

Steigerung der Wirtschaftlichkeit beim Trennschleifen von Naturstein durch Erhöhung des Zeitspanvolumens

■ In den Ausgaben II/2009 bis IV/2009 wurde ausführlich über das Forschungsprojekt „Schnittverlauf beim Einsatz von Kreissägeblättern“ (IGF 14546 N) berichtet. In Ergänzung zu den bereits vorgestellten Ergebnissen werden im Folgenden Untersuchungen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Verringerung der Werkzeugdicke bzw. Erhöhung der Schleifleistung vorgestellt. Die Kenntnis der schnittverlauerzeugenden Maschinen- und Werkzeugeigenschaften beim Trennschleifen von Naturstein ermöglicht eine zielgerichtete Prozessauslegung, bei der die Verringerung der Stammblattdicke w_d sowie eine Erhöhung des bezogenen Zeitspanvolumens Q'_w zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Trennprozesses beitragen können.

Dr. Christian Pelshenke

wissenschaftlicher Mitarbeiter und stellv. Leiter der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW), Remscheid

Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena

Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW), Leibniz Universität Hannover

Dipl.-Ing. Jens Bockhorst

ehem. Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW), Leibniz Universität Hannover
Projektleiter ProIng Produktionsberatung, Garbsen

Prof. Dr.-Ing. Eduard Reithmeier

Leiter des Instituts für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

Dr.-Ing. Thomas Fahlbusch

Leiter der Arbeitsgruppe Optosensorik am Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

Dipl.-Phys. Maik Rahlves

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

Reduzierung der Schnittfugenbreite

Als ein Teilziel des Forschungsvorhabens wird die Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Trennprozesses durch die Anwendung dünnerer Werkzeuge definiert. Durch Verringerung der Schnittfugenbreite aufgrund dünnerer Werkzeuggrundkörper und schmalere Schneidsegmente kann die Zerspanrate (Verhältnis zwischen zerspantem Volumen und Volumen der herzustellenden Platte) und die anfallende Menge Schneidschlamm reduziert werden.

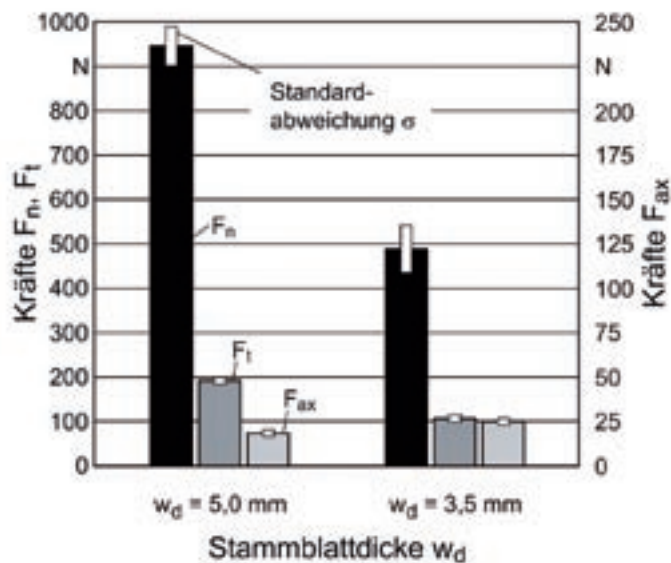
Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit besteht im Einsatz dünnerer Werkzeuge bei gleichzeitig erhöhtem bezogenen Zeitspanvolumen Q'_w . Die Kenntnis der Stellgrößen, die zu geringen Bearbeitungskräften und geringem Schnittverlauf führen, ermöglicht die gezielte Auswahl von Parameterkombinationen, die zu einem erhöhten bezogenen Zeitspanvolumen Q'_w führen, ohne die geforderten Qualitätskriterien zu überschreiten. Im Folgenden erfolgt der Vergleich zwischen einem Werkzeug mit

konventioneller Stammblattdicke ($w_d=5,0\text{ mm}$) und einem Werkzeug mit verringerter Stammblattdicke ($w_d=5,0\text{ mm}$).

Bild 1 zeigt die Bearbeitungskräfte in Abhängigkeit der Stammblattdicke w_d . Während beim konventionellen Werkzeug Normalkräfte von etwa $F_n=950\text{ N}$ und Tangentialkräfte von $F_t=195\text{ N}$ ermittelt werden, so treten bei der Trennschleifscheibe mit verringerter Dicke Normalkräfte im Bereich von $F_n=500\text{ N}$ und Tangentialkräfte von $F_t=105\text{ N}$ auf. Die Verringerung der Stammblattdicke und Segmentbreite führt direkt zu verringerten Bearbeitungskräften in normaler und tangentialer Richtung. Für die Axialkräfte werden bei dünnerem Stammblatt leicht höhere Werte gemessen, was auf die verringerte Steifigkeit dieses Werkzeugs zurückzuführen ist. Die resultierende Plattendickenabweichung Δw_p ist in Bild 2 dargestellt.

