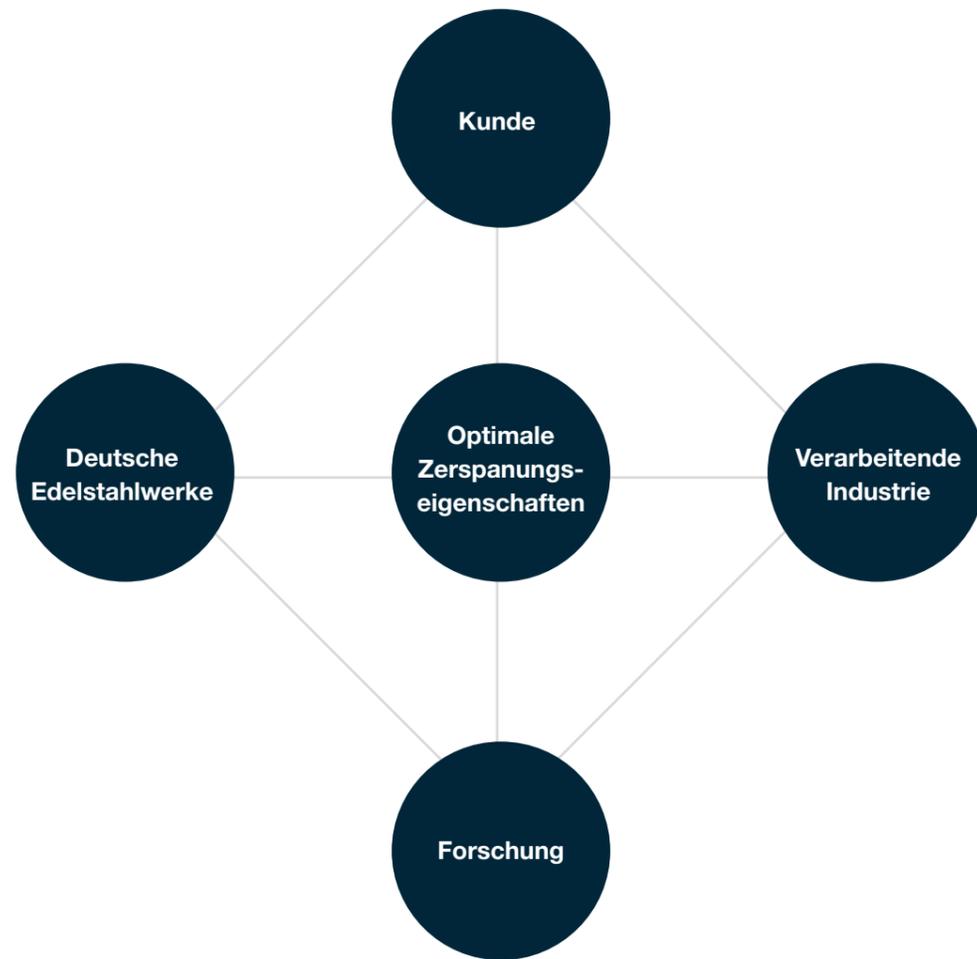


Zerspanung von Edelstählen





Gedrehte Bauteile

Experten für gute Zerspanungseigenschaften

Eine gute Zerspanbarkeit von Edelstählen zu gewährleisten ist eine Forderung der Zerspanungsindustrie an das stahlproduzierende Gewerbe.

Um dieser Herausforderung zu entsprechen, arbeiten die Deutschen Edelstahlwerke seit vielen Jahren eng mit Werkstoffingenieuren, Arbeitskreisen und Forschungseinrichtungen zusammen und entwickeln in der eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung individuelle Lösungen. Aufgrund dieses umfassend erworbenen Wissens und dem stetigen Austausch mit den Kunden besitzt das Unternehmen die erforderliche Erfahrung, um Edelstähle

höchster Qualität für den anwendungsspezifischen Einsatz herzustellen.

Dadurch ist es möglich, dass die Deutschen Edelstahlwerke Stähle anbieten, die mit Hilfe der umfassenden Kenntnis der werkstoffspezifischen Spanbildungs- und Verschleißvorgängen, im Ergebnis eine speziell auf die Bedürfnisse des Kunden ausgerichtete Lösung darstellen.



Konturhülse Turbolader



Fräsen



Fräsköpfe

Was ist Zerspanen und worauf ist bei der spanenden Bearbeitung zu achten?

Zerspanen ist ein fest definiertes Bearbeitungsverfahren, bei dem Bauteile in die gewünschte Form gebracht werden.

Durch eine spanende Bearbeitung entstehen viele Produkte, z.B. Dieseleinspritzer oder Getriebewellen, die im alltäglichen Leben nützlich und für viele technische Anwendungen unumgänglich sind. Zu den typischen Verfahren des Zerspanens gehören Bohren, Fräsen, Drehen und Sägen. Das bei der Bearbeitung entstehende überflüssige Material wird in Form von Spänen abgetragen.

Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer, Sicherheit und Geradlinigkeit der zu verarbeitenden, als auch der verarbeiteten Stähle, sind Ansprüche die an die Produkte gestellt werden. Erster Schritt zum Erfolg ist dabei die Wahl des richtigen Werkstoffs, um die vom Endanwender verlangten chemisch

einwandfreien Werkstoffe herzustellen. Die Deutschen Edelstahlwerke setzen auf eine unablässige Forschung und den Willen nach Verbesserung.

Um eine hohe Bauteillebensdauer der Stähle zu gewährleisten, sind eine hohe Dauerfestigkeit, Verschleißbeständigkeit und Zähigkeit unbedingte Werkstoffeigenschaften. Gleichzeitig wird eine gute Zerspanbarkeit gefordert, die eine zeit- und kostengünstige Produktion der Bauteile sichert. Ziel der engen Zusammenarbeit, der kontinuierlichen Forschung und der Berücksichtigung möglichst vieler Parameter ist die Lösung des Dualismus zwischen einer hohen Bauteillebensdauer und der zeit- und kostengünstigen Produktion.

Werkstoffeigenschaften gut spanbarer Stähle

Die Zerspanung von Edelstählen ist ein grundlegendes und meist notwendiges Verarbeitungsverfahren auf dem Weg zum fertigen Produkt.

Aufgrund der vielfältigen Werkstoffeigenschaften, Produkthanforderungen und der Tatsache, dass es keine Routineverarbeitung von Edelstählen gibt, stellt die Zerspanung eine Herausforderung an die weiterverarbeitende Industrie dar. Auf dem Weg zum fertigen Bauteil ist die Zerspanung ein erheblicher Kostenfaktor. Da die Bedeutung dieses Zusammenspiels zwischen geeigneten Zerspanungsparametern einerseits und guter spanbarer Eigenschaften der Stähle andererseits schon vor vielen Jahren erkannt wurde, gibt es seitdem Bemühungen, die Zerspanungstechnologie und den Einfluss der Werkstoffeigenschaften an sich zu verbessern und aufeinander abzustimmen. Eine gute Kommunikation zwischen dem Kunden und den Deutschen Edelstahlwerken ist dabei unentbehrlich, um schnelle und effizient Ergebnisse hervorzu- bringen. Die Deutschen Edelstahlwerke fühlen sich als Stahlproduzent in erster Linie für die Optimierung der Werkstoffeigenschaften verantwortlich. Allgemeine Aussagen über einen Werkstoff mit perfekten Zerspanungseigenschaften können nicht getroffen werden, da legierte Edelbaustähle, Werkzeugstähle und nichtrostende Stähle sowie Stähle mit besonderen physikalischen Eigenschaften in ihrer chemischen Zusammensetzung teilweise sehr unterschiedlich sind. Diese Gegensätzlichkeit wirkt sich auf die Zerspanbarkeit aus, die folglich sehr vom Werkstoff abhängt. Bei den Stahlwerkstoffen legen das Herstellverfahren, der Kohlenstoffgehalt, die Art, Anzahl und Verteilung der Legierungselemente sowie die Wärmebehandlung die werkstoffseitigen Eigenschaften fest. So sind die Zerspanungsparameter des Werkstoffs nicht nur abhängig von den absoluten Härte- werten, sondern auch von dem Gefügestand. Dieser resultiert zum einen aus dem Wärme-

behandlungszustand, zum anderen aus den typischen Werkstoffeigenschaften. Für die Zerspanbarkeit eines Werkstoffs ist der Wärmebehandlungszustand von zentraler Bedeutung. Da dieser in den Werkstoffnormen, z.B. EN 10088, nicht in Gänze beschrieben ist, kann der Zustand und damit die Eigenschaften vom weichgeglühten über den geglähten, entspannten, bis hin zum unbehandelten Zustand sehr unterschiedlich sein. Folglich kann, je nach Kundenwunsch, der Wärmebehandlungszustand ein Endzustand oder ein Zwischenzustand sein. Als Beispiel soll hier der Werkstoff X20Cr13 (1.4021) das eben beschriebene deutlich machen. Der Werkstoff kann, je nach Ausführung, eine Spanne zwischen 160 und 320 HB aufweisen, was sich entsprechend auf die Zerspanbarkeit auswirkt. Um die Wärmebehandlung auf die Zerspanung anzupassen, gab es früher normativ beschriebene Zwischenwärmebehandlungszustände, die ganz gezielt auf die Zerspanbarkeit abgestimmt waren (z.B. BF, gegläht auf gute Zerspanbarkeit). Diese Zwischenwärmebehandlungszustände sind jedoch als problematisch anzusehen, da im Zuge des Kostendrucks und der Entfeinerung der Fertigung die Zwischenwärmebehandlungszustände nicht mehr gezielt durch eine Wärmebehandlung produziert werden. Derzeit wird durch eine geregelte Abkühlung aus der Umformwärme ein Zustand, der „einigermaßen zerspanbar“ ist, eingestellt. Dem Wunsch des Zerspaners nach einem optimalen Wärmebehandlungszustand wird folglich immer weniger Rechnung getragen. Die Härte kann eine große Streuung aufweisen, die sich nicht nur auf die Zerspanungsleistung und den Werkzeugverbrauch auswirkt, sondern sich auch auf den Eigenspannungszustand und

Wärmebehandlungszustand

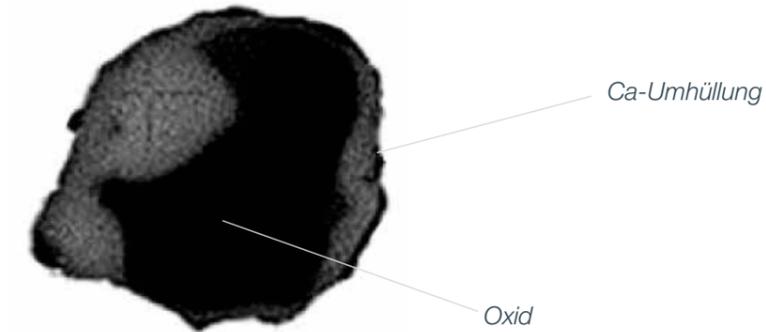
Zustand	Festigkeitsspanne in HB	Werkstoffbeispiele	Zerspanung
unbehandelt	170 - 350	C15 – C70	von – bis ++++
Geglüht:			
» Ohne Angaben (=A)	170 - 280	16MnCr5 alternativ 1.4418	-
» FP (alt: BG)	<190	20MnCr5	+++
» BF	150 - 165	27MnCr5 (1.7193)	++++
» Weich	140 - 180	1.7003	--
» BY (=P)	<190	1.5231	++
Entspannt	170 - 300	Ni36 (Austenit) 1.4313 (Martensit)	von – bis +++
Temperaturgeregelt gewalzt	250 - 300	1.5231	+
vergütet	250 - 380	42CrMoS4	von – bis +++

