

Zuge von Schleifexperimenten mit einer Aluminiumoxid Schleifscheibe und AlSi1020-Stahl als Werkstück bei einer Zustellung von 0,3 mm einen Temperaturanstieg von ca. 115°C. Bei einem Hochleistungsschleifprozess mit Kunstharz gebundener CBN-Scheibe, 100Cr6-Stahl als Werkstück und 30 µm Zustellung gibt Hadad [3] einen maximalen Temperaturanstieg von 32°C an.

Für schnelle Temperaturänderungen gilt, dass es im Temperaturbereich unter 100°C zunächst zu einer Anreicherung von Kohlenstoffatomen im Bereich von Gitterfehlern des martensitischen Stahls kommt. Bei Temperaturen zwischen 100°C und 200°C beginnen Kohlenstoffatome aus ungünstigen Gitterplätzen des Eisens auszudiffundieren. Es beginnt die Ausscheidung von Eisenkarbid. Bei einer weiteren Erhöhung der Temperatur wird dieser Vorgang beschleunigt. Über 320°C verlassen praktisch alle Kohlenstoffatome ungünstige Zwischengitterplätze. Über 400°C findet keine signifikante Gefügeänderung mehr statt und der Stahl wird wieder weich [6]. Aus diesem Grund ist eine Erwärmung der Werkstückoberfläche über 300°C unbedingt zu vermeiden, um unerwünschte Gefügeänderungen vorzubeugen.

2. Temperaturmessmethoden

Für das Messen der Temperatur in der Kontaktzone eines Schleifprozesses haben sich in der Wissenschaft zwei Methoden etabliert. In den folgenden Unterpunkten werden diese eingehend erläutert und ihre Vor- und Nachteile dargestellt.

2.1 Temperaturmessung mittels

Zweidraht-Methode

Für die Temperaturmessung bei Schleifprozessen werden bevorzugt Thermoelementlösungen eingesetzt. Bei der Zweidraht-Methode oder auch „Closed circuit method“ wird ein permanenter Kontakt der Thermoelement-Perle mit dem Werkstück entweder durch verschweißen oder löten hergestellt. Die Lötstelle

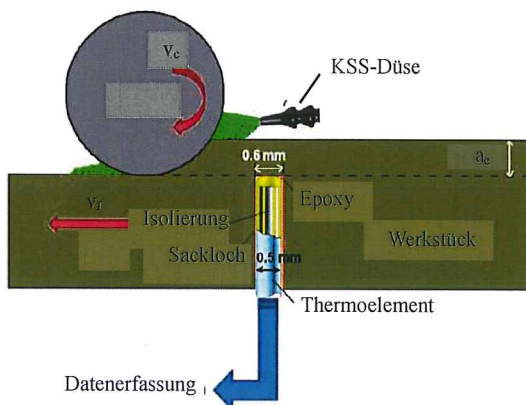


Abbildung 2.1: Zweidraht-Methode mit Anordnung in einem Sackloch und definiertem Abstand von der Kontaktzone [3]

befindet sich dabei in einem zuvor gefertigten Sackloch, welches meist mit Epoxidharz versiegelt wird (siehe Abbildung 2.1). Der resultierende Abstand des

Thermoelements zur Kontaktzone ermöglicht es den Wärmeeintrag in tiefere Schichten zu messen. Es können dabei solange Versuche durchgeführt werden bis das Thermoelement überschleift und somit zerstört wird. Der Nachteil dieser Anordnung liegt jedoch in der fixierten Lage des Thermoelements, welches durch den definierten Abstand zur Kontaktzone nur wenige Schleifvorgänge zulässt. Für reproduzierbare Ergebnisse oder eine Variation der Schleifparameter muss immer ein neu präpariertes Werkstück aufgespannt werden. Trotz dieser Einschränkungen ist die Zweidraht-Messmethode die am meisten eingesetzte Messvariante [8].

2.2 Temperaturmessung mittels

Eindraht-Methode

Bei der Eindraht-Methode auch „Open circuit method“ wird das Thermoelement über das Werkstück „geschlossen“ und somit das Entstehen einer Thermospannung ermöglicht. Der Pt-Draht ist hierbei durch eine wenige µm dicke Folie vom Werkstück

