



Auswerfer, Typ AV03

# Auswerfer verringert Verschleiß im Formenbau

**Plasmanitrieren.** Auswerfer gehören zu den meistbewegten Teilen in Spritzgießwerkzeugen und bestimmen daher maßgeblich deren Standzeiten und Wartungsintervalle. Für die Lebensdauer der Auswerferstifte sind Aufbau und Qualität der Nitrierschicht von besonderer Bedeutung. Aktuelle Langzeitbetrachtungen stellen Nitrierprozesse in Frage, die noch heute angewandt werden, obwohl sie längst nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen.

**PIUS EICHINGER  
MICHAELA WASSEBERG**

Die Standzeiten eines Werkzeugs sind umso höher, die Wartungsintervalle umso länger, je weniger die Auswerfer verschleifen. Auch wenn sie zu den so genannten Normteilen zählen – die Ausführungen einzelner Hersteller unterscheiden sich erheblich.

Generell wird zwischen gehärteten und nitrierten Auswerferstiften unterschieden. Die gehärtete Ausführung kommt bei niedrigen Temperaturen im Werkzeug zum Einsatz, wenn am Schaft noch Konturen angearbeitet werden sollen. Der Auswerfer ist auf ca. 60 HRC durchgehärtet und nach der Bearbeitung sofort einsetzbar. Der Reibverschleiß lässt sich durch Anwendung eines Schmiermittels oder durch Beschichtung reduzieren. Diese Methoden haben jedoch den Nachteil, dass das Schmiermittel auf die Oberfläche des Formteils tropft oder der zusätzliche Weg zu einem Beschichter mit einer längeren Lieferzeit und hohen Kosten für Beschichtung und Transport verbunden ist.

Erfordert der Prozess eine höhere Oberflächenhärte oder Temperaturstabilität, greift der Konstrukteur oder Formenbauer zu einem Auswerfer aus Warmarbeitsstahl. Im Unterschied zum gehärteten Auswerfer, der über eine Anlassbeständigkeit von bis zu 200 °C ver-

fügt, ist der Auswerfer aus Warmarbeitsstahl bis ca. 600 °C stabil. Durch das Nitrieren wird eine Oberflächenhärte von ca. 70 HRC (bis 1100 HV 0,3) erreicht. Der zähe Kernwerkstoff, dessen Härte immer noch bei ca. 44 HRC liegt, ist elastisch genug, um auftretende Quer- und Längskräfte aufzunehmen. Die Stabilität des Auswerfers hängt also entscheidend vom Grundmaterial ab. Die Standzeit wird jedoch im Wesentlichen durch die Nitrierschicht bestimmt.

## Alte und neue Nitrierverfahren

Das älteste Nitrierverfahren ist das Salzbadnitrieren. Allein die enormen umwelt- und sicherheitstechnischen Probleme haben es bis heute fast zum Verschwinden gebracht. Auch unter einem anderen Blickwinkel schneidet das Salzbadnitrieren schlecht ab: Prozessbedingt lässt es keine gute Reproduzierbarkeit zu. Zu sehr beeinträchtigen Verschmutzungen die Badkonzentration, das Nitrierergebnis ist

Verfahren	optimal	im Salzbad	im Gas	im Plasma	Drei-S-Werk
<b>Prozesssteuerung</b>	individuell steuerbar	über die Salzbadkonzentration	durch das Charchieren	elektronisch über Impulsverfahren	elektronisch über Impulsverfahren
<b>Verbindungs-schicht</b>	dünn und gleichmäßig	dick, aber porig blätterig	dünn möglich, aber porig und ungleichmäßig	dünn und gleichmäßig möglich	dünn und gleichmäßig
<b>Nitriertiefe bzgl. Dauerschwingfestigkeit</b>	dünn und gleichmäßig	dick, aber ungleichmäßig	dünn möglich, aber ungleichmäßig	dünn und gleichmäßig möglich	dünn und gleichmäßig
<b>Oberflächenrauheit</b>	ohne Poren	Poren mit der Neigung zum Abblättern	Poren mit der Neigung zum Abblättern	porenarm	porenarm
<b>Porensaum</b>	ohne Porensaum	Porensaum durch hohen Stickstoffgehalt	Porensaum durch hohen Stickstoffgehalt	über Steuerung ohne Porensaum möglich	ohne Porensaum
<b>Oberflächen-nacharbeit</b>	keine	Läppen, Polieren, Gleitschleifen	Läppen, Polieren, Gleitschleifen	keine bzw. mit Lappen abwischen	keine bzw. mit Lappen abwischen

