

Mechanische Nacharbeit thermisch gespritzter Schichten durch "SCHLEIFEN"

Normalerweise lassen sich sämtliche thermischen Spritzschichten durch Schleifen bearbeiten. Dabei ist das Schleifen als ein Zerspanungsvorgang zu definieren, bei welchem durch eine Vielzahl von gebundenen Schleifkörnern mit geometrisch unbestimmter Schneidenform kleine und kleinste Spänchen vom Werkstück abgetragen werden. Diese Spanabnahme erfolgt mit höherer Schnittgeschwindigkeit und größerer, spezifischer Schnittkraft als beim Drehen, doch ist die Gesamtbelastung der Spritzschicht kleiner.

Durch den punktuellen Kontakt mit dem Werkstück aufgrund der hohen Fliehkräfte sind Schleifscheiben extrem beanspruchte Werkzeuge. Die schleiftechnischen Resultate hängen daher ab vom verwendeten Schleifmittel, dessen Härtegrad, der Korngröße, dem Gefüge, dem Bindemittel und den mechanischen Einstellgrößen.

Schleifscheiben-Spezifikation

Die Bezeichnung von Schleifkörpern erfolgt durch die Angabe von Kenngrößen in der Reihenfolge: Schleifmittel, Korngröße, Härte, Gefüge (Struktur) sowie Bindung. Die Auswahl des Schleifmittels hängt von der Bearbeitbarkeit des Werkstoffes ab.

1). <u>Schleifmittel:</u>	Normalkorund:	A 11A 12A 14A
	Halbedelkorund:	41A 42A 43A
	Edelkorund:	81A 82A 85A 89A
	Siliziumkarbid:	1C 2C
	Diamant	D
	CBN	B

2). Körnung: Die Körnung wird mit einer Ziffer angegeben, die einem Sieb bestimmter Maschenweite entspricht.

sehr grob	8	10	12	14		
grob	16	20	24	30	36	
mittel	46	54	60	70	80	
fein	90	100	120	150	180	220
sehr fein	240	280	320	400	500	600
	800	1000	1200			

BESONDERE KÖRNUNGSKOMBINATIONEN werden durch eine zusätzliche Zahl nach der Körnungszahl gekennzeichnet.

3). Härtegrad: Unter der Härte eines Schleifkörpers versteht man die Festigkeit, mit welcher die einzelnen Schleifkörner vom Bindemittel festgehalten werden.

äußerst weich	A	B	C	D		
sehr weich	E	F				
weich	G	H	I			
mittel	Jot	K	L	M		
hart	N	O	P	Q		
sehr hart	R	S	T			
äußerst hart	U	V	W	X	Y	Z

4.) Gefüge (Struktur):

Das Gefüge einer Schleifscheibe wird durch die Zahlenreihe von 0-14 (geschlossen bis offen) angegeben. Die Gefügezahi gibt Aufschluß über das Verhältnis von Korn und Bindung zum Porenraum. Somit stehen Gefüge und Korngröße in engem Zusammenhang mit dem Härtegrad eines Schleif Körpers.

dicht	1 – 2 – 3
mittel	4 – 5 – 6
offen	7 – 8 – 9
sehr offen	10 – 11 – 12 – 13 – 14

5). Bindung:

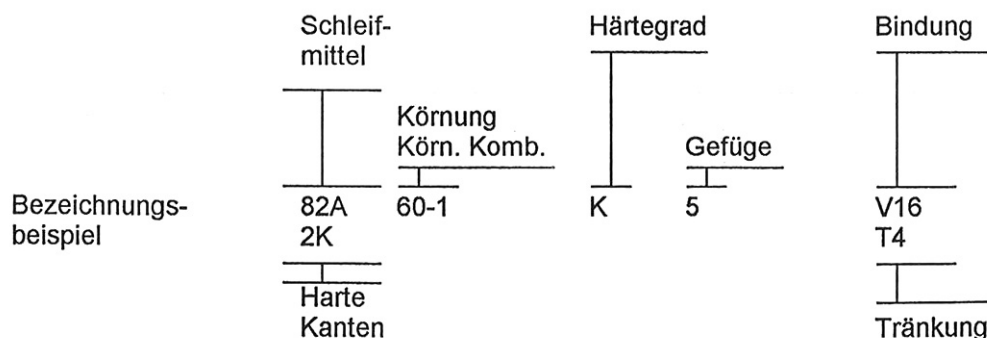
Die Bindemittel können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- Gruppe 1a:** Bindung auf anorganischer Basis (hart)
- V - verglast, auf Glas- oder Keramikbasis, Brenntemperatur bis ca. 1.3000 C.
 - S - Silikatbindungen
 - Mg - Magnesitbindungen
- Gruppe 1b:** Bindung auf organischer Basis (weich)
- B und BF - Kunstharzbindungen
 - E - Schnellackbindungen
 - R und RF - Kautschukbindungen

6). Zusatzbezeichnungen für Sonderausführungen werden mit folgenden

Abkürzungen angeben:

Harte Kanten: (Mehrschichtscheibe)	K	Harte Außenzohne: (Mehrzonenscheibe)	A
Aufgekittete Schleifkörper	M	Getränkte Schleifkörper	T



Wichtige Faktoren für den Schleifvorgang

Die Auswahl einer zweckentsprechenden Schleifscheibe erfordert eine eingehende Abstimmung aller den Schleifvorgang beeinflussenden Faktoren.