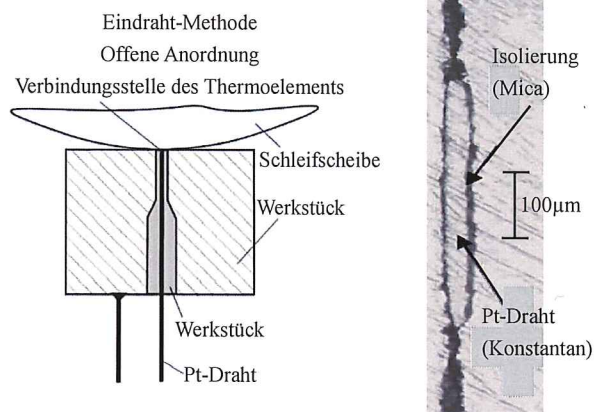


Abbildung 2.2: Eindraht Thermoelement-Methode mit eingebettetem Konstantandraht und Mica-Folie als Isolierung [1, 4]

isoliert (siehe Abbildung 2.2). Durch den Schleifprozess wird die Isolierung durchbrochen und der Thermoelementstromkreis über kleine „Brücken“ aus deformiertem Werkstückmaterial geschlossen. Auf diese Weise ist es wiederholt mit hoher Genauigkeit möglich die Schleiftemperatur direkt in der Kontaktzone zu messen. Als Nachteil dieser Anordnung ist anzumerken, dass das Thermoelement für jede vorliegende Materialkombination erneut kalibriert werden muss. Zusätzlich ist die Herstellung des schichtweisen Messaufbaus (Mica/Pt-Draht/Mica) durch die äußerst empfindliche Mica Folie sehr aufwendig. Zudem können Temperaturmessungen nur direkt in der Kontaktzone erfolgen und es kann daher keine Informationen über das Temperatureintragsprofil in das Werkstück gesammelt werden [8].

3. Versuchsanordnung

Die im Folgenden beschriebenen Versuche wurden auf einer Blohm Profimat 412 Flachsleifmaschine mit 105 kW Spindelleistung durchgeführt. Als

Kühlschmierstoff wurde Rhenus TY 100S in einer 5,4%igen Lösung genutzt. Der Kühlschmierstoff wurde über eine Schuhdüse mit 120 l/min der Kontaktzone zugeführt. Die Spezifikation des Schleifbelags ist in

Tabelle 3.1: Spezifikation des verwendeten Schleifbelags

Korngröße [mm]	Mischverh. [wt.%]	Scheiben Spezifikation	Bindung [vol.%]	Korn [vol.%]	Poren [vol.%]
B181	100	CBN auf Stahlträgerkörper	11	46	43

Tabelle 3.1 zusammengefasst. Die CBN-Segmente sind auf einem 20 mm breiten Trägerkörper aus Stahl mit einem Durchmesser von 494 mm aufgeklebt. Als Werkstückmaterial wurde Böhler K460 mit 64 HRC, 12 mm Breite und 360 mm Länge eingesetzt.

Für das Konditionieren der Scheibe kam ein rotierender Abrichter mit 143,4 mm Durchmesser bei 2003 U/min zum Einsatz. Der Abrichtvorschub erfolgte mit 1000 mm/min bei einer Zustellung von 0,005 mm für jeden Abrichthub.

3.1 Eingriffsverhältnisse

Alle Versuche wurden mit einer Zustellung von $a_e=0,5$ mm entsprechend Abbildung 3.1 durchgeführt. Die Schnittgeschwindigkeit und der Tischvorschub wurden versuchsspezifisch nach Tabelle 5.1 gewählt.

Entsprechend dem in [2] vorgestelltem „Active Grain Stack-Modell“ sind bei der gewählten Korngröße von B181, welche nach FEPA einem mittleren

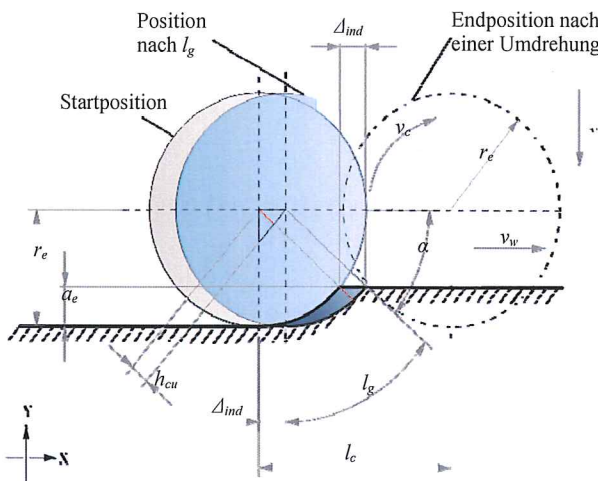


Abbildung 3.1: Eingriffsbedingungen und geometrische Verhältnisse beim Schleifen [2]

Korndurchmessern von 0,174 mm entspricht etwa 4,65% der möglichen Schneidkörner aktiv am Schleifprozess beteiligt. Bei einer maximalen Anzahl von 7113 Körnern in der Kontaktzone entsprechen 4,65%, 330 aktiv schneidenden Körnern bei einer Kontaktflächengröße von 205,6 mm². Diese Anzahl von aktiven Körnern ist nur von den geometrischen Eingriffsbedingungen abhängig und nicht von der Schnittgeschwindigkeit bzw.

dem Tischvorschub. Bezogen auf die Zeit entsprechen 4,65%, bei einer Schnittgeschwindigkeit von 100 m/s etwa 30.078 aktiv schneidender Körner pro Sekunde.

