

# Inhaltsverzeichnis

## Table of Contents

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik.....</b>	<b>3</b>
2.1	Entstehung der Prozesswärme bei der Zerspanung .....	3
2.2	Kühlschmierstoffe in der Zerspanung.....	4
2.2.1	Aufgaben von Kühlschmierstoffen.....	5
2.2.2	Kühlschmierstoffarten .....	5
2.2.3	Kühlschmierstrategien.....	9
2.2.4	Physikalische Eigenschaften der verschiedenen Kühlschmiermedien.....	12
2.3	Anwendung der kryogenen Kühlung in der Zerspanung .....	13
2.3.1	Kryogene Bearbeitung von Titanlegierungen .....	14
2.3.2	Kryogene Bearbeitung von Stählen und Gusseisen.....	18
2.3.3	Kryogene Bearbeitung von Nickelbasislegierungen .....	21
2.3.4	Grundlegende Erkenntnisse zum Einfluss der kryogenen Prozesskühlung.....	21
<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Vorgehensweise .....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Identifikation relevanter Prozesskenngrößen mittels empirischer Sensitivitätsanalysen .....</b>	<b>29</b>
4.1	Festlegung des Betrachtungsbereichs .....	29
4.2	Versuchsbeschreibung.....	31
4.2.1	Zufuhr der Kühlschmiermedien .....	32
4.2.2	Werkzeugmaschine und Versuchswerkzeuge.....	34
4.2.3	Werkstoffbeschreibung .....	36
4.3	Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen.....	37
4.3.1	Drehbearbeitung von X5CrNi18-10 .....	37
4.3.2	Drehbearbeitung von TiAl6V4 .....	39
4.4	Fazit und Identifikation der relevanten Prozesskenngrößen.....	41
<b>5</b>	<b>Abbildung der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge durch Analogiemodelle .....</b>	<b>45</b>
5.1	Temperaturabhängigkeit der physikalischen Materialeigenschaften .....	45
5.1.1	Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur .....	45
5.1.2	Elastizitätsmodul in Abhängigkeit von der Temperatur .....	47
5.1.3	Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur.....	48
5.1.4	Kerbschlagzähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur .....	49
5.1.5	Fazit zum Einfluss der Kühlschmierstrategien auf die physikalischen Materialeigenschaften.....	52
5.2	Kühlwirkung verschiedener Kühlschmiermedien .....	52
5.2.1	Grundlagen der Wärmeübertragung .....	53

5.2.2	Analogieprüfstand zur Bewertung der Kühlwirkung.....	55
5.2.3	Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung.....	59
5.2.4	Versuchsergebnisse.....	61
5.2.5	Fazit zum Einfluss der Kühlschmierstrategien auf die Kühlwirkung.....	69
5.3	Schmierwirkung verschiedener Kühlschmiermedien.....	70
5.3.1	Grundlagen der Reibung.....	70
5.3.2	Analogieprüfstand zur Bewertung der Schmierwirkung.....	77
5.3.3	Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung.....	79
5.3.4	Versuchsergebnisse an X5CrNi18-10.....	81
5.3.5	Versuchsergebnisse an TiAl6V4.....	88
5.3.6	Fazit zum Einfluss der Kühlschmierstrategien auf die Schmierwirkung.....	92
5.4	Eigenschaften von Freistrahlen kryogener Medien.....	93
5.4.1	Grundlagen der Fluidodynamik.....	93
5.4.2	Analogieprüfstand zur Bewertung von Kühlschmierstofffreistrahlen.....	95
5.4.3	Kühlschmierstofffreistrahlen in Abhängigkeit von den Zufuhrparametern.....	98
5.4.4	Versuchsergebnisse zur Messung der Strahlkraft.....	102
5.4.5	Versuchsergebnisse zur Messung der Temperaturverteilung im Strahl.....	106
5.4.6	Fazit zu den Eigenschaften von kryogenen Freistrahlen.....	108
5.5	Abhängigkeit der Spanbildung vom Kühlschmiermedium.....	109
5.5.1	Grundlagen der Spanentstehung.....	109
5.5.2	Analogieprüfstand zur Untersuchung der Spanbildung.....	111
5.5.3	Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung.....	112
5.5.4	Versuchsergebnisse bei der Bearbeitung von TiAl6V4.....	113
5.5.5	Versuchsergebnisse bei der Bearbeitung von X5CrNi18-10.....	113
5.5.6	Fazit zum Einfluss der Kühlschmierstrategien auf die Spanbildung.....	116
<b>6</b>	<b>Ableitung des Gestaltungsmodells der kryogenen Prozesskühlung.....</b>	<b>117</b>
6.1	Ableitung von Gestaltungsrichtlinien.....	117
6.2	Validierung der Gestaltungsrichtlinien am realen Zerspanprozess.....	119
6.2.1	Versuchsaufbau und Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung.....	119
6.2.2	Versuchsergebnisse zur Validierung der Gestaltungsrichtlinien ..	123
6.3	Kritische Reflexion des Gestaltungsmodells.....	128
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>131</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>137</b>
<b>A</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>147</b>