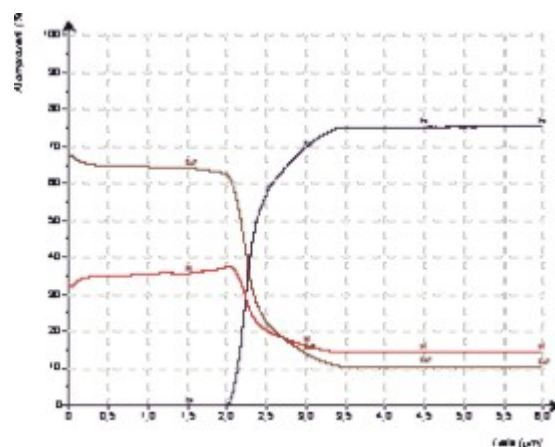


Bild 4: GDOES-Tiefenprofil CrN / vornitr. 1.2379
(N-Verlauf ist rot hervorgehoben)

Die CrN-Schichthärte (Härtemessung unter Last, Endlast 30 mN) lag bei Universalhärte HU = 24.000 N mm⁻². Zur Prüfung der Haftfestigkeit wurden sowohl der Rockwell C-Test als auch der Scratchtest herangezogen. Auf vornitriertem Stahl 1.2379 wurde die CrN-Schicht durch Bewertung des Rissbildes am Rand des Rockwelleindrucks in die Haftfestigkeitsklasse HF 2 eingestuft. Im Bild 5 sind neben feinen Rissen nur minimale flächige Schicht-abplatzungen zu erkennen.

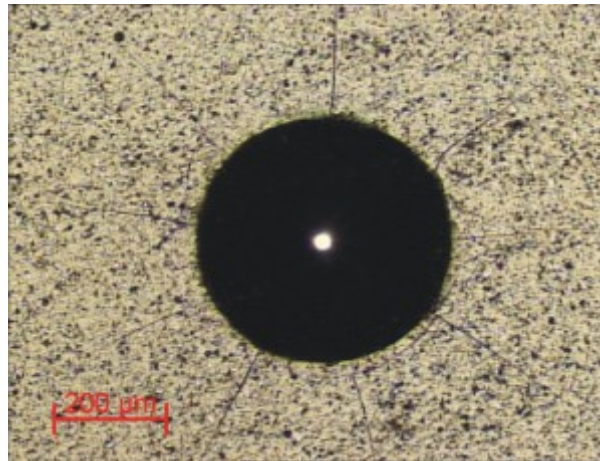


Bild 5: Rockwell C-Test, CrN auf 1.2379 vornitriert, poliert

Werkzeugbehandlung und Werkzeugeinsatz

Die beschichtungsgerechte Fertigung der Werkzeuge für die Herstellung von Automobilteilen erfolgte bei Umformtechnik Stendal UTS GmbH & Co. KG und MWK Werkzeug- und Vorrichtungsbau GmbH, Chemnitz, die auch den industriellen Werkzeugeinsatz vornahmen und betreuten.

Auf Basis der an einfachen Probekörpern gefundenen Duplex-Technologie wurde die Behandlung der Werkzeuge vorgenommen.



Bild 6: Werkzeugoberteil (Biegestempel)



Bild 7: Werkzeugunterteil (Biegematrize)

Die Bilder 6 und 7 zeigen die beiden Biegestempel und Biegematrizen (Werkstoff 1.2379) im Verbundwerkzeug "Halter Schachtprofil". An den Funktionsflächen der duplexbehandelten Biegestempel und Biegematrizen sind nach mehreren Losen mit jeweils 6.000 Teilen bisher keine Verschleißmerkmale, wie z.B. Kaltaufschweißungen, festzustellen. Die Reierquote des zu verformenden Bleches (AlMg3W19, Dicke 2,0 mm) reduzierte sich im Vergleich zur bisherigen Variante ohne Beschichtung um ca. 50 %. Das Werkzeug befindet sich weiterhin im Einsatz.

Danksagung

Dieses FuE-Vorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) Köln unter dem Kennzeichen 13254 BR gefördert und von der Forschungsvereinigung Werkzeuge und Werkstoffe e.V. Remscheid betreut. Dafür danken wir.

—

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. F. Kunath

[drucken](#) || [pdf](#) || [zurück](#) || [Cewotec gGmbH](#)