Tabelle 3.2: Anzahl der aktiv schneidenden Körner in Abhängigkeit der Schnittgeschwindigkeit

v_c [m/s]	Körner in Kontaktz./s	Aktive Körner in Kontaktz./s	Aktive Körner in Kontaktz./Kontaktfl.
50	3,6E+7	16.539	330
70	5,0E+7	23.154	330
100	7,1E+07	30.078	330

Durch die größere Anzahl von aktiv schneidenden Körnern sinkt die zu zerspanende Leistung pro Korn und die hiermit verbundene Schleiftemperatur. Weitere Ergebnisse für 50 und 70 m/s sind in Tabelle 3.2 zusammengefasst.

4. Messaufbau

Bei dem Messaufbau handelt es sich um ein dynamisches in Prozess Messsystem, das die Vorteile der

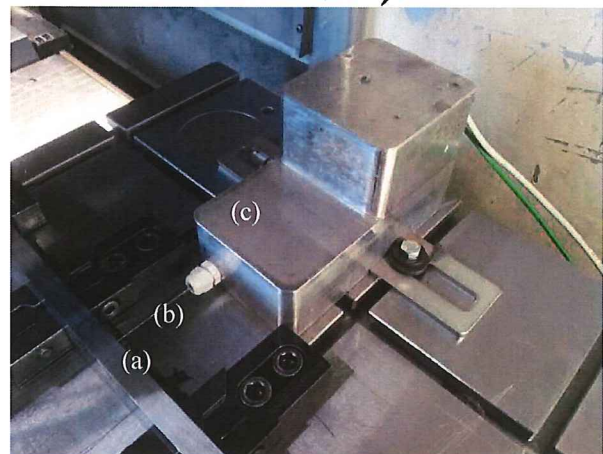


Abbildung 4.1: Überblick über den gesamten Messaufbau im schleifbereiten Zustand mit Schleifleiste (a), Thermoelement (b) und Positionierungseinheit (c)

beiden in Kapitel 2 beschriebenen Messmethoden kombiniert. In Abbildung 4.1 ist der komplette Messaufbau mit Positionierungseinheit (c) im Wasserdichten Gehäuse, das Thermoelement (b) und die zweiteilige Schleifleiste (a) gezeigt. Das verwendete Mantelthermoelement hat folgende Kenndaten:

- Durchmesser 0,5 mm
- Typ K
- Ansprechzeit 0,0125s bis 63% des Messwerts
- Thermoelementspitze ist mit dem Mantel verschleißt

Das Thermoelement wird in einer 0,51 mm schmalen Nut geführt und um einen Umlenkradius von 90° gebogen, damit es in der Positionierungseinheit befestigt werden kann (siehe Abbildung 4.3). Die Nut und der anschließende um 0,6 mm abgesetzte Bereich wurden so konstruiert, dass dieser problemlos mit einem 8 mm

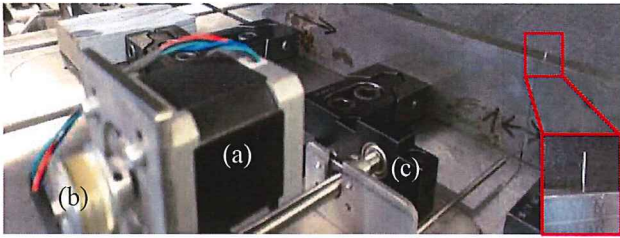


Abbildung 4.2: Detailansicht der Positionierungseinheit mit Schrittmotor (a), Zahnscheibe mit Riemen (b), Kugelgewindetrieb mit Befestigungsplatte (c) und Zoom auf das ausgefahrne Thermoelement

Schaftfräser gefertigt und im Anschluss die 0,51 mm breite Nut erodiert werden kann. Auf diese Weise sind keine Miniaturkugelfräser und die damit verbundenen sehr hohen Drehzahlen $> 70.000 \text{ U/min}$ notwendig. Das Thermoelement wird zur Stabilisierung durch ein 4 mm dickes Mantelrohr geführt und an einer mit dem Kugelgewindetrieb verschraubten Platte befestigt. Das Ende des Kugelgewindetriebs ist über eine kleine Zahnriemenscheibe bei einem Übersetzungsverhältnis von 1:2 mit dem Schrittmotor verbunden (siehe Abbildung 4.2 (a) und (b)). Durch das Übersetzungsverhältnis von 1:2 und Micro-stepping des Schrittmotors kann eine Wiederholgenauigkeit von $0,5 \mu\text{m}$ bei ausreichend hoher Positionierungsgeschwindigkeit erreicht werden. Die Eingabe der Verfahrenswege und die Anzahl der Zyklen erfolgt über die Terminal-Schnittstelle von der aus die

Fertigung

Schnittauflang ist ungleich Wiederholgen.

welche?