Tabelle 1. Entscheidungsstruktur für die Anwendung verschiedener Nitrierprozesse

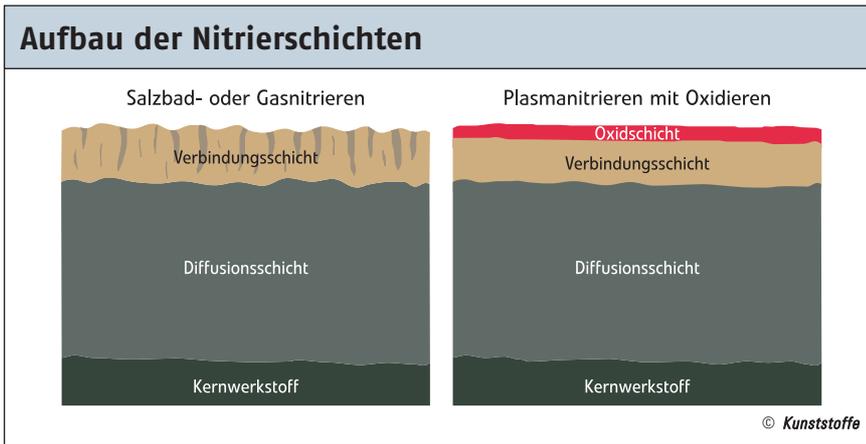


Bild 1. Gegenüberstellung des schematischen Aufbaus der Nitrierschicht des Salzbad- oder Gasnitrierens und der des Plasmanitrierens einschließlich Oxidieren (Bilder: Drei-S-Werk)

nicht steuerbar. Beim Salzbadnitrieren bildet sich eine Vielzahl tiefer Poren in der äußeren Verbindungsschicht, was eine sehr raue Oberfläche bedingt. Diese Poren stellen nach heutigen Erkenntnissen Unterbrechungen im Gitterverbund des Werkstoffs dar, die seine Festigkeit an der Oberfläche eindeutig reduzieren.

Untersuchungen zeigten schon vor Jahren, dass bereits bei geringer Flächenbelastung und nach relativ kurzem Verschleißweg aus dem porösen Teil der Verbindungsschicht Partikel ausbrechen oder abgeschert werden, die dann zusammen mit dem eingesetzten Schmierstoff ein abrasives Medium darstellen [1]. Poren besitzen also eine Mikroerbwirkung, die den Auswerfer schwächt. Die kurzen Hübe und abrasiven Medien tragen dazu bei, dass die Formbohrung frühzeitig erweitert und der Auswerfer abgenutzt wird. Dadurch kann Schmelze in den Spalt zwischen Auswerfer und Bohrung eindringen – mit der Folge, dass das Werkzeug ausfällt.

Beim Gasnitrieren tritt eine geringere Porenbildung als im Salzbad auf, der Schichtaufbau ist damit besser steuerbar. Die Gleichmäßigkeit der Schichtdicke und der Schichtaufbau sind jedoch problematisch. Gasförmiger Stickstoff wird zwischen die zu nitrierenden Teile eingebracht. Das ruft bei der Begasung von Massenteilen viele kleine Windschatten hervor. Strömt das Gas auf ein Werkstück

zu, so wird es an dieser Stelle effektiv nitriert. Auf der gegenüberliegenden Seite jedoch, im Schatten der Teile, wandert nicht gleichmäßig viel Stickstoff an die Werkstückoberfläche. Befinden sich nun sehr viele Werkstücke in einem Los, verlaufen in der Gaskammer sehr unterschiedliche Strömungen. Dieser Befund erklärt, warum die Mantelfläche grundlegend unterschiedlich nitriert ist. Darüber hinaus bildet sich bei Nitrierfehlern (Stickstoffüberkonzentration) ein poröser Saum, der durch seine abrasive Wirkung wie Sand in der Führung wirkt.