Die Verringerung der Stammblattdicke und die damit verbundene leichte Erhöhung der Axialkräfte führt zu einem geringfügigen Anstieg der Plattendickenabweichung Δw_p . Jedoch

Bearbeitungskräfte in Abhängigkeit der Werkzeugdicke



Werkzeugdaten:

$d_s = 1000$ mm
 $w_d = 3,5$ mm; 5,0 mm
 $w_s = 5,5$ mm; 7,0 mm
 $n_s = 66$
 75Cr1

Versuchsparameter:

$v_c = 30$ m/s
 $v_{ft} = 4$ mm/min
 $a_p = 10$ mm
 $Q_w = 400$ cm²/min

Material:

Granit Rosa Sardo

Kühlung:

Wassergabel

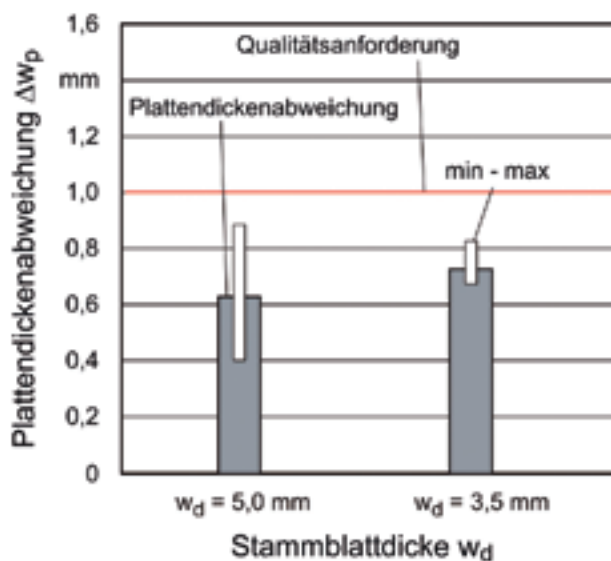
Maschine:

Hensel Gigant 459
 mit Linear Tisch

Bild 1

Bearbeitungskräfte
 in Abhängigkeit der
 Stammsplattendicke w_d

Plattendickenabw. in Abhängigkeit der Werkzeugdicke



Werkzeugdaten:

$d_s = 1000$ mm
 $w_d = 3,5$ mm; 5,0 mm
 $w_s = 5,5$ mm; 7,0 mm
 $n_s = 66$
 75Cr1

Versuchsparameter:

$v_c = 30$ m/s
 $v_{ft} = 4$ mm/min
 $a_p = 10$ mm
 $Q_w = 400$ cm²/min

Material:

Granit Rosa Sardo

Kühlung:

Wassergabel

Maschine:

Hensel Gigant 459
 mit Linear Tisch

Bild 2

Plattendicken-
 abweichung in
 Abhängigkeit der
 Stammsplattendicke w_d

wird auch beim dünnen Werkzeug das geforderte Qualitätskriterium erfüllt. Die Verringerung der Stammsplattendicke führt demnach nicht zu einem Überschreiten der zulässigen Schnittabweichung. Neben der Schnittqualität ist die entstehende Schnittfugenbreite entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des Trennprozesses. Aus einer verringerten Fugenbreite resultiert eine höhere Anzahl an Platten, die

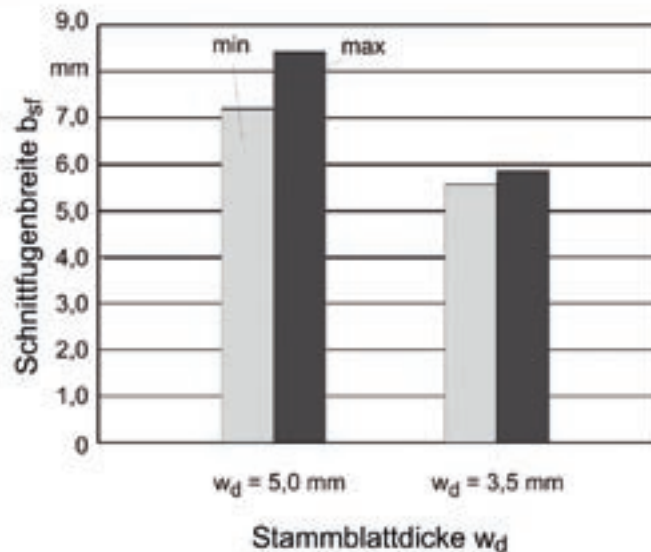
aus dem Rohblock gewonnen werden können. Zudem verringert sich die Menge an Schneid-schlamm erheblich, was die Entsorgungskosten signifikant reduziert. *Bild 3* zeigt die resultierende Schnittfugenbreite b_{sf} in Abhängigkeit der Stammsplattendicke. Die Verringerung der Stammsplattendicke ermöglicht schmalere Schneidsegmente, so dass die Schnittfugenbreite b_{sf} erwartungsgemäß sinkt. Durch den

Einsatz dünnerer Werkzeuge verringert sich die Fugenbreite um ca. 20 %.