Einfluss der Legierungselemente auf die Zerspanbarkeit

Negativ	Positiv
Titan (bis 2%)	Schwefel
Aluminium (bis 10%)	Phosphor
Mangan (bis 25%)	Wismut
Zirkon (bis 0,3%)	Selen
nichtmetallische Verbindungen	Tellur
	Blei
	Neodym

die Oberflächengüte des Bauteils. Um gezielt sehr hohe Oberflächenhärten zu erzeugen, leichtere Bauteile herzustellen und Material zu sparen wird das Material häufig kaltverfestigt. Bei diesem mechanischen Bearbeitungsverfahren nimmt die Festigkeit des Werkstoffs durch Verformung zu. Allerdings führt eine derart eingebrachte mechanische Verformung zu teilweise sehr unterschiedlichen Härten zwischen Kern und Rand. Die Zerspanbarkeit wird vor allem dadurch erschwert, dass kaltverfestigtes Material praktisch nicht entspannt werden kann. Es kann demzufolge zu einem möglichen Verzug bei der zerspanenden Bearbeitung kommen, der durch das Freiwerden von Eigenspannungen hervorgerufen wird. Gleichzeitig ist bei der Auswahl eines geeigneten Werkstoffs für eine gute Zerspanbarkeit auf den Einfluss der Legierungselemente zu achten. So wirken sich Elemente wie Blei, Wismut und Schwefel

positiv auf die Zerspanbarkeit aus; Titan, Aluminium, Silizium, und Zirkon negativ. So pauschal wie es klingt ist es jedoch nicht, da jedes Legierungselement in erster Linie eine Verunreinigung darstellt, die den Reinheitsgrad verschlechtert. Es ist wichtig zu beachten, in welchem Toleranzbereich die jeweiligen Elemente eingesetzt werden können, um die geforderten Eigenschaften für die gewünschten Anforderungen trotzdem zu erfüllen. Dies kann durch die langjährige Erfahrung individuell und gezielt auf die Wünsche des Kunden abgestimmt werden. Das bedeutendste Legierungselement mit einem enormen Einfluss auf die Zerspanbarkeit ist der Schwefel. Schwefel verbessert vordergründig die Zerspanbarkeit, mit steigendem Schwefelgehalt verschlechtern sich allerdings Eigenschaften wie Schweißbarkeit, Korrosionsbeständigkeit und Querzähigkeit.



Verschleißschutz der Zerspanungswerkzeuge durch eine weiche Ca-Umhüllung von harten Oxiden

Wovon hängt eine bessere Zerspanbarkeit ab?

Ziel ist es, Werkstoffe zu kreieren, bei denen zum einen die Lebensdauer des Bauteils möglichst hoch ist, zum anderen dem Anspruch auf gute Zerspanbarkeit Folge geleistet wird.

Die Forderung der Zerspaner an die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe steigt stetig. Das Ergebnis soll in Summe über metallurgische Arbeit, den Walzbedingungen, den Wärmebehandlungszuständen, den beim Kunden eingesetzten Werkzeugen und den Zerspanungsbedingungen eine optimale Zerspanung ermöglichen. Neben den bereits erwähnten Einflussparametern auf eine günstigere Zerspanung wird eine Verbesserung durch folgende metallurgische Arbeitsweisen eingestellt:

Teilchenmorphologie und Umhüllung der Teilchen

Bei dieser metallurgischen Arbeitsweise werden abrasive Einschlüsse durch eine weiche Calciumumhüllung in verformbare Teilchen umgewandelt. Es wird einerseits dabei erreicht, dass während des Bearbeitungsprozesses (bei hohen Schnittgeschwindigkeiten) die Bildung einer Schutzschicht auf der Schneide begünstigt wird. Allerdings kann andererseits eine derartige Calciumbehandlung von schwefelarmen Stählen, im Gegensatz zu Stählen mit höherem

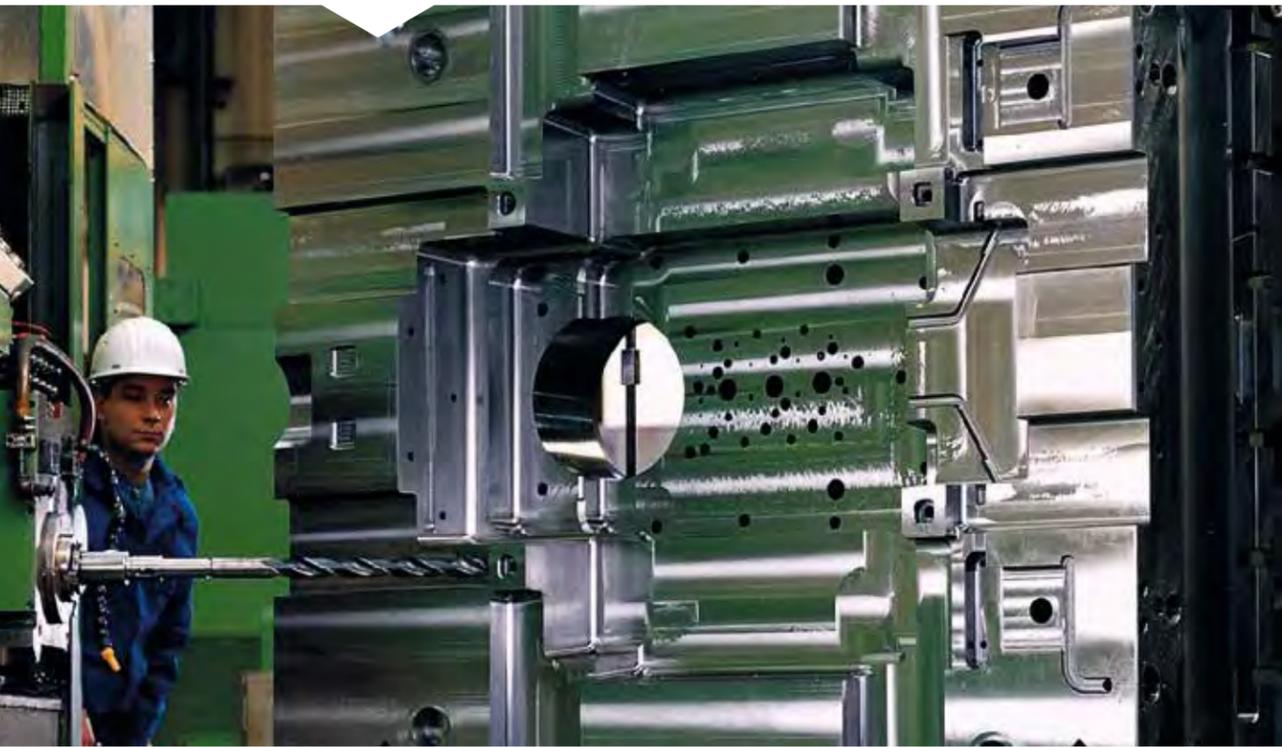
Schwefelanteil, zu einem größeren Werkzeugverschleiß führen. Es ist daher neben der Konzentration dieser Sonderbehandlung auf die Zerspanbarkeit der gesamte Einflusskreis bis zum fertigen Bauteil zu beachten.

Umformen

Bei einer umformtechnischen Weiterverarbeitung weisen Stähle mit geringem Schwefelanteil verfahrenstechnische Vorteile auf. Gleichzeitig ist Schwefel ein Element, das ausgeprägt seigert und unter bestimmten Umständen für unerwünschte Fehler in der Erstarrungsstruktur verantwortlich ist.

Einfluss des Schwefelgehalts

Lange galt die Faustregel: je höher der Schwefelgehalt eines Werkstoffs, desto besser lässt sich dieser zerspanen. Diese Aussage hat im Zuge der hohen Ansprüche an den Stahl und der daraus folgenden Vielfalt und Individualität der Produkte nicht mehr die Gültigkeit, die sie lange hatte, da der Reinheitsgrad bei der Erhöhung der Bauteillebensdauer von entscheidender Bedeutung ist.



Bohren

Einen positiven Einfluss des Schwefels auf die Zerspanbarkeit ist nicht von der Hand zu weisen, allerdings gehen mit diesem auch diverse negative einher. Ein erhöhter Schwefelgehalt fördert die günstige Spanbildung und einen besseren Abtransport der Späne, was besonders beim Drehen und Fräsen wichtig ist. Dies geschieht, indem sich Schwefel mit einem Legierungselement zum Sulfid bindet und sich als Schmierfilm auf der zu spanenden Oberfläche ausbildet. Dabei werden durch den sich bildenden Schmierfilm der Werkzeugverschleiß als auch die herrschenden Zerspanungskräfte reduziert.

Ein möglichst geringer Schwefelgehalt ist in Bezug auf die steigende Bedeutung des Stranggussverfahrens von Bedeutung. Da bei diesem Verfahren generell eine erhöhte Neigung zum Heißbruch besteht, sollte der Schwefelanteil möglichst gering sein, da Schwefel mit Eisen ein Eisensulfid bildet, das stark zum Heißbruch neigt. Ein weiteres Problem besteht in dem niedrigen Schmelzpunkt dieser Eisensulfide, da es so bei der Warmumformung zum Brechen des Werkstoffes kommen kann. Um diese nachteiligen Effekte zu verhindern wird die hohe Affinität des Schwefels zu Mangan genutzt. Dabei wird der Schmelze eine gewisse Menge Mangan zugeführt, der Schwefel wird gebunden und es entsteht anstatt Eisensulfid das weniger

schädliche Mangansulfid. Diese Mangansulfide besitzen einen hohen Schmelzpunkt und können wegen ihrer geringen Härte bei der Warmumformung sehr stark gestreckt werden. Weiter bilden diese Sulfide eine adhärenste Schicht, die sich auf der Werkzeugschneide bildet und so die Standzeiten der Werkzeuge verlängert. Die Abbindung des Schwefels mittels Mangan ist nicht die ultimative Lösung, denn mit zunehmendem Schwefelgehalt und der dadurch bedingten besseren Zerspanung nimmt der für viele Bauteile notwendige sulfidische Reinheitsgrad ab. Mit Erhöhung des Schwefelanteils geht eine Erhöhung der Mangansulfideinschlüsse einher, die wiederum unmittelbar die spezifischen Werkstoffeigenschaften beeinflussen. Gleichzeitig wird mit einem erhöhten Schwefelanteil neben dem sulfidischen der oxidische Reinheitsgrad negativ beeinflusst, da durch die Schwefelzugabe Sauerstoff in den Prozess gelangt und dies zu einem höheren Anteil an nichtmetallischen oxidischen Einschlüssen führt. In Anbetracht der Ansprüche an die Dauerschwingfestigkeit, Festigkeit (bis 1700 MPa), Druckbelastung (bis 3000 bar) und Korrosionswiderstand muss der Stahl so rein wie möglich sein. Die allgemeine Auffassung, dass die Zerspanbarkeit umso schlechter, je besser der Reinheitsgrad ist, muss revidiert werden und es müssen gezielt Zerspanungsparameter ermittelt

