

Überprüfte und unveränderte Fassung der Ausgabe Dezember 2007

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Arbeitsschritte zur Schliﬀherstellung
 - 2.1 Probenauswahl
 - 2.2 Probennahme
 - 2.3 Kennzeichnen
 - 2.4 Einbetten
 - 2.5 Schleifen
 - 2.6 Polieren
 - 2.7 Reinigen
 - 2.8 Verfahren zur Kontraststeigerung
- 3 Materialgraphische Untersuchung
 - 3.1 Gefügebeurteilung
 - 3.2 Beurteilung des Schichtverbundes
 - 3.3 Messen der Schichtdicke
 - 3.4 Vergleich mit Richtreihen
 - 3.5 Messen der Mikrohärtigkeit
- 4 Schrifttum
- 5 Anhang: Präparationsempfehlungen

1 Einleitung

Die Überarbeitung des Merkblattes DVS 2310-1, Ausgabe 1984, war notwendig geworden, weil die Ergebnisse eines Ringversuchs gezeigt hatten, dass sich mit der vorgeschlagenen Präparationsmethode für Verbundsysteme mit keramischer Schicht keine befriedigenden Ergebnisse erreichen lassen. Die Schichten konnten damit nicht auspräpariert.

Ein weiterer Grund ergab sich aus der Tatsache, dass die damals bevorzugte Methode der manuellen Schliﬀpräparation als qualitativ unzureichend angesehen werden muss. Schleif- und Poliergänge sind mechanisiert oder maschinell auf entsprechenden Maschinen auszuführen, um die Präparationsparameter (Anpressdruck, Geschwindigkeit, Dosierung des Lubrikants) konstant und reproduzierbar halten zu können.

Nach der Durchführung des Ringversuchs bei dem die Präparation beim Schleifen vornehmlich auf der Anwendung von SiC-Papier basierte, haben sich in jüngster Zeit neue Schleifmethoden unter Berücksichtigung von diamantbestückten Schleifscheiben neuerer Konzeption mit unterschiedlicher Körnung eingeführt, die bei dieser Neufassung berücksichtigt werden, um dem Stand der Technik zu genügen.

Bezüglich Anforderungen an die Schichten und deren Beurteilung können durch die Anwendung in unterschiedlichen Industrien erhebliche Unterschiede in den Qualitätsanforderungen bestehen. Die für den jeweiligen Anwendungsfall bei der materialgraphischen Untersuchung festgestellten zulässigen Unregelmäßigkeiten sind bauteilbezogen zwischen den Vertragspartnern festzulegen.

Bei bestimmten Anwendungen können Rauheits- und Makrohärtemessungen speziell für vergleichende Soll-Ist-Aussagen

hilfreiche Unterstützung bei der materialgraphischen Untersuchung geben.

Thermisch gespritzte Schichten können metallischer oder keramischer Art sein oder aus Kombinationen von metallischen und keramischen Teilen oder aus Kunststoffen bestehen [1; 3; 4]. Ihre Qualitätskontrolle ist in der Praxis mit zerstörungsfreien Prüfmethoden nur begrenzt möglich [2; 6]. Mit materialgraphischen Untersuchungen können die kennzeichnenden Merkmale einer Spritzschicht wie Dicke, Gefüge, Schichthaftigkeit (Aufbau, Porosität), Verbund zum Grundwerkstoff und Härte (zum Beispiel einzelner Phasen) jedoch beurteilt werden.

Die Kombination von harten und weichen, spröden und duktilen, verschleißfesten und nicht verschleißfesten Werkstoffen bzw. Gefügebestandteilen (Phasen) im Verbund Spritzschicht/Grundwerkstoff und/oder innerhalb der Schicht erfordert die Beachtung einiger Besonderheiten bei der materialgraphischen Schliﬀherstellung [8; 16; 17; 19; 20; 21].

In dem nachstehend beschriebenen Arbeitsschritten zur Schliﬀherstellung wird speziell auf die sachgerechte Entnahme und Anschliﬀfräktion von Proben mit thermisch gespritzten Schichten eingegangen.

2 Arbeitsschritte zur Schliﬀherstellung**2.1 Probenauswahl**

Sofern kein Originalteil für die zerstörende Prüfung zur Verfügung steht, kann ein möglichst unter den gleichen Spritzbedingungen und Bewegungsabläufen beschichtetes Musterteil, das in Grund- und Schichtwerkstoff sowie in der Schichtdicke dem Original soweit wie möglich entsprechen soll, untersucht werden. Dabei ist eine zum Bauteil vergleichbare Temperaturannahme der Probe beim Beschichten anzustreben.

