



**Technisches F&E-Zentrum für Oberflächenveredelung  
und Hochleistungswerkzeugbau**

**Dr.-Ing. Lienhard J. Paterok**

## Heißkanal-Spritzgießdüsen und ihre Effizienzsteigerung.

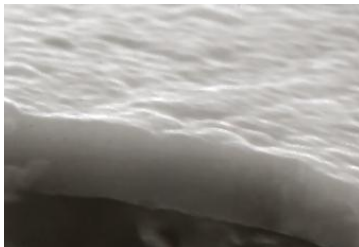
Aus, mit verschiedenen mit Füllstoffen, Pigmenten und Antiflammmitteln legierten Kunststoffen, werden in der Industrie hochwertige technische Produkte, die in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau, der Elektrotechnik, dem Schiffs- und Flugzeugbau eingesetzt werden, hergestellt. Nicht selten liegt das Niveau der Füllstoffe in technischen Kunststoffen zwischen 50% und 90%. Die Legierungssubstanzen können organisch oder anorganisch in Form von Kugeln, Würfeln, Quadern, Plättchen und Fasern vorkommen. Die gemeinsame Eigenschaft für alle Hochleistungsfüllstoffe und die höher aufgezählten Stoffe ist ihre beträchtliche Härte. Sie ist in einigen Fällen 3 bis 4 Mal höher als die Härte eines im Spritzgießprozeß eingesetzten Formeinsatzes. Diese beachtliche Härte­differenz zwischen einer Form­oberfläche und einem Füllstoff ist die Ursache für eine sehr intensive Abnutzung aller am direkten Formgebungsprozess beteiligten Formelemente.

Einer besonders schnellen und damit teuren Abnutzung unterliegen alle Spritzgießdüsen. Diese Tatsache hat in der Vergangenheit aus Kostengründen die Kunststoffindustrie zu einer Weiterentwicklung dieser Elemente gezwungen. Das wichtigste Entwicklungskriterium war die Steigerung der Schussfolge bei einer relativ niedrigen Spritzgießdüsenabnutzung. Das Ergebnis sowohl einer analytischen als auch einer praktischen Analyse war die Entscheidung für den Bau eines Heißkanal-Spritzgießdüsen-Systems aus Kupfer-Beryllium (CuBe 1, 7). Dieser Werkstoff zeichnet sich durch die relativ beste Wärmeleitfähigkeit (ausgehärtete Legierung  $\lambda = 170 - 260$  (W/(m.K)) und einer relativ niedrigen Mikro­härte zwischen 350 und 420 HV aus. Leider ist die niedrige Mikro­härte dieser Legierung die Ursache für ihr Versagen bei der Herstellung von, mit Glasfaser (650 HV und 1150 HV) gesättigten, GFK-Bauteilen. Um der Spritzgießdüsen-Abnutzung entsprechend entgegenzuwirken, hat man in der II. Entwicklungsphase auf die hohe Wärmeleitfähigkeit von Kupferberyllium verzichtet und beschloss, einen Werkstoff mit einem hohen Abriebwiderstand, wie z. B. gehärtete Hochleistungsschnellarbeitsstähle, und einer maximalen Härte von 63 bis 66 HRC (770HV – 880 HV) zu wählen. Durch diese Maßnahme wurde die Abnutzung der Heißkanal-Spritzgießdüsen um den Faktor 3 bis 10 gesenkt. Leider war eine weitere Erhöhung der Spritzfolge aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda = 15$  bis  $25$  [W/(m.K)] des Stahls nur in einem nicht nennenswerten Umfang möglich.