Einfluss unterschiedlicher Schwefelgehalte

	Hoher Schwefelgehalt	Niedriger Schwefelgehalt
Vorteile	gute Zerspanbarkeit	Verbesserung des oxidischen und sulfidischen Reinheitsgrad
	günstiger Spanbruch	höhere Bauteillebensdauer
	Bildung eines Schmierfilms	höhere Dauerschwingfestigkeit
	geringerer Werkzeugverschleiß	höhere Zähigkeit und Festigkeit
Nachteile	Gefahr von Heißbruch	erhöhter Werkzeugverschleiß
	geringere Bauteillebensdauer	möglicherweise ungünstiger Spanbruch
	Verschlechterung der Oberfläche nach der Umformung	
	Verstärkte Neigung zu Schubspannungsrissen bei hohen Kaltumformgraden	

werden, ohne dass der Prozess allein von der Hilfestellung des Gefüges bestimmt wird. Die Forderung seitens der Konstruktion, Berechnungen und Entwicklung ist deutlich: Vorgabe ist die Herstellung von Bauteilen mit immer höherer Lebensdauer. Dies ist nur durch Reduzierung des Schwefelgehalts möglich, da die Sulfide die Kerbwirkung zur Bruchauslösung begünstigen. Die Steigerung der Bauteillebensdauer fordert unmittelbar Einbußen auf Seiten der werkstofftechnischen Eigenschaften, was sich vor allem beim Zerspanen deutlich macht. Ein erheblicher Nachteil eines schwefelarmen Werkstoffes kann ein erhöhter Werkzeugverschleiß beim Drehen, Fräsen und Bohren sein. Beim Drehen und Bohren ist zudem eine sichere Prozessführung gefährdet, da hier durch einen schwefelarmen Werkstoff ungünstige Spanformen entstehen, die sich z.B. als Späne um den Bohrkopf wickeln könnten und damit den sicheren Prozessablauf gefährden. Der Spanbruch wird durch die wegfallenden Sulfide erschwert, das Bohren ist unter Standardbedingungen fast unmöglich, da, ebenfalls durch die nicht mehr so zahlreich vorhandenen Sulfide, die Versorgung mit Schmierstoff an der Spanstelle erschwert wird und der Abtransport der Späne kaum möglich ist. Neben den bisher genannten Nachteilen eines niedrigen Schwefelgehalts kann eine Verwendung von Schwefel zu sogenannten Sulfidzeilen führen; diese

verursachen unter Umständen Bauteilausfälle. Sulfidzeilen im Gefüge verringern die Verformbarkeit eines Werkstücks in Dickenrichtung. Als Folge können terrassenförmige Aufreißungen unterhalb der Schweißung und parallel zur Oberflächen auftreten. Die resultierenden wirtschaftlichen Schäden für die Industrie sind nicht nur die Bauteilausfälle an sich, sondern zusätzlich die Kosten für den Ersatz des defekten Werkstücks, für die Beschädigung weiterer Komponenten und insbesondere Kosten durch Ausfallzeiten. So gravierend die genannten Nachteile auch scheinen, mit Hilfe wissenschaftlicher Versuchsergebnisse schwefelarmer Stähle, können viele der negativen Einflüsse des Schwefels durch die Wahl geeigneter Prozessparameter beim Zerspanen kompensiert werden. Es ist möglich, Stähle mit extrem niedrigem Schwefelgehalt bei gleichbleibender Qualität zu zerspanen. In Studien konnte gezeigt werden, dass in niedrig legierten Bereichen der Schwefelgehalt eher geringen Einfluss auf Zerspanungsparameter, wie z.B. den Werkzeugverschleiß, hat. Ferner können innovative Schneidstoffe und Werkzeuggeometrien häufig den Einfluss des Schwefels auf den Werkzeugverschleiß minimieren.

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 70 / 65 / 55$ m/min	Werkstoff	C45Pb / 20MnCr5 / 18CrNiMo7-6
Vorschub	$f = 0,013 / 0,02 / 0,017$ mm	KSS (Kühlschmierstoff)	Öl
Werkzeug	Einlippenbohrer-SA001	Werkzeuggestrichmesser	$d = 1,675$ mm
Schneidstoff	HW-K15	Bohrtiefe	$l = 100$ mm



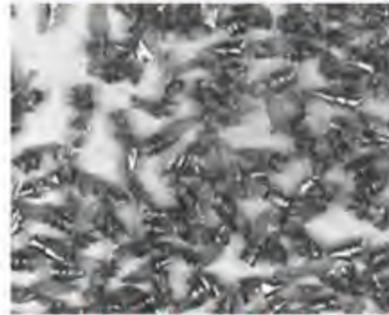
20MnCr5 S = 0,0063 %



20MnCr5 S = 0,0226 %



C45Pb



18CrNiMo7-6 S = 0,0010 %

Drehbearbeitung

Fertig gedrehtes Bauteil



Einflussfaktoren auf die Bauteileigenschaften

In der Abbildung ist die Komplexität der Einflüsse auf die Bauteileigenschaften für den Prozess der Zerspanung dargestellt. Nur wenn so viele Aspekte wie möglich ausreichend berücksichtigt werden, können die Ziele und Vorgaben an das Endprodukt realisiert werden.



Drehen



Tiefbohren

Anwendungsbeispiele für das Drehen und Tiefbohren

Um den bereits beschriebenen Einfluss des Schwefelgehalts auf die Zerspanbarkeit deutlich zu machen, haben die Deutsche Edelstahlwerke in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Dortmund zwei verschiedene Einsatzstähle hinsichtlich ihrer Zerspanbarkeit untersucht.

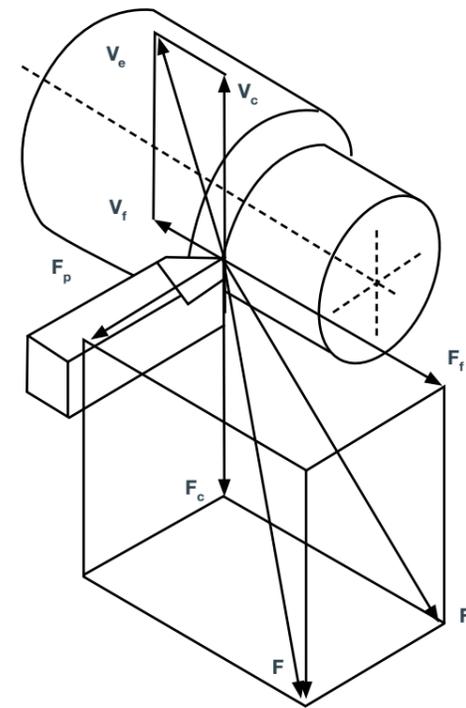
Dabei gibt es von den Werkstoffen 18CrNiMo7-6 und 20MnCr5 jeweils zwei Ausführungen, eine schwefelarme und eine mit höherem Schwefelgehalt.

Es werden an diesen Stählen die spanenden Bearbeitungsverfahren des Drehens und Tiefbohrens durchgeführt.

Werkstoffdaten

Werkstoff	18CrNiMo7-6		20MnCr5	
Schwefelgehalt in Massen -%	0,02	0,001	0,006	0,0226
Gießverfahren	Blockguss	Strangguss	Strangguss	
Durchmesser in mm	180		52	
Wärmebehandlung	FP-geglüht		FP-geglüht	
Härte in HB	162	168	160	153

Prinzipdarstellung des Außen-Längs-Runddrehens mit Angabe der Zerspanungsparameter



F_c = Schnittmarke
 F_p = Passivkraft
 F_f = Vorschubkraft
 F_a = Aktivkraft
 F = Zerspankraft

V_c = Schnittgeschwindigkeit
 V_e = effektive Schnittgeschwindigkeit
 V_f = Vorschubgeschwindigkeit

Dreharbeiten schwefelarmer Stähle

Drehen ist ein zerspanendes Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide und kontinuierlichem Schnitvorgang. Das fest eingespannte Werkzeug (Drehmeißel) wird am drehenden Werkstück mit Hilfe des Werkzeugschlittens entlang bewegt, um den Span abzuheben. Im Rahmen unserer Untersuchung wurde das Außen-Längs-Runddrehen untersucht. Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Parameter zu erzielen, werden für beide Werkstoffe die gleichen Untersuchungs-

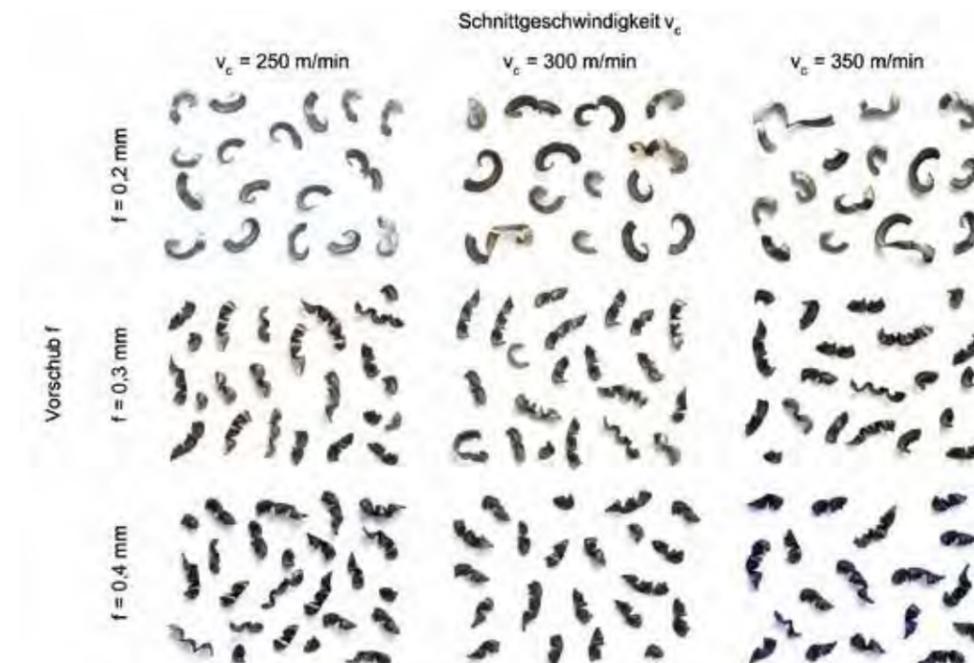
schwerpunkte gewählt. Durch eine beliebige, quer zur Schnittichtung liegende Vorschubbewegung des Werkzeugs bietet dieses Verfahren trotz einfach gestalteter Werkzeuge eine hohe Flexibilität bei der Herstellung von Plan-, Außen-, und Innenkonturen. Die Schnittbewegung ist geschlossen, meist kreisförmig, sodass dem günstigen Spanbruch eine hohe Bedeutung zukommt. Die rotatorische Bewegung führt in der Regel das Werkstück aus, das Werkzeug bewegt sich in Vorschubrichtung.

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 250 - 350$ m/min	Werkstoff	18CrNiMo7-6	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,2 - 0,4$ mm	Schwefelgehalt	$S = 0,0200$ %	
Schnitttiefe	$a_p = 2$ mm	KSS	Emulsion	
Schneidstoff	CNMG120408-P10 A-S1	Zerspanungsvolumen	$V_z = 250$ cm ³	



Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/ 18CrNiMo7-6, S = 0,0200 %

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 250 - 350$ m/min	Werkstoff	18CrNiMo7-6	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,2 - 0,4$ mm	Schwefelgehalt	$S = 0,0010$ %	
Schnitttiefe	$a_p = 2$ mm	KSS	Emulsion	
Schneidstoff	CNMG120408-P10 A-S1	Zerspanungsvolumen	$V_z = 250$ cm ³	



Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/ 18CrNiMo7-6, S = 0,0010 %

Zusammenfassung Dreharbeiten des 18CrNiMo7-6

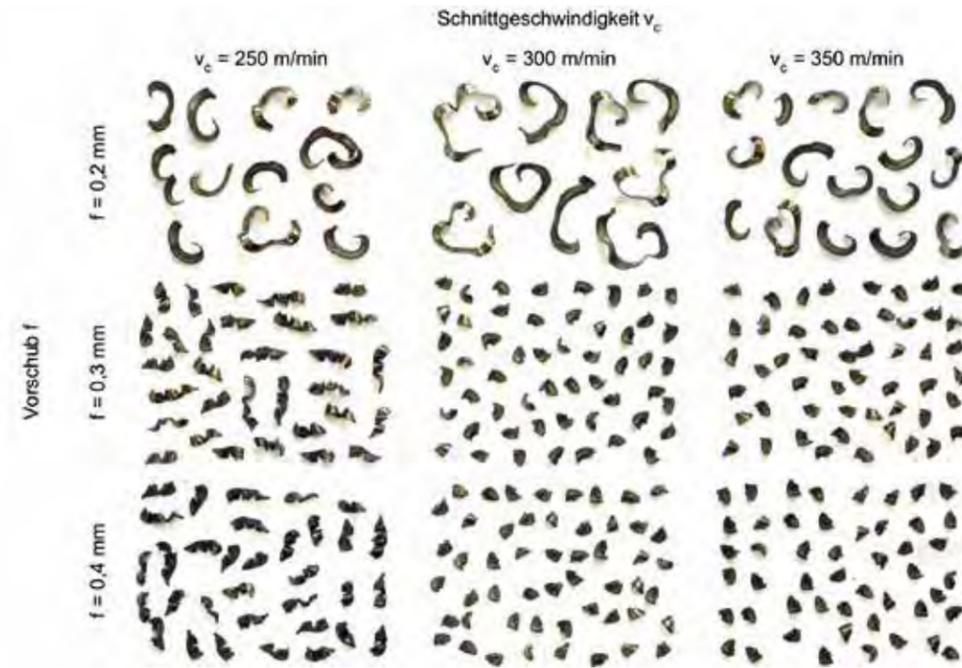
	Niedriger Schwefelgehalt	Höherer Schwefelgehalt
Schnittgeschwindigkeit	» für alle Schnittwertkombinationen (Schnittgeschwindigkeit und Vorschub) wurde das gewünschte Zerspanungsvolumen von 1000 cm ³ erreicht	
$v_c = 350$ m/min	» höherer Freiflächenverschleiß	
$v_c = 250$ m/min		» höherer Werkzeugverschleiß (auf Grund von Materialanhaftungen)
	» Steigerung der Schnittgeschwindigkeit führt unabhängig von den Vorschubwerten zu einer Vergrößerung der Verschleißmarke	
Spanform	Gut +	Sehr gut ++
	» Vorschub $f = 0,2$ mm: Erweiterung des Krümmungsradius	
	» $f = 0,3/0,4$ mm: zusammenhängende Spanlocke	
	» $f = 0,4$ mm: thermisch bedingte Verfärbung der Späne	
	» Kein eindeutiger Einfluss der Schnittgeschwindigkeit auf die Spanform	
Trockenbearbeitung		
	» deutlich höherer Verschleiß der Schneide	
	» verstärkter Kerbverschleiß -> begünstigte Gratbildung	
	» Oberflächenrauheit steigt	
	» deutliche stärkere thermische Beeinflussung	

Zusammenfassend lässt sich ein Einfluss des Schwefelgehalts auf den Werkzeugverschleiß und die Spanform erkennen.

Für den Werkstoff 18CrNiMo7-6 liegen die Schwerpunkte auf dem Einfluss der Schneidparameter, dem Werkzeugverschleiß, der entstandenen Spanform bei unterschiedlichen Schnittwertkombinationen und dem Vergleich des unterschiedlichen Verhaltens bei der Trockenbearbeitung. Die Aufnahmen der Späne lassen erkennen, dass bei höherem Schwefelgehalt für alle Schnittwertkombinationen eine günstige Spanform entstanden ist. Die abgebildeten Späne lassen sich auf einfache Art und Weise aus dem Arbeitsraum der Werkzeugmaschine abtransportieren und bedeuten kein Risiko für den Prozessablauf. Mit steigendem Vorschub erhöht sich die Krümmung des Spans, was zu kürzer gebrochenen Spanlocke führt. In Abhängigkeit des Vorschubs zeigen die Späne zunächst eine offene Form, die mit zunehmendem Vorschub stärker eingerollt wird. Da schwefelarme Stähle hinsichtlich des

Spanbruchs als kritisch betrachtet werden, ist die genaue Analyse der erzeugten Spanformen notwendig. Anhand der Abbildung ist zu erkennen, dass für alle Schnittwertkombinationen günstige Spanformen erzeugt werden. Dennoch sind die Auswirkungen des reduzierten Schwefelgehaltes in den Darstellungen deutlich auszumachen. Für den geringen Vorschub $f = 0,2$ mm kann eine Erweiterung des Krümmungsradius ausgemacht werden, während bei höheren Vorschüben zusammenhängende Spanlocken vorliegen. Nachdem der Einfluss des Schwefelgehalts für den Einsatzstahl 18CrNiMo7-6 nachgewiesen wurde, wird weiter untersucht, ob sich dies ebenfalls für den Werkstoff 20MnCr5 nachweisen lässt. Es wird bei der Drehbearbeitung dieses Werkstoffs auf eine zum 18CrNiMo7-6 vergleichbare Durchführung der Prozessparameter geachtet.

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 250 - 350 \text{ m/min}$	Werkstoff	20MnCr5	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,2 - 0,4 \text{ mm}$	Schwefelgehalt	$S = 0,0226 \%$	
Schnitttiefe	$a_p = 2 \text{ mm}$	KSS	Emulsion	
Schneidstoff	CNMG120408-P10 A-S1	Zerspanungsvolumen	$V_z = 250 \text{ cm}^3$	



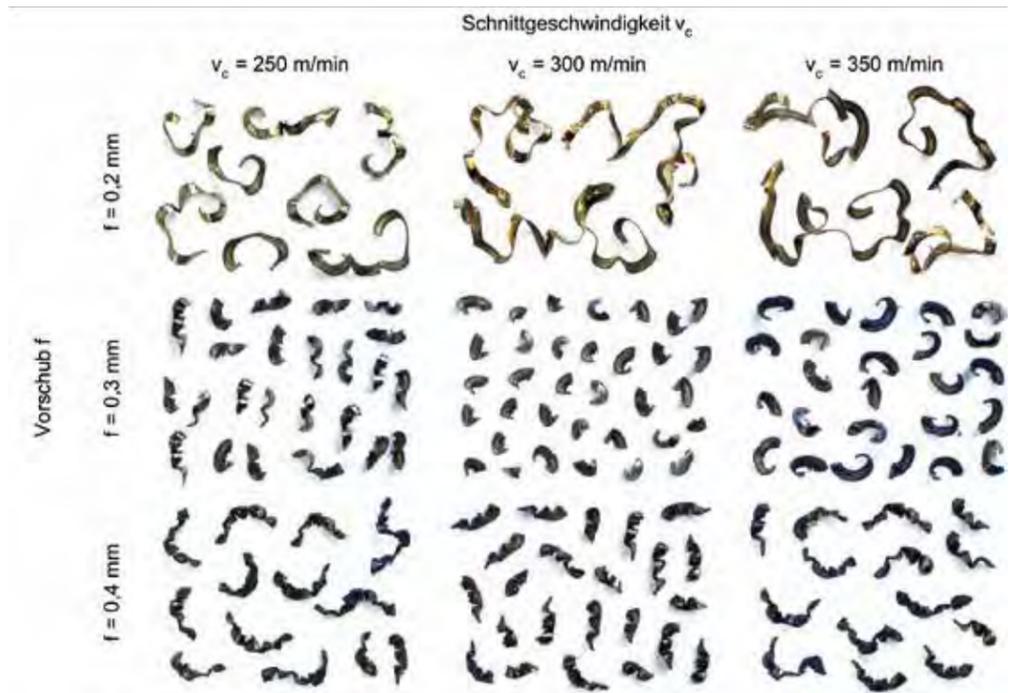
Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/
20MnCr5, $S = 0,0226 \%$

Dreharbeiten 20MnCr5

Bei dem Werkstoff 20MnCr5 ist der Einfluss des Schwefelgehalts auf die Spanform besonders deutlich, das geforderte Zerspanungsvolumen, aufgrund schlecht brechender Späne, nicht erreicht wurde. Die Spanformen, die bei der Bearbeitung des Werkstoffs 20MnCr5 mit hohem Schwefelgehalt erzeugt wurden, sind als günstig einzustufen. Lediglich die Spanform, die mit einem geringen Vorschub erzeugt wird, ist unter Umständen problematisch. Diese Späne weisen einen großen Krümmungsradius auf und es sind zusammenhängende Späne vorhanden. Der kleine Querschnitt und die geringe Krümmung der übrigen Schnittwertkombinationen machen es möglich, dass diese Späne sich in Spalten, die im Innenraum der Werkzeugmaschinen existieren, einfädeln und dort verbleiben.

Die Übersicht der Darstellung der Spanform für die Bearbeitung des schwefelarmen 20MnCr5 zeigt die eindeutige Wirkung von Vorschub und Schnittgeschwindigkeit. Für den geringen Vorschub von $f = 0,2 \text{ mm}$ liegen Spanlocken geringer Krümmung vor, deren Länge mit steigender Schnittgeschwindigkeit zunimmt. Diese Spanformen nehmen bei zunehmendem Verschleiß der Wendeschneidplatten an Länge zu. Die Vorschubsteigerung bewirkt eine stärkere Krümmung der Späne, sodass eng gerollte Spanlocken entstehen. Im Gegensatz zur Bearbeitung des Werkstoffs mit hohem Schwefelgehalt lässt sich jedoch festhalten, dass der Anteil der zusammenhängenden Spanlockensegmente zunimmt und die Späne eine stärkere thermisch bedingte Verfärbung zeigen, sodass von einer erhöhten thermischen Beanspruchung des Schneidstoffs ausgegangen werden kann.

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 250 - 350 \text{ m/min}$	Werkstoff	20MnCr5	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,2 - 0,4 \text{ mm}$	Schwefelgehalt	$S = 0,0063 \%$	
Schnitttiefe	$a_p = 2 \text{ mm}$	KSS	Emulsion	
Schneidstoff	CNMG120408-P10 A-S1	Zerspanungsvolumen	$V_z = 250 \text{ cm}^3$	



Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/
20MnCr5, $S = 0,0063 \%$

Ergebnisse von 20MnCr5

	Niedriger Schwefelgehalt	Höherer Schwefelgehalt
Zerspanungsvolumen V_z	» es konnte nicht für alle Schnittwertkombinationen V_z erreicht werden (auf Grund ungünstigen Spanbruchs)	» V_z wurde erreicht
Verschleißniveau	» vergleichbar mit dem des höheren Schwefelgehalts	» für alle Teilversuche so, dass Wendeschneidplatten für weitere Bearbeitung geeignet wäre
	» Schnittgeschwindigkeitssteigerung bewirkte eine Zunahme des Freiflächenverschleißes » Unabhängig vom Schwefelgehalt geringer als beim 18CrNiMo7-6, was auf Werkstoffeigenschaften zurückzuführen ist	
Spanform	Ungünstig -	+/-
	» Spanlänge nimmt mit steigendem Verschleiß der Wendeschneidplatten zu -> wickeln sich um Werkstück und führen zu Versuchsabbrüchen	» grundsätzlich günstig, ABER bei $f = 0,2 \text{ mm}$ haben Späne einen kleineren Querschnitt und geringere Krümmung, sodass die Späne sich in den Spalten einfädeln und dort verbleiben
	» stärkere thermische Beanspruchung, da die Anzahl der zusammenhängenden Spanlockensegmente zunimmt	
Oberflächengüte	» Nicht abhängig vom Schwefelgehalt » Eine Vorschubsteigerung führt aufgrund einer geringeren Überdeckung der Eckradien zu einer Erhöhung der Rautiefe	

Anpassung der Prozessparameter

Fazit

Durch die wissenschaftlichen Untersuchungen und den Vergleich der Ergebnisse wurde ein Einfluss des Schwefelgehalts auf den Werkzeugverschleiß nachgewiesen. Der Werkzeugverschleiß ist bei schwefelarmen Werkstoffen deutlich höher. Der Einfluss ist jedoch im Vergleich zu anderen Werkstoffgrößen wie der Härte relativ gering. Der negative Schwefeeinfluss auf den Verschleiß wird durch eine ungünstige Spanbildung verstärkt, da die Spanformen bei der schwefelarmen Variante besonders ungünstig waren. Bei einem drehenden Bearbeitungsverfahren ist eine günstige Spanbildung eine der wichtigsten Prozessgrößen. Die Einstellung verschiedener Prozessparameter ist auf das Erreichen eines günstigen Spanbruchs ausgelegt. Trotz der vielen negativen Einflussgrößen lassen sich Prozessgrößen vereinbaren, die auch bei schwefelarmen Stählen eine günstige Spanbildung erzeugen.

