

Titel

Schnellprüfverfahren zur Bewertung der Eignung von Schneidölen für das Scherschneiden

IGF-Nr.: 17269 N

Forschungsstellen

Forschungsstelle 1: Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe,
Remscheid (IFW)

Forschungsstelle 2: Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der
Leibniz Universität Hannover (IFUM)



Ansprechpartner beim IFW-Remscheid:

M. Sc. Dominik Lenz
02191 / 5921.123
lenz@fgw.de

Ansprechpartner beim IFUM-Hannover:

Dipl.-Wi.Ing. (FH) Levent Altan
0511 / 762.5774
altan@ifum.uni-hannover.de

Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 17269 N der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. – FGW, Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ausgangssituation

Beim Scherschneiden von Blechwerkstoffen mittels Umformmaschinen sind die Schneidstempel der eingesetzten Werkzeuge hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Dadurch kommt es zum abrasiven Verschleiß an den Mantel- und Stirnflächen der Schneidelemente sowie zu Ausbrüchen an der Schneidkante. Der Verschleiß nimmt mit steigender Schnittzahl zu und führt zu abnehmender Qualität der erzeugten Schnittflächen bis hin zur Produktion von Ausschussteilen. Eine Instandsetzung der Werkzeuge wird erforderlich und geht mit Kosten für die mechanische Nachbearbeitung sowie einem zeitweisen Stillstand der Produktionsanlage einher.

Durch den Einsatz von Schneidölen kann der Werkzeugverschleiß beim Schneiden erheblich vermindert und somit die Standmenge der Werkzeuge erhöht werden. Probleme bereitet jedoch das Auswählen geeigneter Schneidöle. Ein breites Spektrum zu verarbeitender Blechwerkstoffe mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften und eine Vielzahl verfügbarer unterschiedlicher Schneidwerkstoffe führen zu stark unterschiedlichen Prozessbedingungen beim Schneiden und in der Folge zu unterschiedlichen Anforderungen an Schneidöle. Am Markt werden zahlreiche Schneidölsorten angeboten, die sich hinsichtlich der Viskosität, der Temperaturstabilität oder der chemischen Reaktivität unterscheiden. Welches Schneidöl für einen bestimmten Anwendungsfall am besten geeignet ist, ist den Anwendern häufig nicht bekannt. Die Erprobung verschiedener Ölsorten im realen Schneidversuch ist zeit-, material- und somit kostenintensiv. Bei vereinfachten Prüfverfahren nach dem Stand der Technik, mittels derer in kurzer Zeit und mit geringem Materialaufwand Ölsorten getestet werden können, entspricht die Belastung der Schneidelemente unter Versuchsbedingungen nicht derjenigen, wie sie im realen Schneidprozess vorliegt. Die Ergebnisse sind daher nur begrenzt aussagekräftig.

Für Anwender ist die Auswahl einer für den Anwendungsfall geeigneten Ölsorte daher schwierig. Gleichermaßen ist für Ölhersteller die Entwicklung von neuen Schneidölen problematisch. Da die Auswirkung von veränderten Zusammensetzungen des Öls auf die Standmenge von Schneidwerkzeugen aus Kostengründen nur exemplarisch für einige Schneidwerkstoff- / Blechwerkstoffkombinationen untersucht werden kann, lässt sich ein effizienter Einsatz von Additiven in der Praxis nur bedingt umsetzen.

Es besteht der Bedarf nach einem neuen Prüfverfahren zur Bewertung der Eignung von Schneidölen. Gefordert ist ein Verfahren, mittels welchem in kurzer Zeit und bei vertretbarem Kosten- und Materialaufwand ein belastbares Prüfergebnis erreicht werden kann.