Gebräuchliche Probenkörper für eine mit dem Original vergleichbare Musterbeschichtung sind:

- Massive Rundprobe [5], Durchmesser $40 \pm 0,1$ mm, umfang- oder stirnseitig beschichtet.
- Rohrrundprobe, Außendurchmesser 40 mm, Wanddicke 2 mm.
- Flachprobe, empfohlene Abmessung l x b x h: 100 x 15 x 1,5 (Werte in mm).

2.2 Probennahme

Die Probennahme ist von ausschlaggebender Bedeutung für eine korrekte Beurteilung der Spritzschicht. Die Entnahme soll durch Nasstrennen mit der Schnittrichtung zum Grundwerkstoff erfolgen. Bei runden Proben ist nur der Sektor 1 für die Beurteilung brauchbar, Bild 1.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

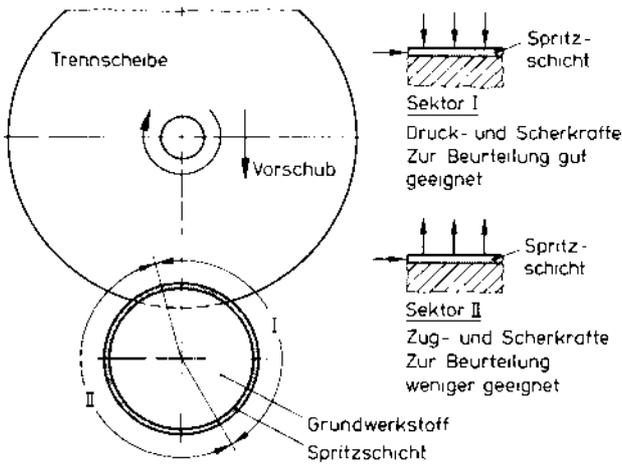


Bild 1. Probennahme.

Wenn es die Bauteilgröße zulässt, können besonders spröde Schichten unter Umständen vor dem Trennen mit einem aushärtbaren Kunstharz infiltriert werden, um die Schliiffprobe beim Trennvorgang vor Randausbrüchen oder Abplatzungen zu schützen. Andernfalls ist die Probe grob vorzutrennen und gegebenenfalls unter Vakuum zu infiltrieren und nachzutrennen.

Für **metallische** Werkstoffe eignen sich dünne, gummi- oder kunstharzgebundene Aluminiumoxid- oder Siliciumcarbid-Trennscheiben. Maximale Umfangsgeschwindigkeit der Trennscheiben 45 m/s.

Im Allgemeinen gilt:

- harte Werkstoffe: weiche Trennscheiben
- weiche Werkstoffe: harte Trennscheiben

Keramische Werkstoffe werden bevorzugt mit kunstharzgebundenen Diamantscheiben getrennt. Andere Trennscheiben verursachen stärkere Ausbrüche, deren Beseitigung ein langes Vorschleifen erfordert. Maximale Umfangsgeschwindigkeit der Trennscheiben: 15 m/s. Die Hersteller von Trennscheiben empfehlen für den jeweiligen Anwendungsfall entsprechende Scheiben.

Eine mechanische Überbeanspruchung und Überhitzung der Spritzschicht beim Trennen ist in jedem Fall zu vermeiden. Vorzugsweise ist mit konstantem Vorschub gegenüber konstantem Druck zu arbeiten.

2.3 Kennzeichnen

Das Kennzeichnen der abgetrennten Probe kann auf der Rückseite dauerhaft durch Gravieren erfolgen, die Kennzeichnung ist auf die Einfassung zu übertragen.

2.4 Einbetten

Alle beschichteten Proben müssen eingebettet werden [10; 11]. Auch bei Einsatz halbautomatischer Schleif- und Polierprozesse

ist Einbetten erforderlich, um das Einspannen im Probenhalter zu vereinfachen. Wichtigste Einbettmethoden sind das Warm- und Kalteinbetten in Kunstharze.