Dabei müssen beachtet werden:

Die Eigenschaften des zu zerspanenden Materials; Größe und Art der Berührungsfläche zwischen Scheibe und Werkstück (spezifische Beanspruchung des Schleifkörpers); Art und Größe der Zustellung und der Vorschubbewegung; Zustand der Schleifmaschine; Auswuchtungsgrad der Schleifscheibe; Schleifverfahren Grob- oder Feinschliff; Abschleifleistung; Maßgenauigkeit und Oberflächengüte.

Bezüglich der Umfangsgeschwindigkeit beim Schleifen unterscheidet man zwischen der festgelegten zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der effektiv zur Anwendung kommenden wirtschaftlichen Geschwindigkeit einer Schleifscheibe.

Siliziumkarbid-Schleifscheiben

Mit Siliziumkarbid-Schleifkörpern können thermisch gespritzte Schichten mit Härten bis zu 64 Hrc geschliffen werden. Um den Wirkungsgrad der Abtragung beispielsweise beim Außenrundschleifen zu erhöhen, sollten möglichst schmale Scheiben verwendet werden, deren Breiten etwa 8 -10 % vom Durchmesser betragen. Ferner kann die Abnutzung von Schleifscheiben reduziert werden, wenn zunächst eine Schleifbahn neben die andere gesetzt wird (Einstechverfahren) und erst beim Finishing mit konstantem Vorschub (oszillierend) gearbeitet wird.

Superharte Schleifmittel

Den Übergang von den herkömmlichen Schleifmitteln zu den superharten Schleifmitteln bilden das Borkarbid und der Diamant. Borkarbid ist nach dem Diamant und dem kubischen Bornitrid der härteste technisch genutzte Werkstoff. Dieser wird, wie auch Siliziumkarbid, synthetisch hergestellt.

Diamant-Schleifscheiben

Für Spritzschichten hoher Härte, besonders dann, wenn sie zusätzlich matrix-unabhängige Hartstoffe wie Wolframkarbide usw. enthalten, sind Diamant-Schleifscheiben angebracht mit einer mittleren Konzentration von 80 bis 100 sowie mittlerer Korngröße. Derartige Schleifscheiben können sowohl zur Vor- als auch zur Fertigbearbeitung eingesetzt werden.

CBN-Schleifscheiben

Für Spritzschichten mittlerer Härte, besonders dann, wenn sie zusätzlich matrix-unabhängige Chrom wie Molybdän usw. enthalten, sind Diamant-Schleifscheiben angebracht mit einer mittleren Konzentration von 80 bis 100 sowie mittlerer Korngröße. Derartige Schleifscheiben können sowohl zur Vor- als auch zur Fertigbearbeitung eingesetzt werden.

Kühlung beim Schleifen

Bei nahezu allen Schleifarbeiten an thermisch gespritzten Schichten mit Korund-, Siliziumkarbid- und Diamant- und CBN-Schleifscheiben ist Naßschliff von Vorteil, um die beim Schleifvorgang entstehende Zerspanungswärme abzuleiten, den Schleifstaub wegzuspülen und die Standzeit der Scheiben zu erhöhen.

Zusammenfassung

Thermisch gespritzte Schichten lassen sich durchweg mechanisch nachbearbeiten, durch Drehen in vielen Fällen, durch Schleifen generell. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist sicherlich dem Drehen der Vorrang einzuräumen, wobei die einschlägigen Werkzeughersteller die Bandbreite erfolgreicher Anwendungen durch neuartige Werkzeuge wie Bornitride erheblich erweitert haben.

Für den Erfolg einer mechanischen Nachbearbeitung thermisch gespritzter Schichten sind jedoch die Beschaffenheit der Maschine ausschlaggebend, ihre Leistung, Stabilität und Dämpfung, um schädliche Schwingen zu vermeiden, wie auch der Kenntnisstand des Bearbeitungspersonales. Thermische Spritzschichten weisen eine grundsätzlich andersartige Struktur auf als z.B. unsere herkömmlichen Stähle. Diesen Besonderheiten ist durch die Wahl der Bearbeitungswerkzeuge und der Einstellparameter unbedingt Rechnung zu tragen. So manche qualitativ einwandfreie Spritzschicht wurde schon durch eine mangelhafte Bearbeitung zerstört.

Darüber hinaus ist zu bedenken, daß die Eigenschaften thermisch gespritzter Schichten deutlich beeinflußt und verändert werden können durch die Spritzparameter.

Daher können Bearbeitungsempfehlungen ausschließlich als empirisch ermittelte Hilfen verstanden werden und nicht als verbindliche Richtlinien.