Forschungsziel

Übergeordnetes Ziel des Forschungsprojektes war die Verschleißreduzierung beim Scherschneiden durch Wahl eines für die eingesetzte Paarung aus Werkstück- und Werkzeugwerkstoff geeigneten Schmierstoffs. Zu diesem Zweck wurde im durchgeführten Projekt ein Schnellprüfverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe eine schnelle Prüfung verschiedener Schneidöle auf ihre Eignung für den jeweiligen Prozess möglich wurde. Dem Lösungsansatz lag die begründete Vermutung zugrunde, dass der vom eingesetzten Schneidöl beeinflusste tribologische Zustand beim Scherschneiden Auswirkungen auf messbare Prozessgrößen hat und diese bereits nach wenigen Schnitten einen für die Verschleißentwicklung am Werkzeug charakteristischen, schnittzahlabhängigen Verlauf aufweisen. Mithilfe realer Verschleißuntersuchungen und des im Vorhaben entwickelten Werkzeugs wurde ermittelt, welche Prozessgrößen (z. B. Temperatur, Schneidkraft,) allein oder auch in Kombination als Kriterien für das Schnellprüfverfahren geeignet sind. Anschließend wurde ein Gütekriterium abgeleitet, auf dessen Basis ein Ranking (Abbildung 1) für die Eignung verschiedener Schneidöle zum Schneiden mit der untersuchten Werkstück-/Werkzeugwerkstoffpaarung aufgestellt werden konnte.

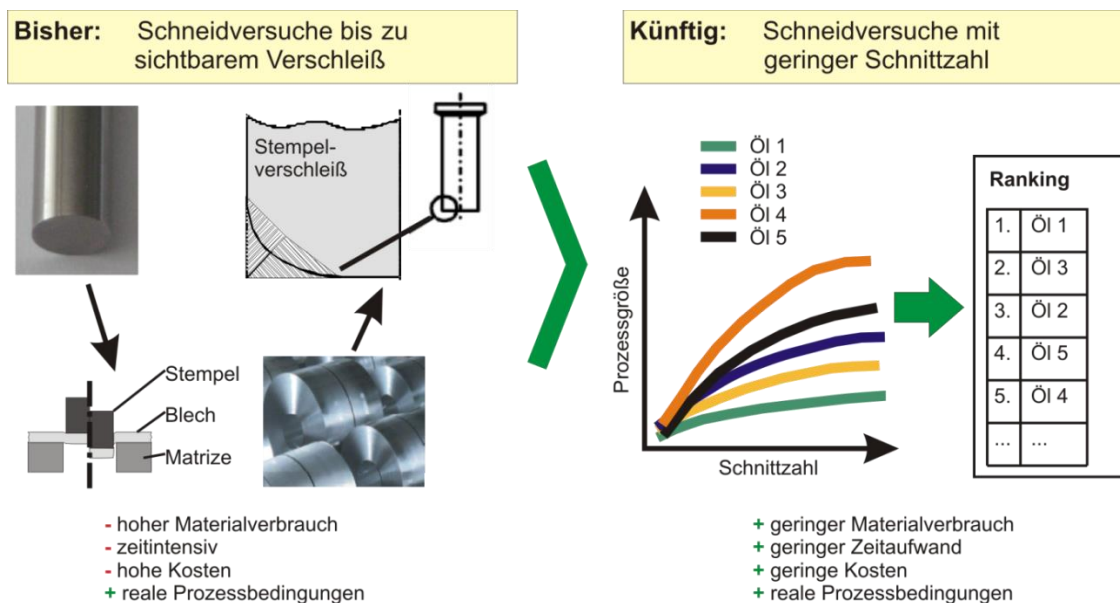


Abbildung 1: Bisherige und neuartige Vorgehensweise zur Schneidölbewertung

Der Zeit- und Materialaufwand wurde dadurch gegenüber dem Stand der Technik bei verbesserter Qualität der Ergebnisse wesentlich verringert. Das Schnellprüfverfahren bietet darüber hinaus den Vorteil, dass der Anwender die tribologischen Vorgänge, die beim Scherschneiden auftreten, nicht unbedingt detailliert kennen muss. Dadurch wird eine Anwendung in der Praxis wesentlich erleichtert. Zum Abschluss des Projektes stand ein neues Schnellprüfverfahren zur Verfügung, das Pressenbetreibern und Ölherstellern eine schnelle und kostengünstige Bewertung der Schneidöleignung für den jeweiligen Anwendungsfall ermöglicht.