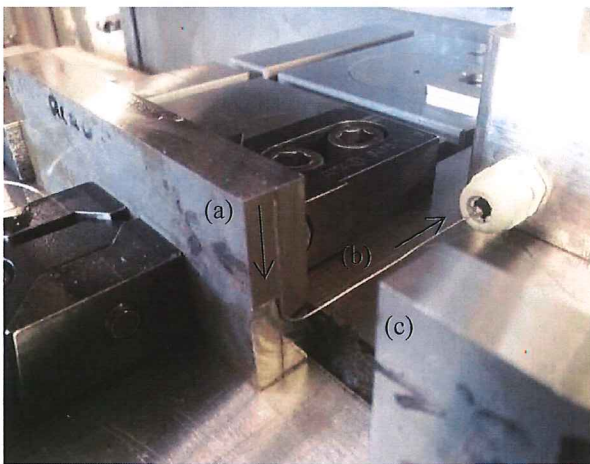


Abbildung 4.3: Linker Leistenteil (a) mit Nut und Umlenkradius für das eingebettete Thermoelement (b) und rechter Leistenteil mit glatter Stirnfläche (c)

Parameter durch einen Micro-Controller eingelesen und der Schrittmotor entsprechend angesteuert wird. Diese Messanordnung ermöglicht eine flexible Temperaturmessung direkt in der Kontaktzone bzw. auch in definierten Abständen davon.

Die Aufzeichnung der Temperaturmesswerte erfolgt über ein Labview-Programm, welches über eine NI9219-Messkarte mit einer Geschwindigkeit von 50Hz abtastet. Durch die thermische Trägheit des Gesamtsystems und im speziellen des Thermolements

besser: Abtastfreq.

wird dabei eine Abtastzeit von 0,02 s als ausreichend schnell angesehen.

5. Experimentelle Untersuchungen

Die Versuchsabfolge mit den dazugehörigen Arbeitsparametern ist in Tabelle 5.1 zusammengefasst. Die in Kapitel 3 erwähnten Abrichtparameter sowie der Kühlschmierstoffvolumenstrom bleiben für alle Versuche unverändert. Zusätzlich zur Temperaturmessung wurde die Drehzahl am Flansch mittels eines Impulsrades mit 20 Zähnen und einem Näherungssensor bestimmt. Durch das Auswerten der Impulsfolge über ein Labview-Programm kann die Drehzahl mit einer Genauigkeit von +/- einer halben Umdrehung berechnet und gespeichert werden. Auf diese Weise ist es möglich, den Scheiben-Eintritt und Austritt aus dem Werkstück genau zu dokumentieren und das Verhalten der Motorsteuerung auf das Temperaturergebnis zu erfassen.

5.1 Einfluss der Schnittgeschwindigkeit

Für den ersten Versuch wurde die Schleifscheibe neu abgerichtet und mit $v_c=50 \text{ m/s}$ bei 1200 mm/min Vorschubgeschwindigkeit zehnmal hintereinander über das Werkstück geschliffen. Dabei wurden die Temperatur und die Drehzahl kontinuierlich aufgezeichnet.

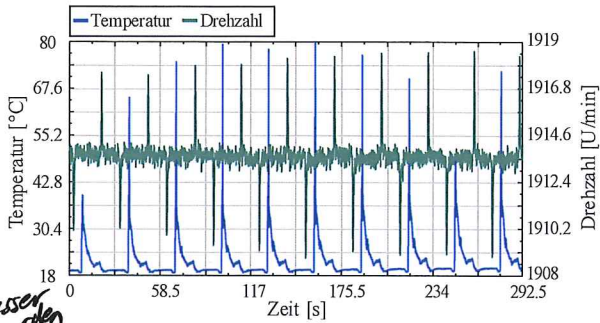
Die Netto-Motorleistung stieg von 1,3 kW für den ersten bis 3,9 kW für den letzten Schnitt. Die Normalkraft erhöhte sich dabei von 445 N auf 622 N.

Tabelle 5.1: Arbeitsparameter und Thermoelementanordnung im Experiment

Versuchsnummer	Schnittgeschw. [m/s]	Zustellung a_e [mm]	Tischvorschub [mm/min]	Thermoelement - abstand zur Schleifzone [mm]
1	50	0,5	1200	0
2	70	0,5	1200	0
3	100	0,5	1200	0
4	100	0,5	600	0
			1200	
			1800	
			2400	
5	50	0,5	3000	0
				0
				0
				0
				0
6	50	0,5	1200	0,2
				0,4
				0,6
				0,8
				1,0
				1,0
				1,5
2,0				
2,5				
3,0				
3,5				

Wie in Abbildung 5.1 ersichtlich, ist etwa ab dem 4. Schnitt der Punkt des „konstanten“ Betriebszustandes erreicht. Es ist zu erkennen, dass der erste

Temperaturpeak (etwa 40°C) nach dem Abrichten erwartungsgemäß am geringsten ausfällt. Dieses Verhalten kann auch näherungsweise in der Drehzahländerung beobachtet werden. Der Drehzahleinbruch am Eintritt bzw. der Anstieg am Austritt fällt zu Beginn am geringsten aus. Beim 9.