ANMERKUNG

Bei allen Versuchen wurden die Einsatzdaten konstant gehalten, um vergleichende Aussagen bezüglich der Oberflächengüte, Zerspanleistung und Schleifbarkeit treffen zu können.

So wurde z.B. die Werkstück-Umfangsgeschwindigkeit nach der Formel $1160 \times \text{Scheibenumfangsgeschwindigkeit}$ gewählt, die Abrichtgeschwindigkeit war konstant 160 mm/min. , d.h. , der Abrichtvorschub (s) lag bei 0,1 mm/Scheibenumdrehung. Abweichungen von diesen Werten ergeben andere Wirkhärten der Scheiben.

Die Schleifbarkeit eines Werkstoffes richtete sich nach dem G-Wert oder vereinfacht, nach dem Verhältnis:

$$\text{Gesamtzustellung (mm) / Zerspanung (mm)}$$

So ergaben sich drei Schleifbarkeitsklassen:

a) **sehr gut zerspanbar:**

Metco 402, 442, 445, 449, Härtere eisenhaltige Werkstoffe
Metcoloy 2, Inconel, Hastelloy

b) **mit keramischen Scheiben bedingt zerspanbar:**
(hoher Scheibenverschleiß, kleine Abrichtzyklen)

Metco 101, 106F (Keramik), 444, 447 Nickelhaltige Werkstoffe

c) **mit keramischen Scheiben schlecht zerspanbar:**

Metco 36C, Molbdän, Hartmetall, Hartstoff, Keramik, Oxide

Fertigbearbeitung – Schleifen

Schleifen mit Siliziumkarbid - und Korundscheiben										
Richtwerte für die spanabhebende Bearbeitung von nicht schmelzverbundenen Spritzschichten										
Werkstoffgruppe	Härte HRC	Schleifart			Schleifmittel	Korngröße	Härtegrad	Gefüge	Bindung	Umfangsgeschwindigkeit (m/s)
			Nass	Trocken						
Cr/Ni-Leg.	-	A	X		89A	80	Jot	8A	V	25 – 30
		F	X		80A	54	I	9A	V	20 – 25
		I	X		80A		Jot	8A	V	15 – 20
Cu/Al-Leg.	-	A	X		1C	80/2	H	8A	V	25 – 30
		F	X		1C	54/2	I	7	V	15 - 25
		I	X		1C	46	1	5	V	15 - 20
Keram.-Leg.	-	A	X		5C	70/7	Jot	5/82	Ke(V)	25 - 30

Schleifen mit Siliziumkarbidscheiben										
Richtwerte für die spanabhebende Bearbeitung schmelzverbundener und keramischer Spritzschichten										
Cr/Ni-Leg.	35 - 45	A	X		C	60	K	5	V	25 - 35
		F	X		C	60	Jot	7	V	20 - 25
		I	X		C	46	I	5	V	15 - 20
Cr/Ni-Leg.	45 - 60	A	X		C	80	H	8	V	25 - 32
		F	X		C	60	I	8	V	25 - 32
		I	X		C	60	H	5	V	15 - 20
Wolframkarbid.	60 - 75	A	X		C	80	I	8	V	18 - 25
Chromkarbid	70	F	X		C	80	I	8	V	18 - 25
Molybdän	60	I	X		C	60	H	5	V	15 - 20

Schleifen mit Diamantschleifscheiben										
Richtwerte für die spanabhebende Bearbeitung schmelzverbundener und keramischer Spritzschichten										
Werkstoffgruppe	Härte Hrc	Körnung nach FEPA-Norm	Konzentration	nass	trocken	Kunstharzbindung (B) Umfangsgeschwindigkeit m/s	Metallbindung (M) Umfangsgeschwindigkeit U = m/s			
				X	X					
Hartmetall.	75	D 126-20	75-115	X	X	8 - 16		8 - 12		
Harstoff	70-75	D 126-20	75-115	X		18 - 22		12 - 18		
Keramik	HV 2300	D 126-20	75-125	X		18 - 22		12 - 18		

Schleifen mit CBN-Schleifscheiben										
Richtwerte für die spanabhebende Bearbeitung schmelzverbundener und keramischer Spritzschichten										
Werkstoffgruppe	Härte Hrc	Körnung nach FEPA-Norm	Konzentration	nass	trocken	Kunstharzbindung (B) Umfangsgeschwindigkeit m/s	Metallbindung (M) Umfangsgeschwindigkeit U = m/s			
				X						
Molybdän	60	B70-151	75-120	X		8 - 16		8 - 12		
CrNiBSi-Leg.	50 - 70	B70-151	75-120	X		18 - 22		12 - 18		
Chromkarbid	68 - 72	B70-151	75-120	X		18 - 22		12 - 18		

A = Außenrundscheifen - Scheiben - Durchm. 400 mm

F = Flachscheiben mit geraden Schleifscheiben - Scheiben - Durchm. 300 mm

I = Innenschleifen