Forschungsergebnisse

Zunächst wurde ein von Maschineneinflüssen weitgehend entkoppeltes Schneidwerkzeug entwickelt und gebaut und mit der notwendigen Sensorik zur Messung von Prozessgrößen ausgestattet. Anschließend wurden in AP 2 mit unterschiedlichen Kombinationen aus Werkzeug-/Blechwerkstoff und Schneidölen Schneidversuche zu jeweils 10.000 und 100.000 Schnitten durchgeführt. Dabei wurden die Prozessgrößen aufgezeichnet und der auftretende Werkzeugverschleiß sowie die resultierenden Schnittkanten analysiert. Ausgehend von den Ergebnissen wurde ein Gütekriterium entwickelt, anhand dessen ein Ranking der Öle nach wenigen Schnitten bestimmt werden kann, welches qualitativ die zu erwartende Werkzeugstandmenge widerspiegelt.

In AP 3, 4, 5 und 6 erfolgte die Validierung des Gütekriteriums anhand weiterer Schneidversuche. Im Hinblick auf die Zuverlässigkeit und Praxistauglichkeit des entwickelten Schnellprüfverfahrens wurde anschließend überprüft, ob das Verfahren unter Variation der Werkzeugwerkstoffe, des Blechwerkstoffes und des Schneidspaltes seine Aussagekraft beibehält und auf andere Umformmaschinen übertragbar ist.

Zum Abschluss des Projektes wurde in AP 7 ausgehend von den Ergebnissen und auf Basis des Gütekriteriums eine Systematik für das schnelle Prüfverfahren entwickelt. Die Vorgehensweise von der Durchführung der Schneidversuche über die Messung der Prozessgrößen und die Bestimmung des Gütekriteriums bis hin zur Erstellung des Ölrankings wurde entsprechend dokumentiert. Die durchgeführten Arbeiten und die Forschungsergebnisse wurden in AP 8 in einem Forschungsbericht zusammengefasst und ein Leitfaden zur Anwendung des Verfahrens in der Praxis wurde erstellt.

Tabelle 1: Versuchsplan

Arbeitspunkt	Öl	Schnittanzahl	Schneidelemente	Blech	Schneidspalt	Umformmaschine
AP 1	Werkzeugkonstruktion					
AP 2	1	10.000	1.2379	MSW 1200	10%	1
	2	10.000				
	3	10.000				
	4	10.000				
	1	100.000				
	2	100.000				
	3	100.000				
	4	100.000				
AP 3	1	10.000	HSS	MSW 1200	10%	1
	2	10.000				
	3	10.000				
	1	10.000				
	2	10.000				
	3	10.000				
AP 4	1	10.000	1.2379	1.4301	10%	1
	2	10.000				
	4	10.000				
AP 5	3	10.000	1.2379	MSW 1200	5%	1
		10.000			10%	
		10.000			15%	
AP 6	1	Optische Vermessung der Werkzeugkinematik				1 und 2
AP 7	Schnellprüfverfahren					
AP 8	Abschlussbericht					

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der einzelnen Rankings der Untersuchungen des Werkzeugverschleißes, der Schnittkantenqualität und der Verläufe der erfassten Prozessgrößen Temperatur und Kraft zusammengefasst.

		Stempelverschleiß	Schnittkantenqualität	Temperaturverlauf	Kraftverlauf 1. Schnitt	Kraftverlauf 10.000. Schnitt	Gütekriterium 100.000 Schnitte	
							Stempelverschleiß	Schnittkantenqualität
Gütekriterium	Öl 1	3	3	3	3	2 / 3 / 4	3	3
	Öl 2	1	1	1	1	1	1	1
	Öl 3	2	2	2	2	2 / 3 / 4	2	2
	Öl 4	4	4	4	4	2 / 3 / 4	4	4
Variation Werkzeugwerkstoff HSS	Öl 1	3	3	3	3	3		
	Öl 2	2	2	2	2	2		
	Öl 3	1	1	1	1	1		
Variation Werkzeugwerkstoff 1.2379 nitriert	Öl 1	1	1	1	1	1		
	Öl 2	3	3	3	3	2 / 3		
	Öl 3	2	2	2	2	2 / 3		
Variation Blechwerkstoff 1.4301	Öl 1	3	3	3	3	3		
	Öl 2	1	1	1	1	1		
	Öl 4	2	2	2	2	2		
Variation Schneidspalt	5 % (Öl 3)	3	3	3	3	3		
	10 % (Öl 3)	1	1	1	1	1		
	15 % (Öl 3)	2	2	2	2	2		

Abbildung 2: Zusammenfassung der Ranking-Ergebnisse

Wie deutlich wird, kann eine sehr hohe Korrelation der als Gütekriterium definierten Prozessgrößen mit der Werkzeugstandzeit festgestellt werden.

