

Schriftenreihe des MAHLE Doktorandenprogramms

Band 6

Jonas Kühndel

**Thermohydraulische Untersuchungen
an additiv gefertigten tiefengewellten Rippen
für Kühlungsanwendungen**

Shaker Verlag
Aachen 2018

Inhaltsverzeichnis

Verlag erstellte Innenseite und Impressum	III
Vorwort	I
Zusammenfassung	III
Abstract	V
Nomenklatur	VII
Inhaltsverzeichnis	XI
1 Einleitung und Motivation.....	1
2 Stand der Technik	4
2.1 Ziele der Arbeit	4
2.2 Konventionelle Motorkühlung.....	6
2.3 Wärmetransportmechanismen	8
2.3.1 Wärmedurchgang.....	8
2.3.2 Wärmeleitung	9
2.3.3 Erzwungene Konvektion.....	9
2.4 Rechnerische Auslegung von Wärmeübertragern	11
2.4.1 Thermische Berechnung	11
2.4.2 Hydraulische Berechnung.....	14
2.4.3 Charakteristische Kennzahlen	15
2.5 Wellrippen	19
2.5.1 Wellrippenentwicklungsprozesse	20
2.5.2 Tiefengewellte Rippen und Kanäle	21
2.5.3 Vergleich empirischer Korrelationen für tiefengewellte Rippen.....	31
2.6 Selektives Laserschmelzen (SLM).....	34
2.7 Aufgabenstellung	38

3	Methodik	40
3.1	Prüfstandkonzept.....	40
3.2	Geometrieparametervariation	41
3.3	Vorüberlegungen zur Versuchsmatrix	43
3.4	Bewertung der Wellrippengeometrien.....	45
3.5	Numerische Strömungssimulation	47
4	Messaufbau und Versuchsdurchführung	49
4.1	Prüfstands Aufbau.....	49
4.1.1	Luftkreislauf	50
4.1.2	Wasserkreislauf	51
4.1.3	Messtechnik.....	52
4.1.4	Messdatenerfassung und Prüfstandsteuerung.....	53
4.2	Versuchselemente.....	53
4.2.1	Versuchselementübersicht	55
4.2.2	Oberflächenrauigkeit	55
4.2.3	Maßhaltigkeit und metallographische Analyse	57
4.2.4	Wärmeleitfähigkeit.....	60
4.3	Versuchsdurchführung	62
4.4	Validierung des Prüfstands.....	63
4.4.1	Messunsicherheitsanalyse	63
4.4.2	Mastersamplemessung	64
5	Ergebnisse der Messreihen.....	67
5.1	Oberflächenrauigkeit.....	67
5.1.1	Numerische Ergebnisse	68
5.1.2	Experimentelle Ergebnisse	71
5.1.3	Vergleich.....	73
5.2	Geometrieparametervariationen.....	74

5.2.1	Variation der Amplitude $2A$	75
5.2.2	Variation der Wellenlänge WL	82
5.2.3	Variation Wellenausprägung $2A/WL$	89
5.2.4	Variation Grundform Tiefenwellung	93
5.2.5	Variation des Anstellwinkels ξ	96
5.2.6	Variation der Wellenmodulation	98
5.2.7	Zusammenfassung	101
5.3	Randkanaleffekte	102
5.4	Empirische Korrelationen zur Vorhersage von Nu und ψ	106
6	Fazit und Ausblick	112
	Abbildungsverzeichnis	115
	Tabellenverzeichnis	125
	Anhang	133
	Anhang A1: Optimierung der Wärmeübertragung auf der Kühlmittelseite	133
	Anhang A2: Fehlerabschätzung	137
	Anhang A3: Metallographische Analysen	140
	Anhang A4: Messdaten und Diagramme	143
	Anhang A5: Empirische Korrelationen	147
	Eidesstattliche Erklärung	151