Das **Warmeinbetten** erfolgt in beheizbaren Einbettpressen, in denen die Proben mit dem Einbettmittel zusammen gleichzeitig erwärmt und mit konstantem Druck belastet werden. Auslöttemperatur und Druck sind nach Herstellerangaben zu wählen. Beim Warmeinbetten können empfindliche Schichten geschädigt werden. Es sollte deshalb bevorzugt für metallische Schichten eingesetzt werden.

Für das **Kalteinbetten** stehen aushärtbare Kunstharze zur Verfügung. Um für die Untersuchung Schlitze mit guter Randschärfe zu erzielen, sind Einbettmittel mit geringster Schwindneigung zu wählen, um eine Spaltbildung zwischen Einbettmittel und Probe zu vermeiden [10; 11]. Aus gleichem Grund können Kalt- und Warmeinbettmittel mit Füllstoffen versehen werden, um eine Angleichung der unterschiedlichen Härten und des Abriebverhaltens zwischen Kunstharz und Probe innerhalb bestimmter Grenzen zu erreichen und der Abrundung von Probekanten vorzubeugen.

Um den Verbundwerkstoff speziell bei stark porösen Schichten möglichst gering thermisch und mechanisch für die Untersuchung zu belasten und um Ausbrüche in den Schichten zu vermeiden, empfiehlt sich das Einbetten im Vakuum in kaltaushärtbaren Kunststoffen. Deshalb sollten keramische Werkstoffe grundsätzlich kalt eingebettet werden.

Sehr dünne Schichten (z. B. < 10 µm) oder dünne Schichtbereiche (z. B. Diffusionszone) erfordern einen Schrägschliff zur Flächenvergrößerung [12] und/oder ein vorheriges stromloses Beschichten mit Kupfer oder Nickel, wodurch Randschärfe und Kontrast zwischen Schicht und Einbettmittel verbessert werden.

2.5 Schleifen und Läppen

Reproduzierbare Präparationsergebnisse sind nur erzielbar, wenn die Schleif- und Polierprozesse halb- oder vollautomatisch ausgeführt werden, da die notwendige Konstanz des Anpressdruckes manuell nicht erreicht werden kann [17; 18; 21].

Gebräuchlich ist das Nassschleifen mit gebundenem oder losem Schleifkorn (z. B. wasserfeste Siliciumcarbidpapiere, Diamantschleifpads, Diamantsuspensionen). Bei diesem spanabhebenden Vorgang wird Material aus der Anschlifffläche herausgeent. Gleichzeitig findet eine Verformung der oberflächennahen Bereiche statt. Die Gesamttiefe der durch Rauheit (Kratzertiefe) und Verformung gestörten Oberflächenschicht hängt von der Korngröße des Schleifmittels, dem Anpressdruck beim Schleifen und der Härte von Substrat und Schichtwerkstoff ab, Bild 2.

Trennbeschädigungen der Schicht und die gestörte Oberflächenschicht müssen von grober zu feiner Schleifkörnung gehend abgetragen werden, siehe Tabellen 1.1; 1.3; 2.1a; 2.1b; 2.3a; 2.3b. Der Wechsel zur feineren Körnung darf erst erfolgen, wenn keine Riefen der vorausgegangenen Körnung mehr erkennbar sind. Darüber hinausgehendes Schleifen bringt keine Qualitätsverbesserung des Anschliffs.

Muss im Ausnahmefall von Hand geschliffen werden, soll die Probe beim Wechsel auf die nächst feinere Körnung um 90° versetzt werden.

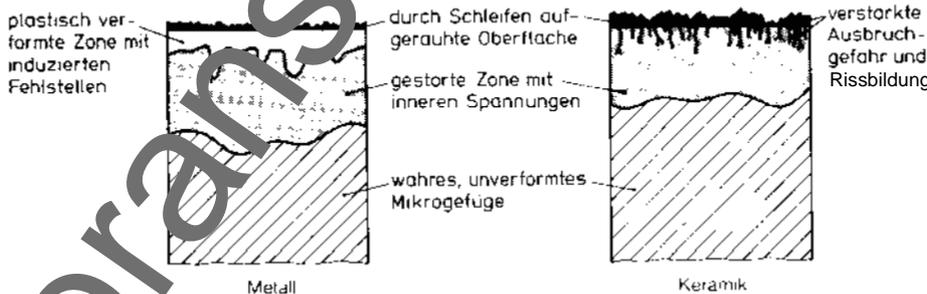


Bild 2. Oberflächenstörungen bei Metall- und Keramikschichten [8].