Erhöhung des bezogenen Zeitspanvolumens Q'_w

Die Erhöhung des bezogenen Zeitspanvolumens Q'_w stellt eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit dar, da die erforderliche Bearbeitungszeit für den jeweiligen

Schnittfugenbreite in Abhängigkeit der Werkzeugdicke



Werkzeugdaten:

$d_s = 1000$ mm
 $w_d = 3,5$ mm; 5,0 mm
 $w_s = 5,5$ mm; 7,0 mm
 $n_s = 66$
 75Cr1

Versuchsparameter:

$v_c = 30$ m/s
 $v_h = 4$ mm/min
 $a_e = 10$ mm
 $Q_w = 400$ cm²/min

Material:

Granit Rosa Sardo

Kühlung:

Wassergabel

Maschine:

Hensel Gigant 459
 mit Lineartisch

Bild 3

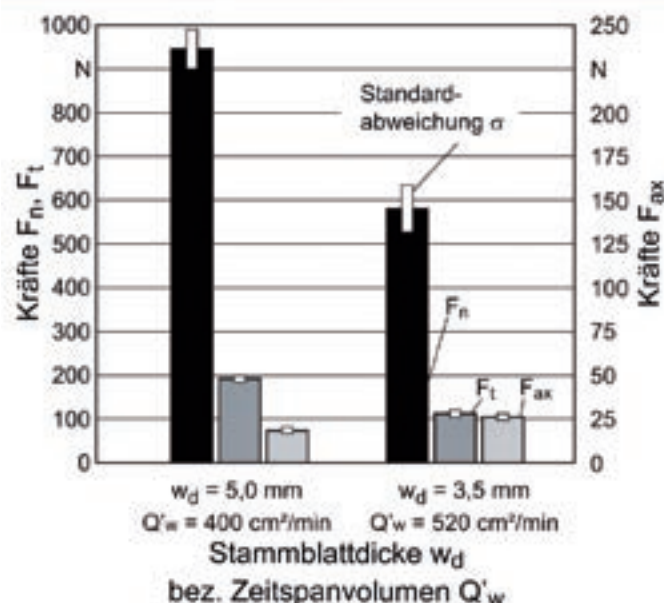
Schnittfugenbreite b_{sf} in Abhängigkeit der Stammsplattdicke w_d

Trennschnitt sinkt. Bild 4 zeigt die ermittelten Bearbeitungskräfte. Es wird deutlich, dass die Bearbeitungskräfte in normaler und tangentialer Richtung bei dünner Trennschleifscheibe trotz erhöhtem bezogenen Zeitspanvolumen Q'_w im Vergleich zum konventionellen Werkzeug reduziert sind. Dies ist auf die geringere Eingriffsbreite zurückzuführen. In axialer Richtung sind leicht höhere Kräfte festzustellen, sie liegen mit ca. $F_{ax}=26$ N

aber auf insgesamt niedrigem Niveau. Durch die Steigerung der Schnittgeschwindigkeit von $v_c=30$ m/s auf $v_c=50$ m/s ist eine Erhöhung des Zeitspanvolumens von $Q'_w=400$ cm²/min auf $Q'_w=520$ cm²/min möglich, ohne eine Überlastung des Werkzeugs hervorzurufen. Auf der einen Seite wird die mittlere Einzelkornspannungsdicke h_{cu} aufgrund der höheren Schnitt-

geschwindigkeit von $v_c=50$ m/s verringert, auf der anderen Seite führt eine erhöhte Vorschubgeschwindigkeit zur Realisierung des höheren bezogenen Zeitspanvolumens zur Erhöhung der mittleren Einzelkornspannungsdicke h_{cu} . Diese gegenläufigen Effekte führen in Summe zu einer ähnlichen Werkzeugbelastung wie bei einem konventionell gestalteten Trennprozess mit $v_c=30$ m/s.