Temp. Skala könnte besser gewählt werden

Abbildung 5.1: Schleiftemperatur für 10 Schleifhübe direkt in der Kontaktzone bei 50 m/s mit neu abgerichteter Scheibe (Nr. 1)

Schnitt kommt es zu einem kurzzeitigen nachschärfen der Scheibe, wodurch eine niedrigere Schleiftemperatur resultiert. Die durchschnittliche Schleiftemperatur bei 50 m/s kann mit etwa 68,5°C, die durchschnittliche Netto-Motorleistung mit 2,9 kW festgelegt werden.

Bei $v_c=70$ m/s ist die Temperatur des ersten Schnitts direkt nach dem Abrichten vergleichbar mit derer bei 50 m/s (siehe Abbildung 5.2). Der darauf folgende Anstieg fällt im direkten Vergleich zum vorangegangenen um etwa 70% geringer aus. Der geringere Temperaturzuwachs kann bis zum 8. Hub gehalten werden. Die Netto-Motorleistung steigt von 2,8 kW für den ersten bis 4,9 kW für den letzten Schnitt,

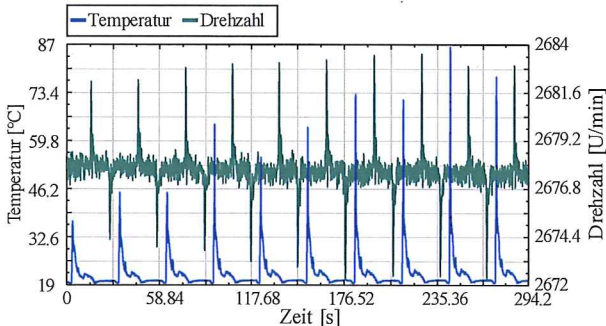


Abbildung 5.2: Schleiftemperatur für 10 Schleifhübe direkt in der Kontaktzone bei 70 m/s mit neu abgerichteter Scheibe (Nr. 2)

wobei die Normalkraft von 458 N bis 590 N steigt. Im Vergleich mit 50 m/s fällt die Normalkraft beim 10. Schnitt 32 N geringer aus, was einer Reduzierung um ca. 5% entspricht. Für die Temperatur ergibt sich ein Durchschnitt von 62°C bei einer durchschnittlichen Netto-Motorleistung von 4,9 kW.

70 m/s

Der Temperaturverlauf für 100 m/s ist in Abbildung 5.3 dargestellt. Auch hier ist die Temperatur des ersten Schnitts mit ca. 40°C ident mit jener bei 50 m/s bzw. 70 m/s. Der Temperaturanstieg hingegen beträgt nur noch etwa 6%. Die Netto-Motorleistung steigt von 5,2 kW für den ersten bis 9,1 kW für den

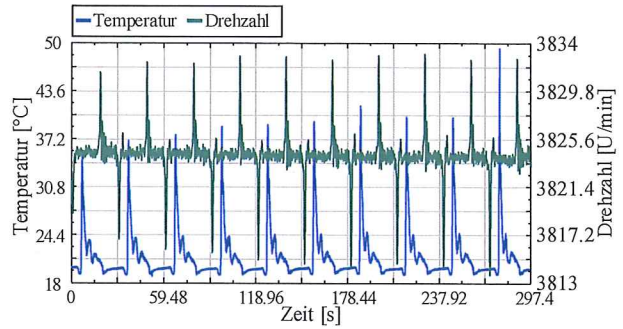


Abbildung 5.3: Schleiftemperatur für 10 Schleifhübe direkt in der Kontaktzone bei 100 m/s mit neu abgerichteter Scheibe (Nr. 3)

letzten Schnitt. Die Normalkraft von 466 N bis 558 N. Auffallend ist, dass die Temperatur fast gleichmäßig konstant ansteigt. Die Normalkraft fällt beim 10. Schnitt 64 N geringer aus als bei 50 m/s, was einer Reduktion um 10% entspricht. Für die Temperatur ergibt sich dabei ein Durchschnitt von 39,8°C bei einer durchschnittlichen Netto-Motorleistung von 7,8 kW.

Die Gegenüberstellung aller maximalen Temperaturwerte ist in Abbildung 5.4 zu sehen. Wie erwähnt ist die Schleiftemperatur für den ersten Schnitt

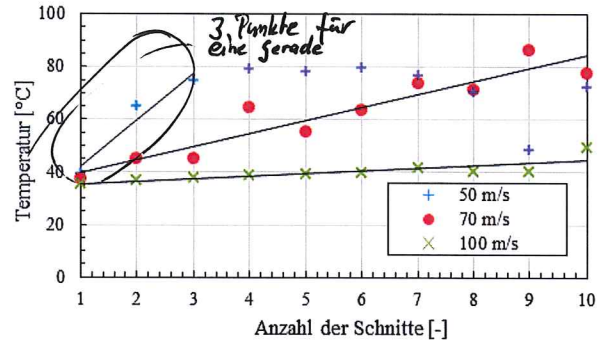


Abbildung 5.4: Zusammenfassung der Versuchsergebnisse von Nr.1, Nr.2 und Nr. 3

direkt nach dem Abrichten bei allen drei Schnittgeschwindigkeiten fast identisch. Bei 50 m/s wird die maximale Temperatur von 80°C bereits beim 4.