Auf dem Markt folgte weiter eine Preissteigerung nach der anderen. Das setzte die Kunststoffteile-Hersteller weiter unter Druck und zwang sie, noch nach weiteren Spritzgießdüsen-Werkstoffen, mittels welchen sich die Spritzfrequenz entsprechend steigern ließe, zu suchen. Hier standen nur noch Dispersions-Werkstoffe (Teilchenverbundwerkstoffe) zur Verfügung, wie z. B. Hartmetalle. Im Hartmetall sind die keramischen Wolframkarbid-Teilchen in einer metallischen Kobalt-Matrix eingelagert. Die Matrixgröße ist vom Hartmetall-Typ von der entsprechenden Hartmetallgruppe P, M, K und G abhängig. Der Kobalt-Anteil in der Anwendungsgruppe P schwankt zwischen 6% und 17%, in der M-Gruppe zwischen 6% und 15%, in der K-Gruppe zwischen 4% und 12% und in der G-Gruppe zwischen 6% und 30%. Die Kobalt-Matrix ist im Vergleich mit Füllstoffen weich und ihre Härte beträgt

etwa 536 HV (Mohshärte 5). Sie wird während des Kunststoff-Spritzprozesses von harten sowohl Füllstoffen als auch Pigmenten und Anti-Flamm-Mittel-Kristallen aus der kompakten Hartmetall-Spritzgießdüsen-Oberfläche relativ leicht und schnell ausgewaschen. Um das Auswaschen entsprechend auszubremsen, werden Spritzgießdüsen aus Hartmetalltypen mit einer Makrohärte zwischen 1400 HV und 1850 HV und einer Korngröße zwischen 0,2  $\mu\text{m}$  und 1,0  $\mu\text{m}$  hergestellt. Je geringer das Volumen einer Kobaltmatrix im Hartmetall ist, desto höher ist die Makrohärte einer Hartmetallsorte. Je kleiner der WC- Kristalldurchmesser und der Kobaltgehalt ist, desto langsamer ist der Abnutzungsprozess. Zusätzlich kann man den Abnutzungsprozess durch eine weitere Verkleinerung der WC-Korngröße vermindern. Hier darf man nicht vergessen, dass mit der Steigerung der Feinkörnigkeit seine Wärmeleitfähigkeit sinkt. Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  eines grobkörnigen Hartmetalls liegt im Bereich 110 bis 116 [W/(m.K)] und eines feinkörnigen 80 bis 85 [W/(m.K)]. Die Einführung der HM-Heißkanal-Spritzgießdüsen in die Fertigung von GFK-Spritzgießteilen führte zu einer weiteren Düsen-Standzeitsteigerung um den Faktor zwischen 4 und 15, und einer entsprechenden Steigerung der Spritzfolge. Die Faktorzahl ist hier von der Füllstoff- und Begleitstoff-Konzentration im verspritzten Kunststoff und dem Spritzdruckniveau abhängig.

In den letzten 15 Jahren wurden immer mehr anspruchsvolle PKW-, LKW-, Flugzeug-, Schiffs- und Flugzeugelemente aus hochfesten Kunststoffen, die mit noch härteren Füllstoffkomponenten wie z. B. Kohlenstofffasern (750 bis 1200 HV), Aluminiumnitrid (1230 HV), Siliziumkarbid (1700 HV bis 1800 HV), Aluminiumoxid (2300 HV bis 2400 HV) oder Titandioxid (2500HV und 2600 HV) legiert sind, im Spritzgießverfahren hergestellt. Die Mikrohärtigkeit einiger dieser Kunststoff-Füllkomponenten überschreitet die Makrohärte des Hartmetalls von 1850 HV um fast 800 HV, was bereits bei einem Spritzdruck von 100 bar zu einer intensiven Hartmetall-Spritzgießdüsen-Abnutzung führt. Steigt der Spritzdruck und die Konzentration der Füllstoffe um beispielsweise 50%, so wächst proportional die Abnutzung der Düsenbohrungen. Auch hier wurde seit Jahren nach Mitteln und Wegen gesucht, um den Kobalt-Erosionsvorgang während des Spritzprozesses im Hartmetall wenn auch nicht total zu stoppen, dann ihn wenigstens merklich zu minimieren.