Bearbeitungskräfte in Abhängigk. des bez. Zeitspanvolumens



Werkzeugdaten:

$d_s = 1000$ mm
 $w_d = 5,0$ mm; 3,5 mm
 $w_s = 7,0$ mm; 5,5 mm
 $n_s = 66$
 75Cr1

Versuchsparameter:

$v_c = 30$ m/s; 50 m/s
 $v_h = 4$ mm/min; 13 mm/min
 $a_e = 10$ mm; 4 mm
 $Q_w = 400$ cm²/min;
 520 cm²/min

Material:

Granit Rosa Sardo

Kühlung:

Wassergabel

Maschine:

Hensel Gigant 459
 mit Lineartisch

Bild 4

Bearbeitungskräfte in Abhängigkeit des bez. Zeitspanvolumens Q'_w

Plattendickenabw. in Abhängigk. des bez. Zeitspanvolumens

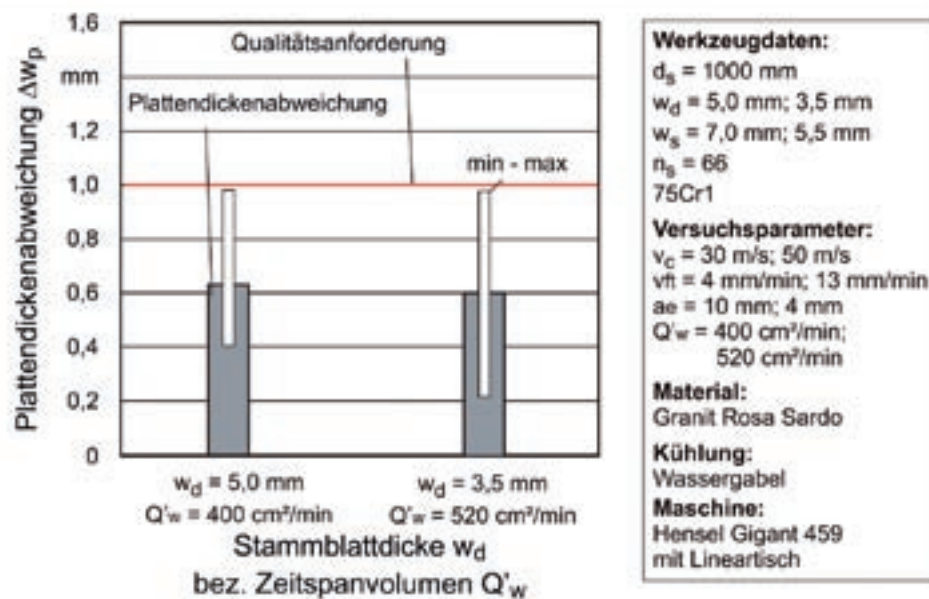


Bild 5

Plattendickenabweichung Δw_p in Abhängigkeit des bez. Zeitspanvolumens Q'_w

Hinsichtlich der Prozesskräfte gibt es somit keine Einschränkung zur Erhöhung des Zeitspanvolumens um 30%. Entscheidend für die Beurteilung des Trennprozesses ist die resultierende Plattenqualität. Die Schnittabweichungen sind in Bild 5 dargestellt.

Es wird deutlich, dass eine Erhöhung des bezogenen Zeitspanvolumens Q'_w um 30% nicht zu einer Überschreitung der maximal zulässigen Plattendickenabweichung Δw_p führt. Es werden ähnliche Werte wie beim konventionell gestalteten Werkzeug ermittelt.

Zusammenfassung

Die Verringerung der Stammsplattendicke w_d und der Segmentbreite w_s sowie eine Erhöhung des bezogenen Zeitspanvolu-

mens Q'_w können zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Trennprozesses beitragen. Die auftretenden Bearbeitungskräfte in normaler und tangentialer Richtung nehmen bei verringerter Werkzeugbreite ab. Für die Axialkräfte und die Plattendickenabweichungen werden leicht höhere Werte ermittelt. Jedoch wird auch beim dünnen Werkzeug das geforderte Qualitätskriterium erfüllt. Die Schnittfugenbreite nimmt mit dünnerem Werkzeug ab, so dass zum einen die Plattenausbringung aus einem Rohblock steigt und zum anderen weniger Schneid-schlamm entsorgt werden muss. Die Erhöhung des bezogenen Zeitspanvolumens Q'_w stellt eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit dar, da die erforderliche Bearbeitungszeit für den jeweiligen

Trennschnitt sinkt. In den durchgeführten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass ein um 30% erhöhtes bezogenes Zeitspanvolumen realisiert und gleichzeitig die Schnittfugenbreite reduziert werden kann, ohne dass es zu unzulässig hohem Schnittverlauf kommt. Bei geeigneter Auswahl der Bearbeitungsparameter werden die geforderten Qualitätskriterien prozesssicher erfüllt. Derzeit am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) in Hannover laufende Untersuchungen mit angepassten Bindungssystemen in Verbindung mit schlagzähem Diamant und tangentialer Kühlschmiermittelzufuhr zeigen weiteres Potenzial auf, die Wirtschaftlichkeit des Trennprozesses durch verringerten Werkzeugverschleiß weiter zu erhöhen.

Bildnachweis Verfasser

Danksagung: Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), welches das Forschungsvorhaben (14546 N) der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Remscheid, im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) finanziell gefördert hat.