### Warum plasmanitriert und oxidiert?

Um den Verschleißwiderstand bestmöglich nutzen zu können, bedarf es eines exakten und gleichmäßigen Schichtaufbaus. Beim Plasmanitrieren erfolgt eine gleichmäßige elektrische Entladung an der Werkstückoberfläche. Dabei bildet sich wie beim Schweißen ein kleiner Lichtbogen. Dieser so genannte Glimmsaum gibt dem gasförmigen Stickstoff die Möglichkeit, in die Oberfläche des Stahls einzudringen. Am Werkstück entsteht so eine dünne Nitridschicht, die so genannte Verbindungsschicht. Idealerweise ist die Verbindungsschicht sehr dünn, nicht rissig oder porös und haftet fest an der Diffusionsschicht, die stickstoffangereicherte Mischkristalle und ausgeschiede-

ne Nitride enthält. Nur im gepulsten Plasma ist es möglich, die Verbindungsschicht dünn und porenarm herzustellen. Der Prozess ist elektronisch präzise steuerbar. Mit einiger Erfahrung können die gewünschten Schichtdicken sehr genau und reproduzierbar erzeugt werden (Bild 1).

Lange Zeit waren Salzbad- und Gasnitrieren gängige Verfahren, Folgeprozesse in der Herstellung von Auswerfern wurden diesen Verfahren angepasst. Da die fast schwarze, verschmutzte, poröse und brüchige Oberfläche für den Spritzgießprozess unbrauchbar war, wurden die Auswerfer nach dem Nitrieren poliert. Dabei wurde jedoch ein Teil der Nitrierschicht wieder abgetragen. Die beim Salzbad- und Gasnitrieren entstandenen rissigen Verbindungsschichten wurden ungleichmäßig oder vollständig wegpoliert. Der Auswerfer glänzte zwar – die schützende, verschleißfeste Verbindungsschicht war jedoch weg. Das Drei-S-Werk entwickelte deshalb den blanken, plasmanitrierten Auswerfer (A004), der nicht

<b>i</b>	<b>Hersteller</b>
<p><b>Drei-S-Werk</b>                  Nördliche Ringstr. 14                  D-91126 Schwabach                  Tel. +49 (0) 91 22/15 05-0                  Fax +49 (0) 91 22/15 05-54                  www.drei-s-werk.de                  www.av03.de</p>	

poliert werden muss. Der Stift ist blank und besitzt eine hellgraue, matte Oberfläche mit einer entsprechend optimierten Verbindungsschicht.

Wird zusätzlich auf die Verbindungsschicht eine Oxidationsschicht aufgetragen, so verbessert sich die Haltbarkeit des Auswerfers nochmals (Bild 2). Das Drei-S-Werk entwickelte gemeinsam mit renommierten Nitrieranstalten dieses neue Verfahren für Auswerferstifte weiter und brachte den Auswerfer AV03 auf den Markt. Grundsätzlich lässt sich die schwarze Oxidschicht durch verschiedene Verfahren aufbringen – die Kombination mit dem Plasmanitrieren bietet jedoch die meisten technischen Vorteile:

- Das Verschleißverhalten von Formbohrung und Auswerfer wird verbessert.
- Die Oxidschicht dient als Antihaftschicht für Schmelzen.
- Die Korrosionsbeständigkeit wird erhöht.
- Trockenlauf wird ermöglicht.