Einstellung einer geeigneten Spanleitstufe

Bei den Versuchsergebnissen ist deutlich geworden, dass der zweckmäßige Prozessbereich durch einen verringerten Schwefelgehalt deutlich verkleinert wird; nichtsdestotrotz ist er vorhanden. Die Schwierigkeit besteht in der richtigen Einstellung der Spanleitstufe. Die Spanleitstufe dient dazu, den anfallenden Span zu führen und direkt Einfluss auf die Spanbildung auszuüben. Sie brechen und leiten den Span dazu in eine günstige Form, da lange Späne eine Gefährdung für Mensch und Prozessablauf bedeutet. Die Effizienz einer Spanleitstufe lässt sich anhand der Kontaktsuren an den einzelnen Spanformelementen optisch prüfen.

Anpassen des Vorschubs

Eine Steigerung des Vorschubs verbessert bekanntlich den Spanbruch. Dieses bereits bekannte Wissen kann auch für das Zerspanen der Stähle mit geringem Schwefelgehalt von Nutzen sein. Neben einer derartigen Ertragssteigerung muss allerdings geprüft werden, ob die thermomechanischen Beanspruchungen des Schneidstoffs im Toleranzbereich bleiben.

Nutzung von Breitschlichtschneiden

Bei der Nutzung von Breitschlichtschneiden (bekannt als Wiper-Schneide) können bei hohen Vorschüben gute Oberflächengüten erzielt werden. Da es von Vorteil ist, bei schwefelarmen Werkstoffen mit hohen Vorschüben zu arbeiten, sind diese Breitschlichtschneiden von besonderem Interesse, um mit Stählen geringen Schwefelgehalts gute Oberflächengüten zu erhalten. Um individuell das beste Resultat zu erzielen ist zu beachten, dass dieses Verfahren zu hohen Passivkräften (können Schwingungen hervorrufen) und Quetschvorgängen (hoher Verschleiß der Schneide) führen kann.

Nutzung kleinerer Eckradien

Generell bewirkt das Nutzen kleinerer Eckradien eine Verbesserung des Spanbruchs, da die Spanformelemente näher an der Schneidkante angebracht werden können. Allerdings sind kleine Eckradien bei vielen Vorschubwerten begrenzt und besitzen limitierte Werkzeugstandzeiten.

Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie ist es möglich, durch geeignete Wahl der Prozessparameter, schwefelarme Stähle anhand der zerspanenden Bearbeitung des Drehens so zu verarbeiten, dass das gewünschte Resultat entsteht und die Wirtschaftlichkeit ebenfalls erfüllt wird.



Wendelbohren



Wendeltiefbohren

Tiefbohren schwefelarmer Stähle

Tiefbohren ist ein spanabhebendes Verfahren zur Herstellung von Bohrungen. Tiefbohrungen sind Bohrungen mit einem Durchmesser zwischen ca. 1 bis 1500 mm und einem Bohrungsverhältnis von $l/d = 10$ (Bohrtiefe l ; Werkzeugdurchmesser d). Es ist beim Tiefbohren ein besonderes Augenmerk auf den Abtransport der Späne zu legen, da sonst eine Gefährdung der Prozesssicherheit besteht und dies gegeb-

nenfalls zu Werkzeugausfällen führen kann. Bei unseren Untersuchungen besitzt der Werkzeugdurchmesser 5 mm und die Bohrtiefe 150 mm. Für diese Untersuchungsbedingungen existieren derzeit zwei Verfahren: Einlippenbohrwerkzeuge und TiAlN beschichtete Vollhartmetallwendelbohrer (Wendeltiefbohrer). Unter Verwendung dieser beiden Verfahren wurde mittels ähnlicher Prozessparameter die bereits für das Drehen verwendeten Werkstoffe genutzt.

Tiefbohrbearbeitung für das Einlippentiefbohren beim 18CrNiMo7-6:

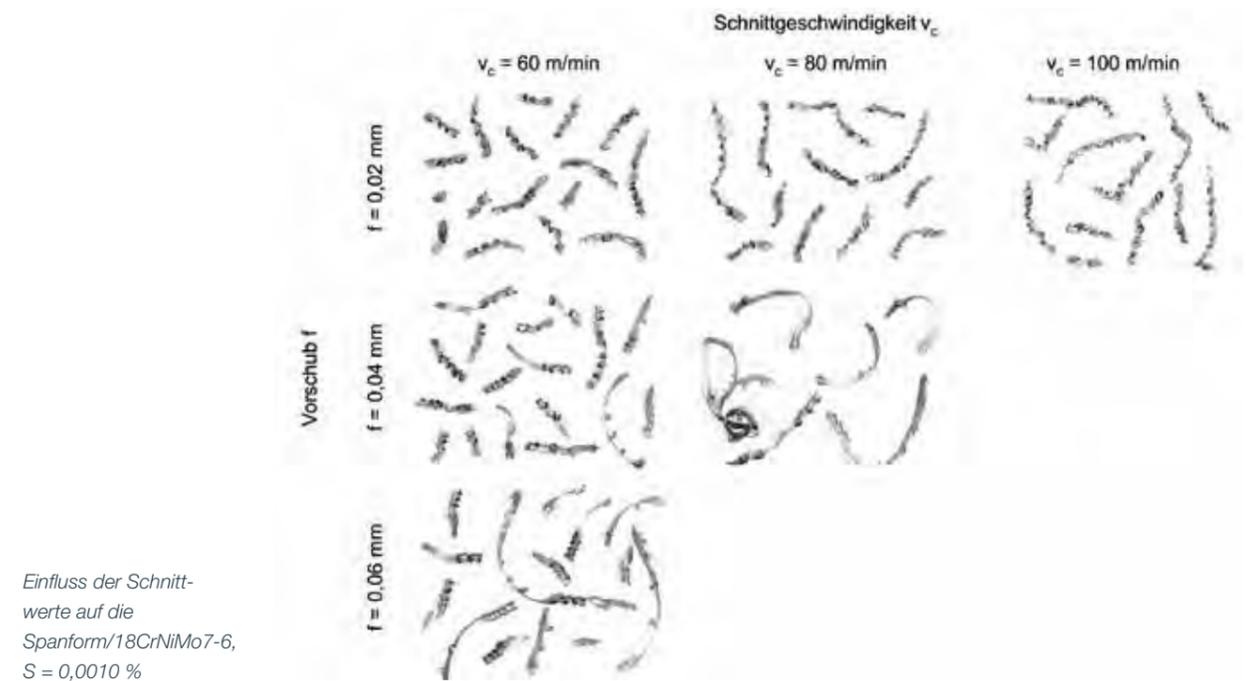
	Niedriger Schwefelgehalt	Höherer Schwefelgehalt
Spanbruch	» $f = 0,2$ mm: günstiger Spanbruch	» mit zunehmendem Vorschub entstehen Wendelspane günstiger Länge -> optimale Spanform, ABER auch Bandspanstücke vorhanden
	» Mit steigendem Vorschub gehen kürzere Wendelspanstücke in Bandspansegmente über	» Keine eindeutige Abhängigkeit der Schnittgeschwindigkeit auszumachen
	» Mit geringer werdendem Schwefelgehalt nimmt der Anteil der ungünstigen Spanform für vergleichbare Schnittwerte zu	
Verschleißverhalten	» nur günstiges Verschleißverhalten bei $f = 0,2$ mm	» Keine Auffälligkeiten
	» Werkzeugbrüche, die durch Spanklemmer hervorgerufen werden	
	» Höherer Werkzeugverschleiß	
Topografie der Oberfläche	» Eindeutiger Einfluss des Schwefelgehalts ist nicht festzustellen; auf Grund von gewähltem Tiefbohrkonzept (geringer Vorschub) entsteht eine Oberfläche mit geringer Rauheit	
Spanfläche	» Der Verschleiß auf der Spanfläche ist für die Bearbeitung des schwefelarmen Werkstoffs höher als für den mit hohem Schwefelanteil	
Spanform	» vermehrt gefaltete Späne	» zunehmende Verdrillung -> besserer Abtransport möglich
Bohrungsgüte	» KEIN signifikanter Unterschied für die gegebenen Schwefelanteile	

Fazit

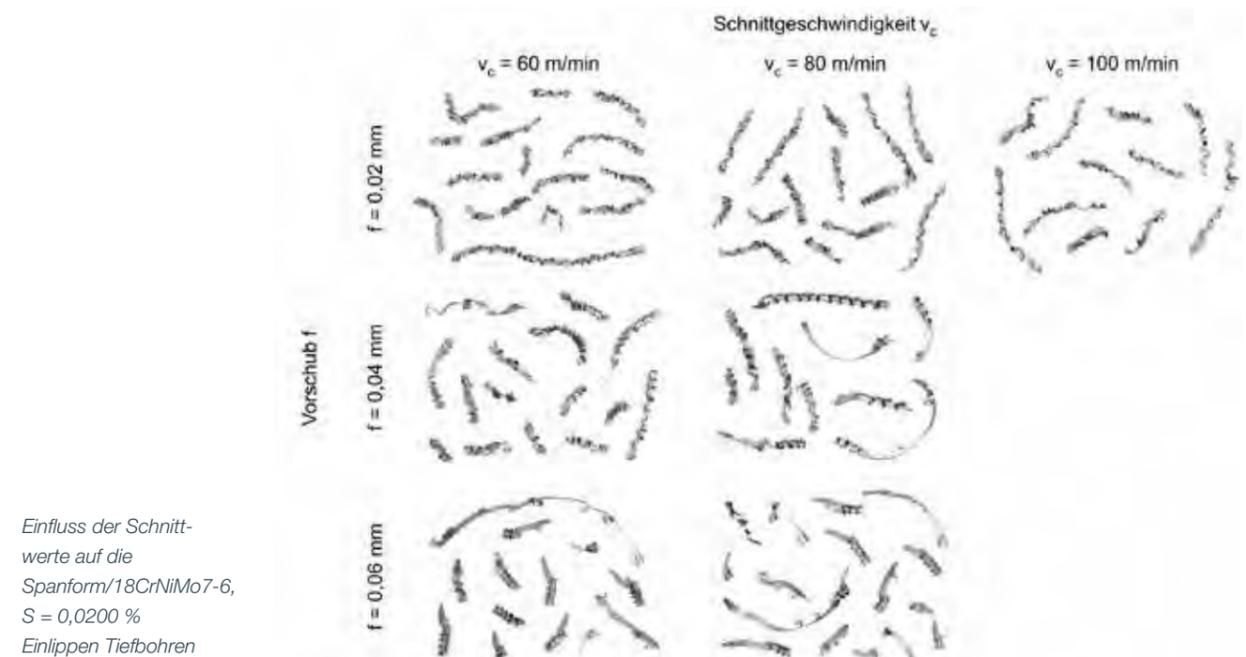
Für das zerspanende Verarbeitungsverfahren des Einlippentiefbohrens ist ein Einfluss des Schwefelgehalts auf die Spanform festzustellen. Es wird bei einem Vergleich ebenfalls deutlich, dass sich ein niedriger Schwefelgehalt negativ auf den Werkzeugverschleiß und die Spanfläche auswirkt. Die Untersuchung des Verschleißverhaltens bestätigt den Einfluss des Schwefelgehalts,

denn für die Bearbeitung des schwefelarmen Stahls kam es für die Schnittwertkombinationen aus $v_c = 80$ m/min und Vorschub aus $f = 0,04$ mm und $v_c = 60$ m/min und Vorschub $f = 0,06$ mm zu Werkzeugbrüchen, die durch Spanklemmen hervorgerufen werden. Weitere Schnittwertkombinationen bieten aufgrund der erkennbaren Tendenzen kein Potenzial und wurden daher nicht erprobt.