***Hartstoff der II. Generation***

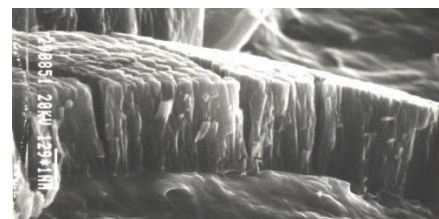
*H-SS5000( 1,2 $\mu\text{m}$ )*

*abgeschieden mittels 3D Hybrid-AU-Quadro-CVD-Verfahren*

***Hartstoff der I. Generation***

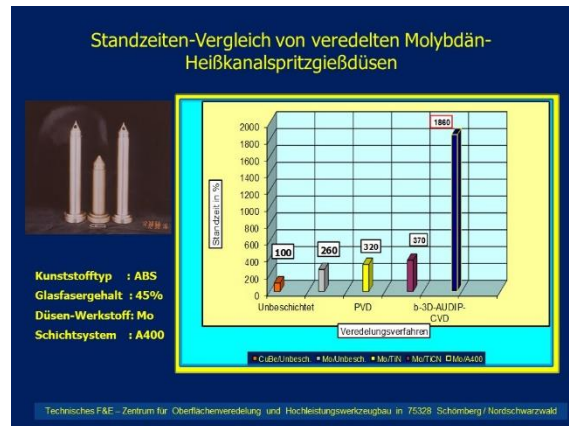
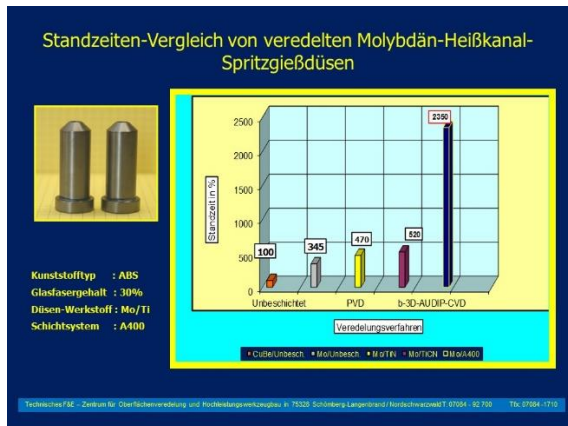
*TiN/TiCN/TiN*

*(abgeschieden mittels PVD-Verfahren).*



Dies gelang zum ersten Mal im Jahr 1991 im Technischen F&E-Zentrum für Oberflächenveredelung und Hochleistungswerkzeugbau in Neuenbürg. Hier wurden die ersten VHM-Spritzgießdüsen und die ersten TzM-Düsen konstruiert, mechanisch hergestellt, optimiert, mit multi-elementigen Nano-Hartstoffschichten rationell veredelt und anschließend in einer ersten Population von 250 Stück auf den Markt gebracht. Diese Heißkanal-Spritzgießdüsen-Serie wurde sofort in der Herstellung von GFK-Teilen mit einem Glasfaseranteil von 40 % mit vollem Erfolg eingesetzt. Das TzM zeichnet sich durch eine relativ gute Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 142$  [W/(m. K)] und eine besonders hohe Abriebfestigkeit nach dem Veredeln aus. Die Mikrohärtigkeit der Oberfläche überschreitet hier die Härte einer CVD-Titankarbidsschicht von 3000 HV um 400 HV. Dieser Wert wird erreicht dank der Abscheidung von multielementigen Hartstoffen der II. Generation mittels des 3D-Hybride-AU-Quadroimpuls-CVD-Verfahrens. Die Oberflächenveredelung einer Spritzgießdüse erfolgt unter technischen Bedingungen bei einer Temperatur von 510 bis 520 °C. Durch dieses Verfahren lassen sich sowohl die gesamten Außenflächen

als auch alle Funktionsbohrungen einer TZM-Düse und auch einer VHM-Düse problemlos veredeln. Die Mikrohärtigkeit der Oberfläche einer Hartmetall-Düse kann hier von 1850 HV auf etwa 3000 HV gebracht werden. Die Größe der Spritzgießdüsen spielt bei der Oberflächenveredelung keine Rolle.



Düsen, die für eine Oberflächenveredelung vorgesehen sind, müssen frei von Schmutz, Fetten, Ölen, Oxiden, Lacken, Kalzium, Siliziumverbindungen, Spänen, Flecken, Grat, mechanischen Beschädigungen aller funktionellen Oberflächenbereiche und Bohrungen sein.