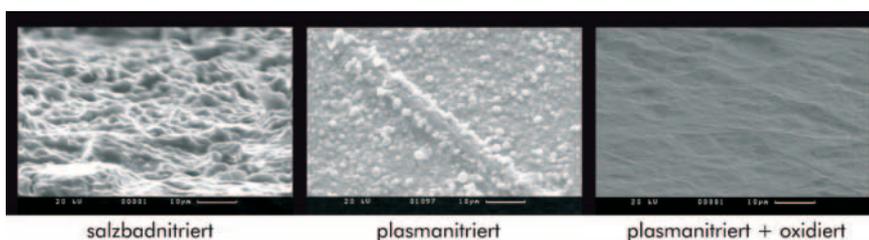


Bild 2. Die Oberflächen der unterschiedlich nitrierten Auswerfer im Vergleich

- Die Teile färben bei der Handhabung nicht ab.

Bedenken, dass die schwarze Schicht beim AV03 abfärbt, können durch einen einfachen Test ausgeräumt werden. Trägt man von einem blanken, einem leicht grauen und einem schwarz oxidierten Auswerfer (Bild 3) kleine Späne mit der Diamantfeile ab und vergleicht diese miteinander, so sind keine Farbunterschiede festzustellen (Titelbild). Ob blank oder leicht grau, Stahl oxidiert immer an der Oberfläche. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass oxidiertes Stahl immer gleich aussieht – wie eine schwarze Oxidationsschicht beim AV03. Dennoch verschleifen trockene Oberflächen schneller als geschmierte. Das bis 1400 °C geeignete Hochleistungsfett AWF 1400 für Auswerfer kann bei sparsamem Gebrauch bedenkenlos bei niedrigen und hohen Prozesstemperaturen eingesetzt werden.

### Vergleichende Versuche zum Verschleiß

Ein vergleichender Versuch zum Verschleißverhalten sollte Aufschluss darüber geben, welche Oberflächenbehandlung zu einer langen Lebensdauer von Auswerfern führt. Um die Erkenntnisse möglichst praxisnah zu ermitteln, simulierte im Auftrag von Drei-S ein unabhängiges Ingenieurbüro die Bedingungen für den Standardeinsatz wie folgt:

- Versuchsform mit Normbüchsen aus dem Werkstoff 1.2343; jeweils drei Auswerferstifte;
- Hubbewegung: 30 mm;
- Querkraftausübung auf Büchsen: 10 N auf eine projizierte Fläche von  $30 \times 8 \text{ mm}^2$ .

Welche Querkräfte tatsächlich in einer Form auftreten, ist in erster Linie davon abhängig, wie genau die Form- und Lagetoleranzen der Führungsbohrungen und der Auswerferplatten eingehalten werden.

Die Büchsen wurden durch die reibenden Auswerferstifte bereits nach kurzer Betriebszeit an den belasteten Oberflächenbereichen blank poliert. Der Abrieb nimmt mit der Zeit zu. Dass dieser Prozess nach dem Blankreiben einer bestimmten Flächengröße zum Stillstand kommt, wurde nicht beobachtet. Vielmehr bohrt sich der Auswerfer allmählich weiter in die Büchse und produziert laufend Abrieb. Dieser Abrieb ist der eigentliche Auslöser dafür, dass sich der Auswerfer festfrisst.

Die drei meistverkauften Auswerferausführungen des Drei-S-Werks wurden mehreren Testreihen mit 100 000 Hüben

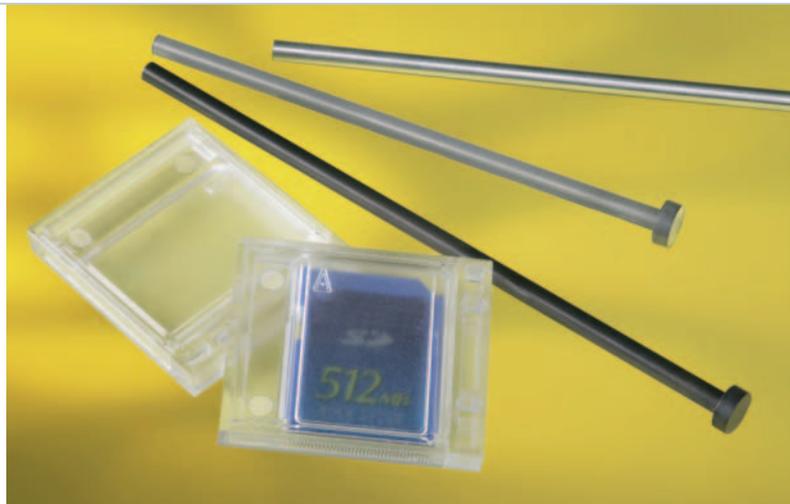


Bild 3. AV03 (schwarz), A004 und gehärteter Auswerfer (von unten nach oben)

unterzogen. Danach wurde die Versuchsform jeweils komplett zerlegt. Die Ergebnisse:

1. Schwarzer nitrierter Auswerfer mit  $\text{MoS}_2$  (vormals im Druckguss eingesetzt): Durch die Beschichtung mit  $\text{MoS}_2$  Gleitlack von ca. 15  $\mu\text{m}$  Dicke ergab sich eine wesentlich höhere Reibkraft zwischen Auswerfer und Bohrungswand, die die Versuchsform zusätzlich erwärmte und den Verschleiß von Auswerfer und Büchse wesentlich erhöhte.

2. Plasmanitrierter blanker Auswerfer mit Schmierstoff (Einsatz im klassischen Spritzgießen): Durch die kurze Hubbewegung entstand eine Ansammlung von Abrieb, die teilweise eine relativ feste Bindung mit dem Untergrund einging und diesen merklich aufraute. Die Gleichmäßigkeit der blanken Stelle über die Stoßkante der beiden Büchsen hinaus lässt vermuten, dass das zerriebene Material in Verbindung mit dem Schmiermittel als Schleifpaste gewirkt hat.

3. Plasmanitrierter und schwarz oxidiertes Auswerfer mit Schmierstoff (neue Variante für Spritzgießen und Druckguss): Zwar war nach 100 000 Hüben die Oxidationsschicht an der Reibstelle nicht mehr erkennbar, aber Verschleiß und Abrieb fanden nur auf niedrigem Niveau statt. Die Formkontur blieb nahezu konstant.

### Ein Auswerferstift, der die Form schont

Nach heutigem Wissen und dem Stand der Technik darf der plasmanitrierte und oxidierte Auswerferstift (Typ AV03, siehe Titelbild) als formschonend gelten. Er kann lebensdauer geschmiert (AWF 1400) oder auch trocken eingesetzt werden.

Aus tribologischer Sicht sollte es der Formenbauer vermeiden, zwei Reibpartner aus demselben Material einzusetzen. Unkontrollierter Verschleiß und ein Ver-

schweißen („Fressen“) wären die Folgen. Von dieser Kernaussage geleitet, stellte das Drei-S-Werk in einer Versuchsreihe fest, dass das Aufbringen einer  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Oxidsschicht die Gleit- und Notlaufeigenschaften generell verbessert. Das Verfahren wird in anderen Branchen für ähnliche Zwecke eingesetzt. In der Automobilbranche werden die Nockenwellen moderner Motoren ebenfalls oxidiert. Bei Kolben in Hubzylindern nutzt der Maschinenbau die Korrosionsbeständigkeit und das Trockenlaufverhalten schon seit Jahren. ■

### LITERATUR

- 1 Hoffmann, F.; Mayr, P.: Wärmebehandlung. AWT-Seminar, Berlin 1984

### DIE AUTOREN

PIUS EICHINGER ist seit 2001 beim Drei-S-Werk, Schwabach, beschäftigt, zuerst als Fertigungsleiter, seit April 2006 als Technischer Leiter; pius.eichinger@av03.de

MICHAELA WASSENBERG ist Inhaberin der PR-Agentur Wassenberg, Nürnberg.

### SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

## Ejector Reduces Wear in Mould-Making

**PLASMA NITRIDING.** Ejectors are the parts that undergo most movement in the injection mould, and therefore the determining factors in the lifetimes and maintenance frequency. The lifetime of the ejector pins depends on the structure and quality of the nitriding layer. Recent long-term studies call into question nitriding processes that are still used even though they are no longer state of the art.

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE103596** on our website at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)