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 60 - 100$ m/min	Werkstoff	18CrNiMo7-6	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,02 - 0,06$ mm	Schwefelgehalt	$S = 0,0010$ %	
Werkzeug	Einlippenbohrer-SA002	KSS/Druck	Emulsion/p = 60bar	
Schneidstoff	HW-K15	Tiefbohren	$L_T = 1200$ mm	



Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 60 - 100$ m/min	Werkstoff	18CrNiMo7-6	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,02 - 0,06$ mm	Schwefelgehalt	$S = 0,0200$ %	
Werkzeug	Einlippenbohrer-SA002	KSS/Druck	Emulsion/p = 60bar	
Schneidstoff	HW-K15	Tiefbohren	$L_T = 1200$ mm	



Versuchsergebnisse beim 18CrNiMo7-6 für das Wendeltiefbohren

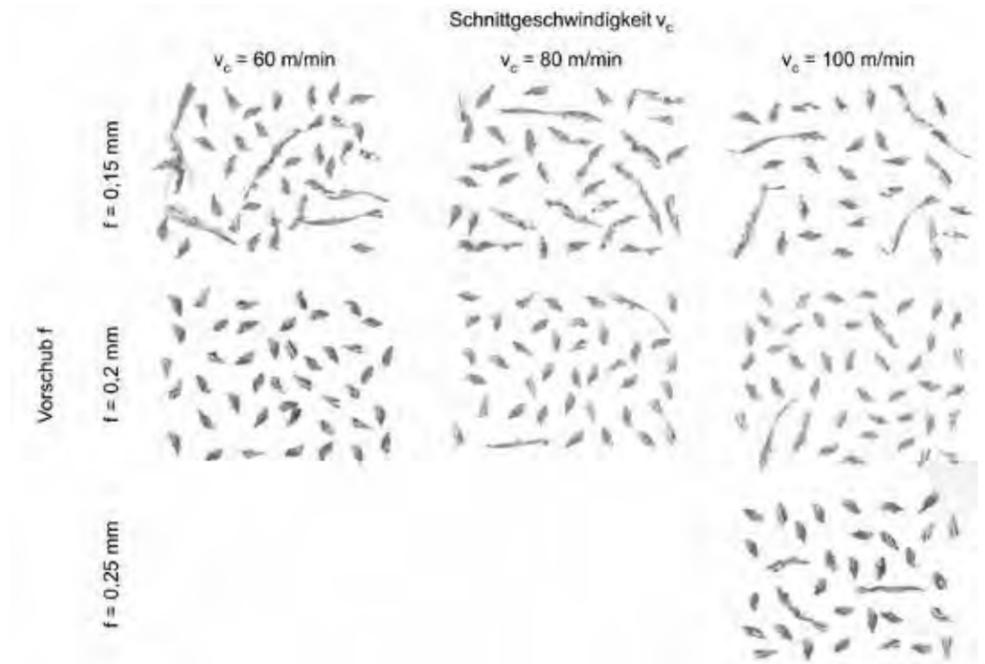
	Niedriger Schwefelgehalt	Höherer Schwefelgehalt
Spanform	» Die Reduzierung des Schwefelgehalts hat erhebliche Auswirkungen auf die Spanform; während bei der schwefelreichen Variante noch ein Bereich für einen günstigen Spanbruch gefunden wird, ist der Spanbruch bei der schwefelarmen Variante stets ungünstig. » (siehe Bilder)	
	» sichere Prozessführung ist gefährdet	
Werkzeugverschleiß	» vermehrte Materialanhaftung an der Schneidkante	» kein signifikanter Einfluss der Schnittwerte auf den Werkzeugverschleiß; Grund: TiAlN beschichteter Bohrer
	» Die Spanfläche der Werkzeuge zeigen keine signifikanten Verschleißmerkmale, sodass Auswirkungen des Schwefelgehalts zu keinen aussagekräftigen Ergebnissen führen	
Oberflächengüte	» Keine eindeutige Aussage möglich, da die Gestalt der Oberfläche durch das Tiefbohrkonzept festgelegt wird	

Wendeltiefbohren 18CrNiMo7-6

Obwohl bei diesem Verfahren wesentlich höhere Schnittwertkombinationen möglich sind, werden hier, um den Vergleich der beiden Tiefbohrverfahren zu gewährleisten, relativ ähnliche Vorschubwerte eingestellt. Allerdings entsteht aufgrund des symmetrischen Aufbaus der Vollhartmetall-Werkzeuge ein anderer Wertebereich für den Vorschub. Infolge der erhöhten Schnittwertkombinationen ist ein günstiger Spanbruch noch bedeutsamer. Dieser gilt als günstig, wenn der Span kurz und vereinzelt gebrochene Späne aufweist. Die abgebildete Übersichtsdarstellung zeigt die erzeugten Spanformen bei unterschiedlichen Schnittwertkombinationen. Für die schwefelhaltige Güte können kurz gebrochene vereinzelt Spanlocken für alle Schnittwertkombinationen aufgezeigt werden. Jedoch liegen in Abhängigkeit der Schnittwerte immer wieder Bandspansegmente vor. Insbesondere für den niedrigen Vorschub von $f = 0,15$ mm sind zahlreiche ungünstige Späne vorhanden, sowie beim erhöhten Vorschub von $f = 0,25$ mm. Als ein günstiger Bereich kann der Vorschub von

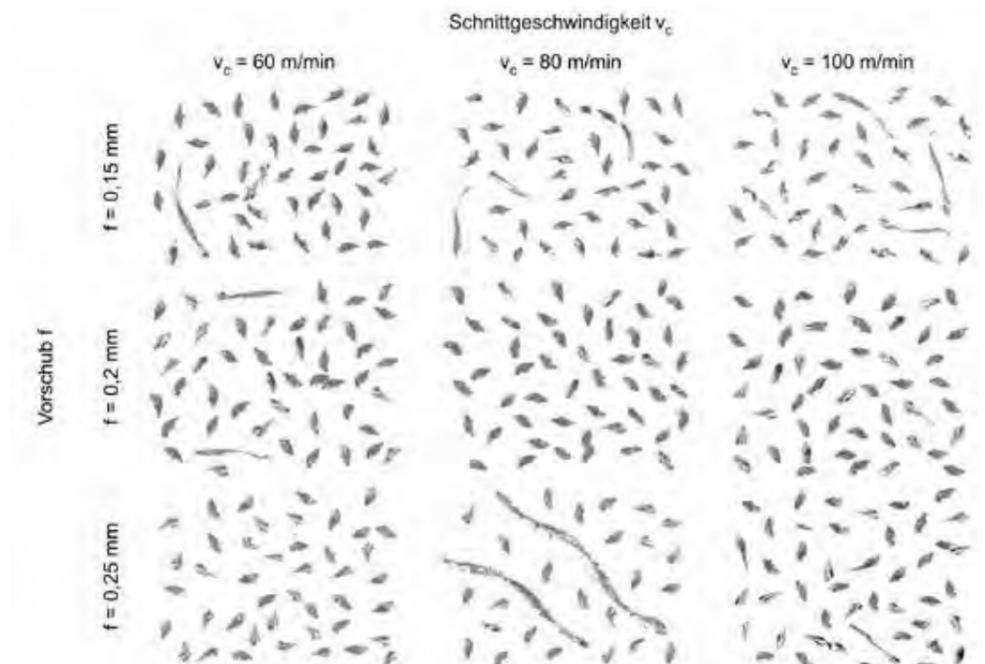
$f = 0,2$ mm und eine Schnittgeschwindigkeit zwischen $v_c = 80 - 100$ m/min bezeichnet werden. Die Übersicht stellt die Spanformen bei der Bearbeitung des schwefelarmen Werkstoffs dar. Für den geringen Vorschub $f = 0,15$ mm zeigen sich vermehrt ungünstige Spanformen, die sich zwischen Bohrungswand und Werkzeug verhaken können und so einen Bruch des Werkzeugs bewirken. Durch die Vorschubsteigerung auf $f = 0,2$ mm wird der Anteil der ungünstigen Späne vermindert. Durch eine weitere Vorschubsteigerung wird der Spanbruch nicht weiter verbessert. Die Späne weisen lediglich einen größeren Querschnitt auf. Der Vergleich der Ergebnisse hinsichtlich des Schwefelgehalts ergibt, dass sich die Reduzierung des Schwefelgehalts im Werkstoff auf die Spanform auswirkt. Kann für die Bearbeitung des Werkstoffs mit hohem Schwefelgehalt ein günstiger Bereich gefunden werden, so liegen für die Bearbeitung des schwefelarmen Werkstoffs auch für diese Schnittwertkombinationen noch Spanformen vor, die einen sicheren Prozess gefährden können.

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 60 - 100$ m/min	Werkstoff	18CrNiMo7-6	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,15 - 0,25$ mm	Schwefelgehalt	$S = 0,0010$ %	
Werkzeug	Wendelbohrer	KSS/Druck	Emulsion/p = 20bar	
Schneidstoff	HC-K30F + TiAlN	Bohrweg	$L_1 = 1200$ mm	



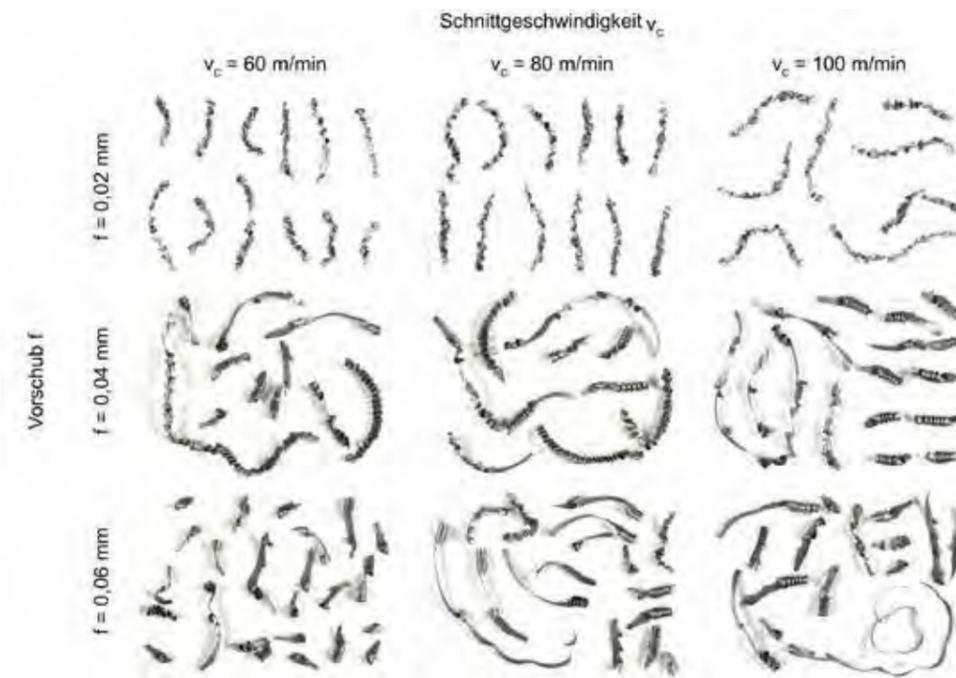
Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/ 18CrNiMo7-6, $S = 0,0010$ % Wendeltiefbohren

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 60 - 100$ m/min	Werkstoff	18CrNiMo7-6	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,15 - 0,25$ mm	Schwefelgehalt	$S = 0,0200$ %	
Werkzeug	Wendelbohrer	KSS/Druck	Emulsion/p = 20bar	
Schneidstoff	HC-K30F + TiAlN	Bohrweg	$L_1 = 1200$ mm	