Tabelle 5.2 Zusammenfassung der durchschnittlichen Messergebnisse

v_c [m/s]	Steigung [-]	Durchschn. Motorleistung [kW]	Durchschn. Normalkraft [N]	Durchschn. Temperatur [°C]
50	17,69 (100%)	2,9 (100%)	554,7 (100%)	68,5 (100%)
70	4,994 (28%)	4,9 (170%)	547,3 (98,6%)	62 (90,5%)
100	1,016 (5,8%)	7,8 (270%)	531,6 (95,8%)	39,8 (58,1%)

Schnitt erreicht und bleibt dann näherungsweise konstant. Entsprechend der Trendlinie für 70 m/s in Abbildung 5.4 werden hier die 80°C erst bei dem 9. Schnitt erreicht. Der Temperaturverlauf bei 100 m/s ist hingegen mit einer Steigung von nur noch 5,8% der

Steigung der Messwerte bei 50 m/s viel geringer und fast waagrecht. Infolge der zehn betrachteten Schnitte werden die 80°C nicht mehr erreicht. Die maximale Temperatur liegt letztlich bei 49°C. In Tabelle 5.2 sind die verschiedenen Versuchsergebnisse in Abhängigkeit der Schnittgeschwindigkeit zusammengefasst.

Bezugnehmend auf den Zusammenhang zwischen Schnittgeschwindigkeit und Temperatur kann postuliert werden, dass mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit der Wärmeeintrag in das Werkstück und somit die Schleiftemperatur sinkt, wodurch ein „kühleres“ Schleifen ermöglicht wird.

5.2 Einfluss des Vorschubes

Im 4. Versuch der Testreihe wurde die Auswirkung von unterschiedlichen Vorschüben auf die Schleiftemperatur bei 100 m/s Umfangsgeschwindigkeit untersucht. Um den Einfluss der neu abgerichteten

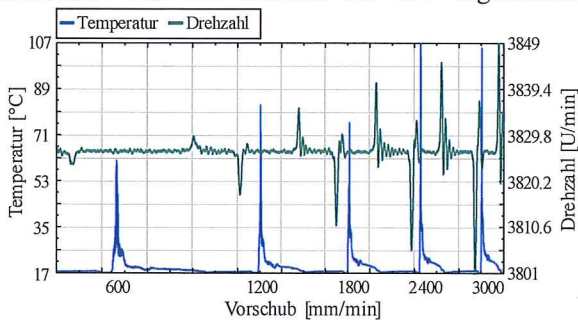


Abbildung 5.5: Schleiftemperatur für 5 Schleifhübe mit variablen Vorschüben direkt in der Kontaktzone nach 4 Einschleifhüben (Nr. 4)

Scheibe so gering wie möglich zu halten wurde vor dem Starten jeder Aufzeichnung viermal mit $a_e=0,5$ mm und $v_w=1200$ mm/min über die Leiste geschliffen. Der Scheibenzustand wird damit als konstant bleibende Randbedingung angesehen, sodass „nur“ die Variation des Vorschubs einen Einfluss auf die Schleiftemperatur hat. Das Ergebnis dieses Versuchs ist in Abbildung 5.5

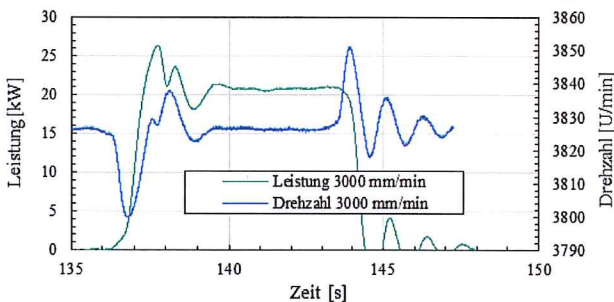


Abbildung 5.6: Detailauswertung der Motorleistung und der Drehzahl für den 4. Temperaturwert (104°C) aus Abbildung 5.5

gezeigt. Wie zu erwarten ist die Drehzahländerung beim Ein- und Austritt sowie die Schleiftemperatur mit 62°C bei $v_w=600$ mm/min am geringsten. Bei $v_w=1200$ mm/min steigt zunächst die Temperatur, fällt jedoch bei $v_w=1800$ mm/min wieder etwas ab. Auffallend ist, dass die Spindelregelung ab $v_w=1800$ mm/min deutlich nachregeln muss, um die