In allen Versuchsreihen konnte ein Zusammenhang des Temperaturverlaufs mit der Intensität der Verschleißentwicklung und der daraus resultierenden Schnittkantenqualität nachgewiesen werden. Je niedriger die in der Scherzone gemessenen Temperaturwerte waren, desto geringer ist der Verschleiß der jeweiligen Schneidstempel ausgefallen. Hierbei behält die Aussagekraft dieser, während der ersten 10.000 Schnitten gemessenen, Prozessgrößenverläufe auch hinsichtlich des Verschleißzustandes nach 100.000 Schnitten ihre Gültigkeit.

Die Dauer der Kraftereinwirkung auf die verwendeten Schneidstempel von Beginn des Schneidvorganges bis zum Blechabriss eignete sich unmittelbar zu Beginn der jeweiligen Messreihen als guter Indikator dafür, mit welcher Werkzeugwerkstoff/ Blechwerkstoff/ Schneidöl bzw. Schneidspalt-Kombination die geringste Verschleißentwicklung zu erwarten ist. Mit zunehmender Schnittzahl und zunehmendem Verschleiß der Schneidstempel konnte jedoch nicht immer eine genaue Differenzierung hinsichtlich des Verschleißzustandes vorgenommen werden.

Als Indikator und somit Gütekriterium zur Bestimmung der relativen verschleißreduzierenden Wirkung eingesetzter Schneidöle haben sich der Vergleich der jeweiligen Temperaturverläufe innerhalb der ersten 10.000 Schnitte und des Schneidkraftverlaufs innerhalb der ersten wenigen Schnitte als geeignet erwiesen.

Aufbauend auf den Forschungsergebnissen der vorgeschalteten Arbeitspakete wurde die Methode der Schneidölbewertung auf Basis des Gütekriteriums zu einem

systematischen Schnellprüfverfahren weiterentwickelt und im Rahmen eines praxisgerechten Leitfadens dokumentiert. Dies beinhaltet die Definition von Randbedingungen für die Durchführung des Verfahrens, die Festlegung der zu messenden Prozessgrößen und der durchzuführenden Schnittzahlen sowie die Ableitung des Gütekriteriums. Die Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens in Bezug auf verschiedene Öle und Werkstoffe wurden dokumentiert. Zusätzlich wurden Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich der Messtechnik zur Erfassung der Prozessgrößen erarbeitet. Ziel hierbei war es, die benötigte Messtechnik auf das für das Verfahren notwendige Minimum zu reduzieren und für künftige Anwender Empfehlungen zur Umsetzung einer kostengünstigen, aber zuverlässigen Sensorik zu erarbeiten. Der Leitfaden wird den PA-Mitgliedern sowie dem Interessentenkreis bestehend aus Pressenbetreibern, Öl-Herstellern sowie Anwendern beispielsweise im Rahmen von Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Ausstellungen auf Fachmessen zugänglich gemacht.

Der Schneidprozess wird von der eingesetzten Umformmaschine beeinflusst. Aufgrund von elastischer Nachgiebigkeit von Bauteilen des Antriebsstrangs sowie Lagerspielen kommt es unter Last zu Verlagerungen des Stößels (als Kippung und Versatz bezeichnet). Dies hat zur Folge, dass der Schneidspalt über dem Stempelumfang bzw. der Schnittkantenlänge ungleichmäßig groß ist. Der Werkzeugverschleiß sowie die Qualität der Schnittfläche werden hiervon negativ beeinflusst. Des Weiteren kommt es zum Zeitpunkt der Materialtrennung zu einem schlagartigen Abfall der Schneidkraft. Hierbei wird die unter Last in der Umformmaschine gespeicherte Federenergie freigesetzt und die Maschine kann zu Schwingungen angeregt werden. Dies hat zur Folge, dass der Schneidstempel, der während der Vollführung der Schwingungen im Kontakt mit der geschnittenen Kante des Blechwerkstoffs steht, mehrmals an der Schnittkante reibt. Dadurch kommt es zu einer Verstärkung des Abrasionsverschleißes an der Mantelfläche des Stempels.