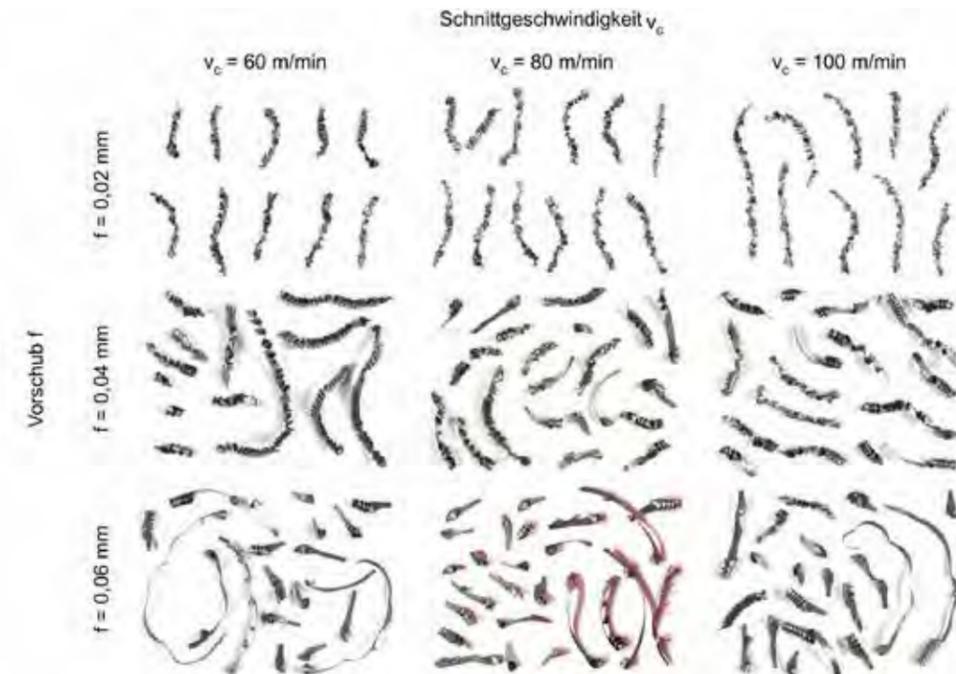
Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/ 18CrNiMo7-6, $S = 0,0200$ % Wendeltiefbohren

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 60 - 100 \text{ m/min}$	Werkstoff	20MnCr5	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,02 - 0,06 \text{ mm}$	Schwefelgehalt	$S = 0,0063 \%$	
Werkzeug	Einlippenbohrer-SA002	KSS/Druck	Emulsion/p = 60bar	
Schneidstoff	HW-K15	Bohrweg	$L_t = 1200 \text{ mm}$	



Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/ 20MnCr5, $S = 0,0063 \%$ Einlippenbohrer

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 60 - 100 \text{ m/min}$	Werkstoff	20MnCr5	10 mm ↔
Vorschub	$f = 0,15 - 0,25 \text{ mm}$	Schwefelgehalt	$S = 0,0226 \%$	
Werkzeug	Tiefbohrer	KSS/Druck	Emulsion/p = 20bar	
Schneidstoff	HC-K30F + TiAlN	Bohrweg	$L_t = 1200 \text{ mm}$	



Einfluss der Schnittwerte auf die Spanform/ 20MnCr5, $S = 0,0226 \%$ Tiefbohrer

Versuchsergebnisse beim Tiefbohren 20MnCr5

	Niedriger Schwefelgehalt	Höherer Schwefelgehalt
Spanform	» Anteil der gefalteten Späne hoch	» Bei geringerem Vorschub: gut abtransportierende Späne
	» Steigerung der Schnittwertkombinationen: Wendelspäne, die mit Bandsegmenten abschließen -> ungünstige Spanform	» Steigerung des Vorschubs bewirkt vermehrt gefaltete Späne -> ungünstig
	» Reduzierung des Schwefelgehalts macht sich durch eine Verschlechterung der erzeugten Spanform deutlich bemerkbar	
	» Eine Auswirkung des Schwefelgehalts auf die Spanlänge kann nicht ermittelt werden	
Verschleißverhalten	» Eine Erhöhung des Vorschubs und der Schnittgeschwindigkeit vermindert den vorhandenen Freiflächenverschleiß	
	» Für alle Versuchspunkte liegt bei der Bearbeitung des schwefelarmen Werkstoffs ein höherer Freiflächenverschleiß vor	
	» Materialanhaftungen unabhängig vom Schwefelgehalt	
Bohrungsgüte	» KEIN Einfluss des Schwefelgehalts auszumachen	

Tiefbohrbearbeitung des Einsatzstahls 20MnCr5

Dieser Werkstoff zeichnet sich durch hohe Zähigkeitskennwerte bei geringen Festigkeiten aus. Er ist daher kein Werkstoff, der, ohne die Einstellung besonderer Prozessparameter, für Tiefbohrbearbeitungen genutzt wird. Um trotzdem eine Vergleichbarkeit zum 18CrNiMo7-6 zu gewährleisten, wurde keine Variation der Schnittwerte durchgeführt. Auch bei diesem Werkstoff wurde das Einlippen- und Wendeltiefbohren durchgeführt.

Beim Einlippentiefbohren sind die verwendeten Werkzeuge grundsätzlich unbeschichtet. Es ist also trotz der geringen Festigkeit, genauso wie für den Werkstoff 18CrNiMo7-6, eine signifikante Abhängigkeit des Verschleißverhaltens und

der Spanform vom Schwefelgehalt und von den Schnittwerten auszumachen.

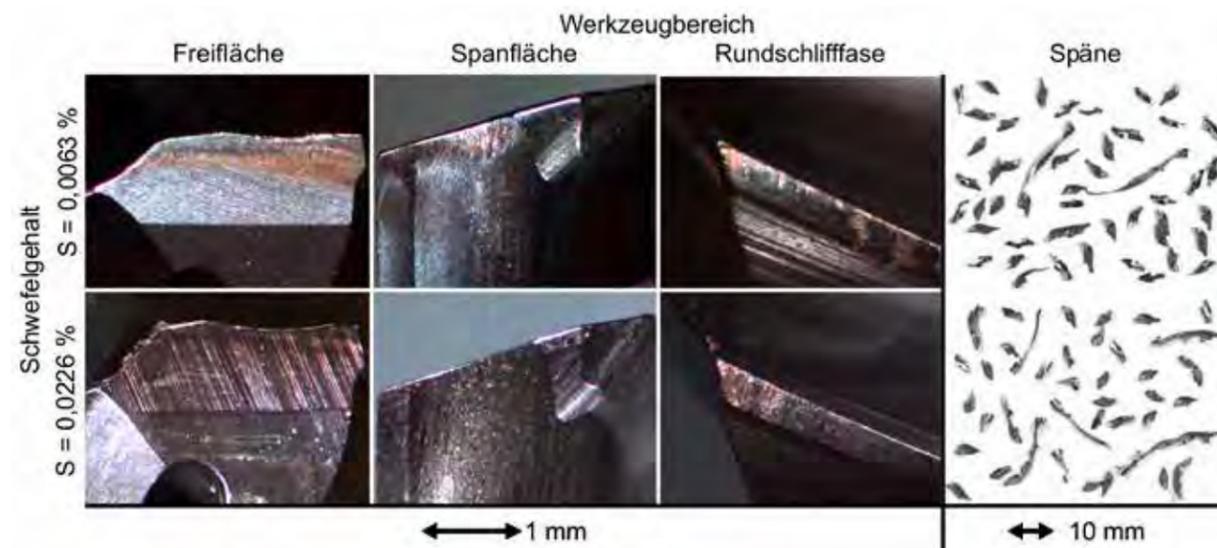
Die Übersichtsdarstellung verdeutlicht, dass der Vorschub eine hohe Bedeutung für die Spanbildung besitzt. Für den niedrigen Vorschub zeigen sich die für das Einlippenbohren typischen Späne, die einen ausreichenden Querschnitt besitzen, um aus der Bohrung transportiert zu werden. Eine Steigerung des Vorschubs bewirkt zunächst vermehrt auftretende gefaltete Späne, die nicht günstig sind. Eine weitere Steigerung von Vorschub und Schnittgeschwindigkeit führt zu prinzipiell ungünstigen Wendelspänen. Diese besitzen jedoch meist ein bandförmiges Ende, sodass die Gefahr von Spanklemmern besteht.

Wendeltiefbohren 20MnCr5

	Niedriger Schwefelgehalt	Höherer Schwefelgehalt
Spanform	» Für beide Werkstoffvarianten nicht optimal	
Werkzeugverschleiß	» Keine eindeutigen Ergebnisse erkennbar; aufgrund von beschichteten Werkzeugen	
Bohrungsgüte	» Nicht vom Schwefelgehalt abhängig	

Einfluss des Schwefelgehalts auf Werkzeugverschleiß und Spanform/20MnCr5

Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 80 \text{ m/min}$	Werkstoff	20MnCr5
Vorschub	$f = 0,02 \text{ mm}$	Schwefelgehalt	var.
Werkzeug	Wendelbohrer	KSS/Druck	Emulsion/p = 20bar
Schneidstoff	HC-K30F + TiAlN	Bohrweg	$L_f = 5100\text{mm}$



Aufgrund der Tatsache, dass bei diesem zerspanenden Verhalten mit hart beschichtetem Werkzeug gearbeitet wurde und der Werkstoff eine geringe Festigkeit besitzt, zeigen die Versuchsergebnisse keinen signifikanten Unterschied zwischen der schwefelarmen und der schwefelreicheren Werkstoffvariante. Es ist kein aussagekräftiger Unterschied im Verschleißverhalten und den Bohrungsqualitäten festzustellen. Die Übersicht verdeutlicht anhand des Werkzeugverschleißes für die Wendeltief-

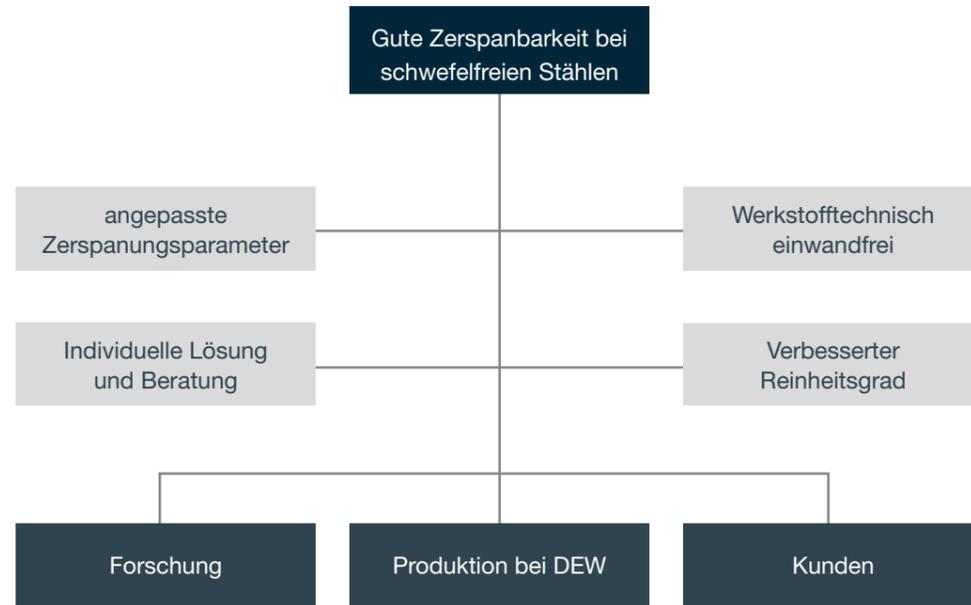
bohrwerkzeuge, dass durch die Kombination aus Hartmetall und TiAlN eine hohe Verschleißbeständigkeit erreicht wird. Eine eindeutige Abhängigkeit vom Schwefelgehalt lässt sich demnach nicht erkennen. Die erzeugte Spanform ist für beide Schwefelgehalte nicht optimal. Die weiterführende Untersuchung ergibt, dass für eine weitere Steigerung des Vorschubs bei der Bearbeitung des Materials mit hoher Zähigkeit günstige Spanformen erzeugt werden können.

Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie sowie der Einstellung geeigneter Prozessparameter ist es möglich, schwefelarme Stähle zu zerspanen.