Drehzahl konstant zu halten. Aus diesem Grund wurde der Zusammenhang zwischen Drehzahl und Motorleistung für alle Temperaturspitzen untersucht. Stellvertretend für diese Auswertung ist in Abbildung 5.6 der Zusammenhang für den letzten Temperaturpeak aus Abbildung 5.5 (3000 mm/min und 104°C) dargestellt. Der direkte Vergleich der Motorleistung mit der Drehzahl zeigt dabei, dass beim Eintritt in die Leiste die Drehzahl sinkt und die Motorregelung kurz danach mit dem Nachregeln beginnt, bis ab einer Zeit von etwa 104 s die Kurven bis zum Austritt synchron verlaufen. Durch die Position des Thermoelements auf der Leiste fällt die Zeit der geringsten Leistungsaufnahme ($t=139$ s) direkt mit dem Zeitpunkt des Überschleifens der Temperatur-Messstelle zusammen (siehe Abbildung 5.7). Aus diesem Grund ist die gemessene Temperatur bei

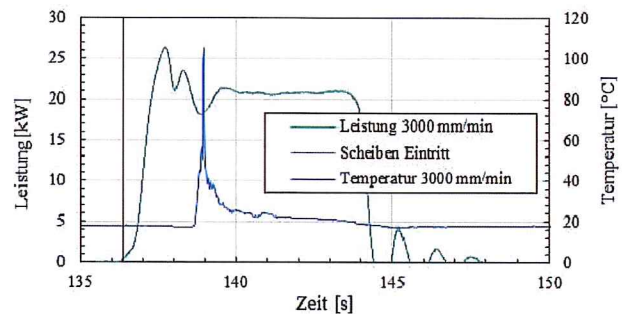


Abbildung 5.7: Detailauswertung der Motorleistung und der Temperatur für den 4. Temperaturwert (104°C) aus Abbildung 5.5

3000 mm/min geringer als bei 2400 mm/min. Dieser Zusammenhang kann bei allen weiteren Temperaturpeaks beobachtet und somit eine direkte Verbindung zwischen Motorleistung, Drehzahl und Schleiftemperatur bestätigt werden. Beim Austritt aus der Schleifleiste stellt sich wie beim Eintritt ein Nachregeln der Schnittgeschwindigkeit ein, wobei die Scheibe zuerst beschleunigt und dann abgebremst wird.

5.3 Betrachtung der Wärmeeinflusszone

Im 5. und 6. Versuch der Testreihe wurde der Temperatureintrag in das Werkstück untersucht. Zu diesem Zweck wurde das Thermoelement in definierten

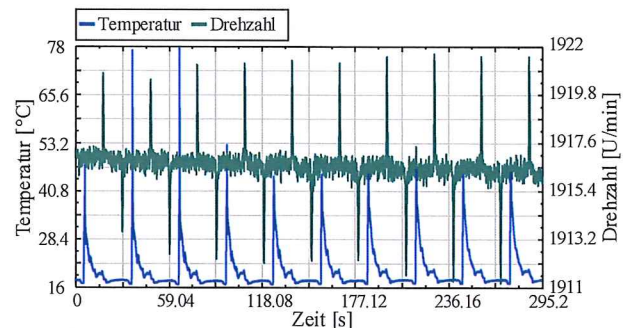


Abbildung 5.8: Schleiftemperatur direkt in der Kontaktzone (erste 4 Schnitte) und in variablen Thermoelementabständen bei 50 m/s (Nr. 5)

Abständen zu der Kontaktzone positioniert. In Versuch Nr. 5 wurde die Scheibe zu Beginn neu abgerichtet. Die

Temperaturmessung der ersten 4 Schleifhübe erfolgt direkt in der Kontaktzone, um Einschleifeffekte zu egalisieren (siehe Abbildung 5.8). Ab dem 5. Schnitt wird das Thermoelement kontinuierlich um jeweils 0,2 mm weiter von der Kontaktzone entfernt. Die

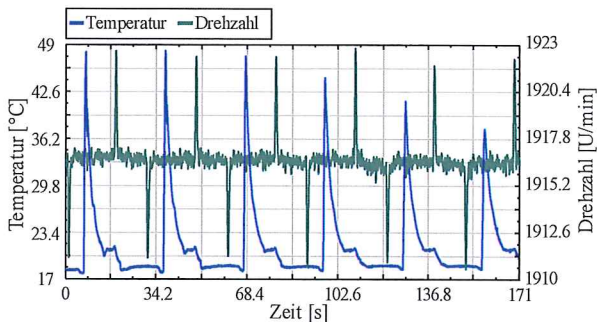


Abbildung 5.9: Schleiftemperatur bei definierten Thermoelementabständen von der Kontaktzone nach 12 Schleifhüben (Nr. 6)