Für die Durchführung des Schnellprüfverfahrens wird daher ein Schneidwerkzeug benötigt, welches störende Einflüsse der für die Versuche eingesetzten Umformmaschine weitgehend minimiert. Hierzu wird die Kopfplatte des Werkzeuges, welche die Stößelkraft auf den Schneidstempel überträgt, von der Stempelplatte entkoppelt. Die Kopfplatte wird lediglich mittels eines Federsystems mit dem Unterwerkzeug verbunden. Die Kraftübertragung erfolgt über eine möglichst kleine Fläche, beispielsweise mittels eines kugelkalottenförmigen mechanischen Anschlags. Das Unterwerkzeug bestehend aus Stempel- und Niederhalterplatte wird mittels Säulen geführt, welche an der Bodenplatte befestigt sind. Ein entsprechend großer, überdimensionierter Säulendurchmesser ist hierbei von Vorteil, um Kippung zu minimieren. Der Einsatz von leichtgängigen Präzisions-Kugelführungen stellt einen nahezu spielfreien Lauf sicher. Darüber hinaus ist es sinnvoll den Verschleiß der Stempel mittels mechanischen Anschlägen auf einen definierten Bereich zu reduzieren, um so eine bessere Vergleichbarkeit der Verschleißentwicklung verschiedener Messreihen zu ermöglichen.

Zur Messung der Prozessgrößen müssen entsprechende Sensoren in das Schneidwerkzeug integriert werden. Die Temperaturmessung erfolgt taktil mittels kostengünstigen und relativ widerstandsfähigen Thermoelementen. Das

Thermoelement wird hier bei möglichst nah zur Scherzone platziert. Dabei empfiehlt sich der Einsatz unmittelbar an der Schneidkante in der Schneidbuchse bzw. Matrize.

Die Kraftmessung erfolgt mittels eines piezoelektrischen Kraftmessrings im Krafthauptfluss zwischen Kopfplatte und Stempelplatte. Eine ausreichende Vorspannung mittels einer entsprechenden Vorspanneinheit verringert die Linearitätsabweichung und erhöht somit die Messgenauigkeit.

Darüber hinaus muss eine gleichmäßige Beölung der eingesetzten Versuchsblechwerkstoffe sichergestellt sein. Dies kann mittels relativ kostengünstiger Rollenbandbeöler mit vorgeschalteten Dosiereinheiten erreicht werden. Um eine Vermischung der eingesetzten Ölsorten zu vermeiden, empfiehlt sich die Beöler zwischen den jeweiligen Messreihen zu reinigen, bzw. alternativ mehrere Beöler einzusetzen.

Mittels des beschriebenen Systems wird jeweils eine gleiche Anzahl an Schnitten pro Messreihe / Schneidöl durchgeführt und dabei die Prozessgrößen gemessen. Die Anzahl der durchzuführenden Schnitte hängt von der verwendeten Werkzeug-/Blechwerkstoff-Kombination ab. Je weicher der eingesetzte Werkzeugwerkstoff und/oder je fester der eingesetzte Blechwerkstoff ist, desto schneller schreitet die Verschleißentwicklung voran. In der Kombination aus gehärteten bzw. nitrierten Stempeln aus dem Werkzeugstahl 1.2379 oder Stempeln aus Schnellarbeitsstahl HSS und dem höchstfesten Blechwerkstoff MSW1200 hat sich eine Schnittanzahl von maximal 10.000 Schnitten als ausreichend erwiesen.

Die Bewertung der Schneidöleignung erfolgt mittels eines Abgleichs der Temperaturverläufe und der Kraft-Zeit-Verläufe.

Aufgrund der reibungsbehafteten Relativbewegung zwischen Werkzeugwerkstoff und Blechwerkstoff wird kinetische Energie in Wärme umgesetzt und es kommt zu einem Verschleiß der Schneidkanten bzw. -flächen. Je stärker die Reibung zwischen den beiden Reibpartnern ausfällt, desto höhere Temperaturen werden gemessen und desto größer wird die Zeitdauer von Beginn der Schneidoperation bis zum Schnittschlag. Entsprechend erfolgt die Bewertung der Prozessgrößen. Vergleichsweise niedrige Temperaturverläufe und kurze Belastungszyklen (vgl. sind erstrebenswert.

