

## **Keramische Schichten - Hinweise aus der Praxis**

### **Erschienen in Konstruktionspraxis 10/97**

Bauteile aus technischer Keramik sind in vielen Fällen unverzichtbare Schlüsselteile von Maschinen und Anlagen. Ein eindrucksvolles Anwendungsbeispiel sind Fadenleitorgane in Textilmaschinen. Ohne Keramik mit ihrer hohen Härte und Verschleißfestigkeit wäre bei Textilmaschinen ein vollautomatisierter, störungsfreier 3-Schichtbetrieb über Jahre mit gleichbleibender textiler Qualität nicht vorstellbar. Die abrasive Chemiefaser läuft mit ca 8000-10000 m/min über die fadenumlenkenden Stellen. Metallische ungeschützte Werkstoffe würden bei solch hohen Beanspruchungen innerhalb kurzer Zeit versagen.

Die hervorragenden keramischen Oberflächeneigenschaften, wie Härte und Verschleißfestigkeit, elektrische Isolation und thermische Isolation lassen sich auch für keramische Schichten nutzen.

Bei keramischen Schichten werden die Vorteile der Metalle in der Formgebung mit den Vorteilen der Keramik kombiniert.

Man unterscheidet zwischen Dickschichten >50  $\mu\text{m}$ , die u.a. durch thermisches Spritzen aufgebracht werden, und Dünnschichten < 50  $\mu\text{m}$ , die im Vakuum durch PVD oder CVD, durch galvanische Verfahren oder durch Sol-Gelverfahren erzeugt werden.

Beim Plasmaspritzen wird Keramikpulver in einer über 10000 °C heißen Plasmaflamme aufgeschmolzen und mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf das durch Sandstrahlen vorbereitete Metallsubstrat aufgetragen. Durch das Sandstrahlen entsteht eine zerklüftete Oberfläche, in die sich die auftreffenden Keramikpartikeln gut verkrallen können. Es werden mehrere Einzelschichten aufgetragen, so daß sich ein lamellarer Schichtaufbau mit einer guten Haftfestigkeit ergibt. Trotz der hohen Temperaturen erwärmt sich die Metalloberfläche bei massiven Körpern nicht über 200 °C, so daß Gefügeänderungen und das Erweichen von Federstählen nicht eintreten können.

Aufgespritzt werden oxidkeramische Werkstoffe, wie reines, weißes Aluminiumoxid für die elektrische Isolation, Zirkonoxid für die thermische Isolation. Für den Verschleißschutz haben sich Gemische aus Aluminiumoxid und Titandioxid in verschiedenen Zusammensetzungen durchgesetzt. Titandioxid stabilisiert die Alpha-Phase von Aluminiumoxid und macht die Keramikschiht zäh, stoß- und bruchfest. Die Farbe verändert sich je nach Zusatz von grau, über blaugrau bis schwarz. Bei reibender Beanspruchung gegenüber Metallteilen, wie bei Lagern und Pumpenteilen wird Chromoxid wegen seiner günstigen Reibungseigenschaften gegenüber metallischen Werkstoffen empfohlen. Eine Zwischenschicht aus Chrom-Nickel verbessert die Haftfestigkeit.

Die keramische Oberfläche wird durch Nacharbeit auf eine reproduzierbare Oberflächenrauigkeit und auf einen definierten Reibwert eingestellt.

Dabei hat sich in den meisten Anwendungen die Standardoberfläche mit Ra 1.5 - 2  $\mu\text{m}$  bewährt. Durch Feinstbearbeiten erhält man eine glatte, glänzende Oberfläche mit einem Ra ca 0.5  $\mu\text{m}$ .

Die Härte der Keramikschihten liegt bei HV=1800. Zum Vergleich hierzu liegt die Härte von gehärteten Stahl bei HV=700 und von hartverchromten Oberflächen bei HV=1200.

Gibt es Verschleißprobleme bei hartverchromten Metallteilen, dann bieten die Keramikschihten eine bewährte Alternative.

Eine weitere Anwendung der keramischen Beschichtung ist die elektrische Isolation bei Temperaturen über 200 °C , z.B. bei Heizpatronen. Bis 600 °C ist eine zuverlässige Haftung der Keramikschicht gewährleistet.

Der Vorteil der 0.1 bis 0.5 mm starken Isolationsschicht liegt in der Platzeinsparung .Keramische Isolationsschichten sind unempfindlich gegen Hitze, Schlagbeanspruchung , Licht und bis zu einem gewissen Grad gegen aggressive Medien und Verschleiß.

Eine oft gestellte Frage ist die nach dem Substratwerkstoff.

Alle metallischen Werkstoffe , außer dem leicht entflammaren Magnesiumoxid, können beim Plasmaspritzen keramikbeschichtet werden, also alle Arten von Stählen und in vielen Anwendungen . Die Metallteile sollten ohne sichtbare Lunker, Riefen und Löcher sein, da die Keramikschicht die Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche abbildet. Empfohlen wird eine feingedrehte oder polierte Metalloberfläche von Rz=8 bis 16 my.

Die Dicke der Metallteile sollte mindestens 1 mm sein, da es sonst zu einem Wärmestau kommt und sich die Teile verziehen. Dünne Bleche und Drähte können daher nicht keramikbeschichtet werden . Die max . Länge der zu beschichtenden Metallteile ist abhängig von den Absaugeinrichtungen und der Peripherie und beträgt im allgemeinen 2 m.

Die Haftfestigkeit auf Kanten ist eingeschränkt. Kanten sollten mit einem Radius >0.7 mm verrundet werden.

Zu einer beschichtungsgerechten Konstruktion gehört die Berücksichtigung des Spannungsbereichs ( Gewinde oder Stifte ) . Prinzipiell kann auch partiell beschichtet werden. Die metallischen Oberflächen werden dann entsprechend abgedeckt.

Das keramische Beschichtungsverfahren eignet sich sowohl für Versuchsserien von 1 bis 10 Stück als auch für Großserien von 10000 Stück. Der Stückpreis in der Serie ist abhängig von der Form, der Oberflächenqualität und natürlich der Losgröße.

Gerade im Sinne des Rapid Prototyping bietet sich das Beschichten an. Bei hoher Priorität ist es möglich, innerhalb weniger Tage Metallteile auf CNC-Automaten herzustellen, zu beschichten und zu bearbeiten. So können gerade in der Entwurfsphase Bauteilformen schrittweise optimiert werden.

Interessant sind auch Reparaturbeschichtungen. Verbrauchte Keramikschichten, die im harten Betriebsalltag durch Schläge oder Stöße beschädigt werden, können abgestrahlt werden.

Die oft teuren Metallteile können ausgeschliffen und neu keramikbeschichtet werden.

Keramische Schichten bieten dem Konstrukteur interessante Problemlösungs-Möglichkeiten.

Er kann weitgehend metallisch denken und die hervorragenden Oberflächeneigenschaften der Keramik für seinen Einsatzfall nutzen.

Dipl.-Ing. F. Moeller