Schwefelarme Stähle besitzen eine hohe Bedeutung für die Herstellung von Komponenten für den Automobil- bzw. Motorenbau. Hier sind insbesondere Teile für die Dieseleinspritztechnik und die Getriebewellenfertigung zu nennen. Ein hoher Gehalt an Schwefel verbessert die Zerspanbarkeit, führt jedoch zur Minderung der Bauteilqualität, die bei hoch belasteten Teilen von immer größerer Wichtigkeit ist. Durch den Vergleich der Ergebnisse bei unterschiedlichen Schwefelgehalten kann der Einfluss des Schwefels ermittelt werden mit dem Ziel, durch das erlangte Prozesswissen die Zerspanung schwefelarmer Stähle zu optimieren. Die Ergebnisse der Dreharbeiten zeigen, dass der Schwefelgehalt den Werkzeugverschleiß nur geringfügig beeinflusst. Für zahlreiche Versuchspunkte wird ein nahezu vergleichbares Verschleißverhalten bei der Zerspanung der normal schwefelhaltigen Güte im Vergleich zur schwefel-armen Güte beobachtet. Dies konnte durch die Erfassung des Verschleißes, aber auch der Zerspankraft festgestellt werden. Eindeutig ist der Einfluss des Schwefels auf den Spanbruch. So konnte bei der Bearbeitung der schwefelarmen Stähle nicht für alle Schnittwertkombinationen ein prozess-günstiger Spanbruch beobachtet werden. Die Kompensation des Einflusses des Schwefelgehalts ist durch die Anpassung der Gestalt der Wendschneidplatte und des Vorschubs möglich. Einen interessanten Kompromiss aus

günstigem Spanbruch und hoher Werkstückgüte bieten Breitschlichtschneiden. Diese verbessern die Rauheitswerte bei hohen Vorschubwerten und günstigem Spanbruch. Eine stabile Fase an der Schneidkante bedingt eine starke Umlenkung des ablaufenden Spans und begünstigt somit den Spanbruch. Sehr positive Spanwinkel führen hingegen aufgrund einer geringeren Umlenkung und ausgeprägter Reibung an der Spanfläche zu einem ungünstigeren Spanbruch. Die Ergebnisse der Versuche zum Tiefbohren zeigen zur Drehbearbeitung vergleichbare Auswirkungen des Schwefelgehalts hinsichtlich Werkzeugverschleiß und Spanbruch. Neben dem Schwefelgehalt ergeben sich signifikante Unterschiede für das Prozessverhalten und die Bohrungsqualität durch das Tiefbohrkonzept. Wendelbohrer eignen sich für hohe Vorschubwerte, die eine hohe Produktivität ermöglichen. Polierte Spannuten und angepasste Schneidenkonturen erzeugen auch bei der Bearbeitung schwefel- armer Stähle günstig geformte Stähle. Der wesentliche Vorteil der Einlippentiefbohrwerkzeuge liegt in der guten Bohrungsqualität, die sich insbesondere durch einen geringen Mittenverlauf und eine defektarme Oberfläche auszeichnet. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass die Dreh- und Tiefbohrbearbeitung auch für die Zerspanung schwefelarmer Stähle effizient gestaltet werden kann.



Was können wir?

Die Deutschen Edelstahlwerke sind in der Lage alle Werkstoffe und Produkte, die in unserem Hause hergestellt werden, schwefelfrei herzustellen. Prozesstechnisch sind die Deutschen Edelstahlwerke in der Lage auf Ihre Anforderungen angepasste Edelstähle herzustellen, die denen von Ihnen geforderten Anspruch genügen und ebenso werkstofftechnisch einwandfrei sind.

Trotz dieser Schwefelfreiheit sind keine Einbußen auf Seiten der Verarbeitung einzugehen; denn durch eine enge Zusammenarbeit mit unseren Kunden ist es möglich, eine gute und kostengünstige Lösung für Ihre Anwendung zu finden. Unsere Techniker helfen Ihnen bei der Einstellung der Zerspanungsparameter, um Ihre Produktions- und Verarbeitungswege zu verbessern und zu unterstützen. Wir arbeiten mit vielen Unternehmen und Hochschulen zusammen, sodass eine Verbesserung des Reinheitsgrades ebenso wie eine gute Zerspanung möglich ist. Die Zusammenarbeit zwischen unseren Kunden und den Deutschen Edelstahlwerken führt durch Hilfe bei der Auswahl der Zerspanungsparameter und optimale Qualität der Werkstoffe zu einer hohen Lebensdauer der Bauteile. Durch die Anpassung der Schneidparameter ist es möglich auch mit schwefelfreien Werkstoffen ein gutes Zerspanungsergebnis zu

erzielen und ein Plus in Aspekten wie z.B. der Bauteillebensdauer zu erlangen. Um bei der Anpassung der Prozessparameter den Einfluss der Werkstoffeigenschaften zu berücksichtigen, stehen Ihnen unsere Techniker zur Verfügung, die mit Ihnen gemeinsam den Prozess einstellen. Der Einsatz von Stählen der Deutschen Edelstahlwerke bedeutet für den Verarbeiter einen Mehrwert an:

- » Werkzeugstandzeit
- » Schnittgeschwindigkeit
- » Maschinennutzungsgrad
- » Oberflächengüte

und führt zum gewünschten Ergebnis. Unsere Techniker stehen Ihnen gerne mit Rat und Tat zur Verfügung und werden ihr Möglichstes geben, um mit Ihnen eine individuelle Lösung auszuarbeiten, die Ihren Anforderung und Zielvorgaben entspricht.



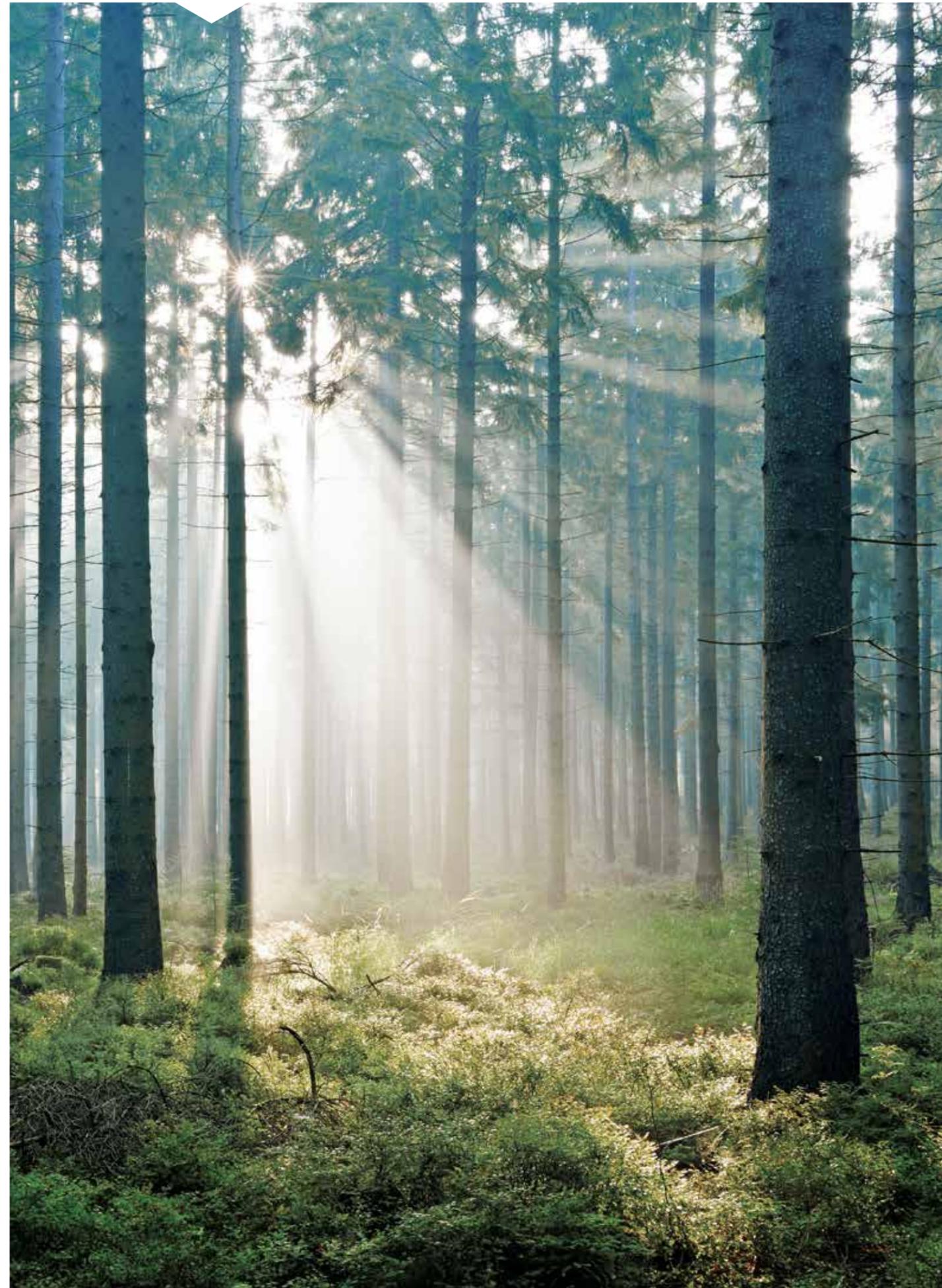
Bauteilzyklus

Nachhaltigkeit als Unternehmensphilosophie

Für die Swiss Steel Group ist der verantwortungsbewusste Umgang mit allen Aspekten der Umwelt und des nachhaltigen Wirtschaftens von zentraler Bedeutung. Grundsätze unseres Engagements sind der Schutz der Ressourcen, die Energieeffizienz, die Wiederverwendbarkeit der Produkte, die Minimierung der Emissionen, die Sicherheit am Arbeitsplatz, kontinuierliche Innovation und Erneuerung sowie der offene Dialog mit unseren Stakeholdern.

Unsere Nachhaltigkeits-Grundsätze:

- » Die Swiss Steel Group betrachtet die persönliche und fachliche Weiterentwicklung der Mitarbeiter als wichtigen und strategischen Erfolgsfaktor.
- » Wir handeln verantwortungsbewusst und schaffen neue Ausbildungsplätze für junge Menschen.
- » Das Engagement in die kontinuierliche Weiterbildung ist für die Swiss Steel Group eine wichtige Unternehmensphilosophie, die den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens langfristig sichert.
- » Unsere Mitarbeiter liegen uns am Herzen, daher fordern und gewährleisten wir eine laufende Überprüfung sowie Verbesserung der Faktoren Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz.
- » Unsere lokalen Managementteams ermöglichen die größtmögliche Nähe zum Markt und zum Kunden – weltweit.
- » Wir sind der festen Überzeugung, dass ein offener und transparenter Dialog mit den Arbeitnehmerorganisationen der beste Weg zur kontinuierlichen Wertsteigerung des Unternehmens ist.
- » Unsere Produktionsprozesse und unsere Umweltmaßnahmen werden kontinuierlich verbessert, wodurch auch der ökologische Fußabdruck immer kleiner wird.
- » Der Werkstoff Stahl ist einer der wenigen zu 100 % recycelbaren Werkstoffe überhaupt. Die Swiss Steel Group garantiert, mit dem Einsatz von Stahlschrott als Grundressource, die nachhaltige Schonung der Ressourcen.
- » Die Einhaltung unserer Compliance Vorschriften ist Teil unserer Unternehmensphilosophie.



Deutsche Edelstahlwerke GmbH

Auestraße 4
58452 Witten

www.dew-stahl.com

Quellenverzeichnis

Forschungsvorhaben P689
Untersuchungen zum Drehen und Tiefbohren
schwefelarmer Stähle

01/2014 Änderungen, Irrtümer und Druckfehler
vorbehalten.

Produktspezifische Datenblätter haben Vorrang vor den
Angaben in diesem Katalog. Die gewünschten Leistungsmerkmale
sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss
ausschließlich vereinbart werden.