Zusammenfassung

Anlass für den Forschungsantrag war die aus der Ausgangssituation resultierende Problemstellung. Es bestand der Bedarf nach einem neuen Prüfverfahren zur Bewertung der Eignung von Schneidölen. Gefordert war ein Verfahren, mittels welchem in kurzer Zeit und bei vertretbarem Kosten- und Materialaufwand ein belastbares Prüfergebnis erreicht werden kann. Dadurch werden für die Anwender die Auswahl von Schneidölen erleichtert und eine Reduzierung von Produktionskosten erreicht. Für die Hersteller der Schneidöle wird die Entwicklung neuer Produkte wesentlich erleichtert und somit ein Beitrag zur Reduzierung der Entwicklungs- bzw. Produktionskosten geleistet. Der zugrundeliegende Lösungsansatz basierte auf der Annahme, dass die Verschleißanfälligkeit von Werkzeugen in einem bestimmten Prozess (Werkstoff-/ Schneidwerkstoff-/ Schneidölkombination) bereits nach wenigen durchgeführten Schnitten anhand von messbaren Prozessgrößen erkennbar ist.

Zunächst wurde untersucht, welche Prozessgrößen beim Scherschneiden allein oder in Kombination für die Verwendung als Prüfkriterium für das zu entwickelnde Schnellprüfverfahren geeignet sind. Hierzu wurde ein von Maschineneinflüssen weitgehend entkoppeltes Schneidwerkzeug entwickelt und gebaut und mit der notwendigen Sensorik zur Messung von Prozessgrößen (repräsentative Temperaturen, Schneidkraft) ausgestattet. Anschließend wurden Schneidversuche bis hin zu sichtbarem Werkzeugverschleiß mit unterschiedlichen Kombinationen von Schneidwerkstoff und Blechwerkstoff sowie unterschiedlichen Schneidölen durchgeführt. Die Prozessgrößen wurden dabei aufgezeichnet und die Schnittkanten in Intervallen vermessen. Ausgehend von den Ergebnissen wurde ein Gütekriterium entwickelt, anhand dessen ein Ranking der Öle nach wenigen Schnitten bestimmt werden kann, welches qualitativ die zu erwartende Werkzeugstandmenge widerspiegelt. Anschließend erfolgte die Validierung des Gütekriteriums anhand weiterer Schneidversuche.

Die Anwendbarkeit des Verfahrens für unterschiedliche Blechwerkstoffe und Schneidwerkstoffe wurde weiterhin anhand von Schneidversuchen untersucht. Die nach wenigen Schnitten mit Hilfe des Gütekriteriums ermittelten Örankings wurden mit den nach Versuchen bis zu sichtbarem Verschleiß erstellten Rankings verglichen. Im Hinblick auf die Zuverlässigkeit und Praxistauglichkeit des entwickelten Schnellprüfverfahrens wurde anschließend überprüft, ob das Verfahren für unterschiedliche Schneidspalte und Umformmaschinen übertragbar war. Zum Abschluss des Projektes wurde ausgehend von den Ergebnissen und auf Basis des Gütekriteriums eine Systematik für das schnelle Prüfverfahren entwickelt. Die Vorgehensweise von der Durchführung der Schneidversuche über die Messung der Prozessgrößen und die Bestimmung des Gütekriteriums bis hin zur Erstellung des Örankings wurde entsprechend dokumentiert. Die durchgeführten Arbeiten und die Forschungsergebnisse wurden in einem Forschungsbericht zusammengefasst und ein Leitfaden zur Anwendung des Verfahrens in der Praxis wurde erstellt.

Der Zeit- und Materialaufwand zur Prüfung von Schneidölen auf ihre verschleißreduzierenden Eigenschaften wurde dadurch gegenüber dem Stand der Technik bei verbesserter Qualität der Ergebnisse wesentlich verringert. Das Schnellprüfverfahren bietet darüber hinaus den Vorteil, dass der Anwender die tribologischen Vorgänge, die beim Scherschneiden auftreten, nicht unbedingt detailliert kennen muss. Dadurch wird eine Anwendung in der Praxis wesentlich erleichtert. Zum Abschluss des Projektes stand ein neues Schnellprüfverfahren zur Verfügung, das Pressenbetreibern und Ölherstellern eine schnelle und kostengünstige Bewertung der Schneidöleignung für den jeweiligen Anwendungsfall ermöglicht.

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, www.fgw.de, angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie bei Herrn M. Sc. Dominik Lenz unter 02191 59 21.123.