Temperaturänderung bis in eine Tiefe von 1,2 mm beträgt dabei nur wenige °C. Bis in eine Tiefe von etwa 1 mm (Schnitt 9) bleibt die Temperatur konstant bei etwa 50°C. Durch die geringe Temperaturänderung während des ersten Millimeters wurde bei Versuch Nr. 6 die jeweilige Variation des Kontaktzonenabstandes auf 0,5 mm erhöht. Bevor die Aufzeichnung startet wird die Leiste noch zweimal überschleift, um das Thermoelement wieder direkt in der Kontaktzone zu positionieren, da das Thermoelement nur zurückgezogen werden kann. Diese Schnitte wurden nicht aufgezeichnet. Nachdem das Thermoelement wieder in der Kontaktzone positioniert war, startete der erste Schleifversuch mit einem Abstand von 1 mm und wurde in den nachfolgenden 6 Schnitten immer um 0,5 mm vergrößert (siehe Abbildung 5.9). Das Ergebnis dieser Versuchsanordnung ist in Abbildung 5.10 dargestellt, wobei die Temperatur in der Kontaktzone mit 80°C aus Versuch Nr. 1 gegeben ist. Ab einer Tiefe von 2 mm stellt sich ein stetiger Temperaturabfall ein, weshalb nur

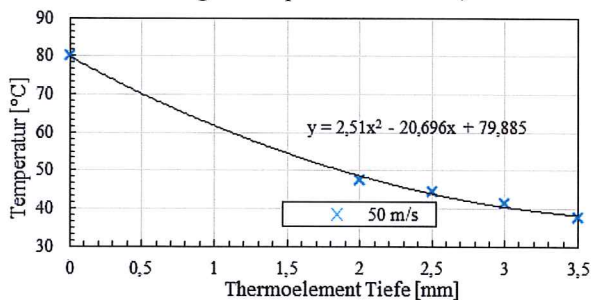


Abbildung 5.10: Wärmeeintrag in das Werkstück in Abhängigkeit des Thermoelementabstands von der Kontaktzone

die vier folgenden Messpunkte (2-3,5 mm) für weitere Untersuchungen herangezogen werden. Unter Rücksichtnahme auf die Kontaktzonen-temperatur von 80°C aus Versuch Nr.1 folgt eine „quadratische“ Funktion (siehe Abbildung 5.10). Entsprechend des, sich aus den fünf Messwerten ergebenden Polynoms 2. Ordnung ist eine Erwärmung des Werkstücks bis in eine

Tiefe von 5 mm ableitbar. Ab dieser Tiefe wird die Umgebungstemperatur von 23°C, erreicht was auch das Ende der Wärmeeinflusszone darstellt.

6. Fazit

In diesem Paper wurde eine dynamische Temperaturmessmethode präsentiert, die die Vorteile der bereits etablierten Methoden kombiniert. Dadurch ist eine flexible Temperaturmessung wiederholt in der Kontaktzone als auch in definierten Abständen davon möglich. Bei der Temperaturmessung direkt in der Kontaktzone konnte bei verschiedenen Schnittgeschwindigkeiten ein direkter Zusammenhang mit der Schleiftemperatur nachgewiesen werden. Dieses Verhalten konnte auch bei verschiedenen Tischvorschüben und gleichbleibender Schnittgeschwindigkeit beobachtet werden. Darüber hinaus war es möglich, Unstetigkeiten in der Temperaturmessung zu erklären, die durch das Nachregeln der Motorleistung auftreten, um die Drehzahl konstant zu halten.

7. Referenzen

- [1] Böhm C., "Entwicklung und Erprobung sensorintegrierter Schleifwerkzeuge," *Universität Bremen*, 2001.
- [2] Fritsche A., and Bleicher F., "Evaluating and Influencing Dressing Results by Changing the Grain Size Distribution Based on Statistical and Experimental Investigations," *Procedia CIRP*, vol. 26, no. 0, pp. 718-723, //, 2015.
- [3] Hadad M., and Sadeghi B., "Thermal analysis of minimum quantity lubrication-MQL grinding process," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 63, no. 0, pp. 1-15, 12//, 2012.
- [4] Lefebvre A., Vieville P., Lipinski P. *et al.*, "Numerical analysis of grinding temperature measurement by the foil/workpiece thermocouple method," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 46, no. 14, pp. 1716-1726, 11//, 2006.
- [5] Malkin S., and Guo C., "Thermal Analysis of Grinding," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol. 56, no. 2, pp. 760-782, //, 2007.
- [6] Rajan T. V., Sharma C. P., and Sharma A., *Heat Treatment : Principles and Techniques*: PHI Learning, 2011.
- [7] Rowe W. B., and Jin T., "Temperatures in High Efficiency Deep Grinding (HEDG)," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol. 50, no. 1, pp. 205-208, //, 2001.
- [8] Tönshoff H. K., Friemuth T., and Becker J. C., "Process Monitoring in Grinding," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol. 51, no. 2, pp. 551-571, //, 2002.