

Werkzeugtechnik und Prozess zur Herstellung pressgehärteter Bauteile mit kleinflächig gradierten Eigenschaften

Von der Fakultät für Maschinenbau der
Technischen Universität Chemnitz

genehmigte

Dissertationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften

(Dr.-Ing.)

vorgelegt

von: Dipl.-Ing. Norbert Pierschel
geboren am: 06. September 1985 in Karl-Marx-Stadt (jetzt: Chemnitz)
eingereicht am: 26. September 2018

Gutachter:
Dr.-Ing. Dirk Landgrebe
Prof. Dr.-Ing. Alexander Brosius
Prof. Dr.-Ing. Welf-Guntram Drossel

Chemnitz, den 14.01.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	3
2.1	Presshärten - Entwicklung und industrielle Anwendung	3
2.2	Gradierte Presshärtebauteile - Eigenschaften und Einsatzgebiete	5
2.3	Methoden zur Erzeugung lokal definierter Eigenschaften pressgehärteter Bauteile	8
2.3.1	Gradierung durch Beeinflussung der Halbzeugeigenschaften	9
2.3.1.1	Halbzeuge aus gleichem Werkstoff.....	9
2.3.1.2	Halbzeuge aus verschiedenen Werkstoffen.....	10
2.3.2	Gradierung durch Beeinflussung des Werkstück erwärmungsvorgangs.....	10
2.3.2.1	Inhomogene Erwärmung des Werkstücks mit darauffolgender homogener Abkühlung	11
2.3.2.2	Homogene Erwärmung des Werkstücks mit darauffolgender inhomogener Abkühlung	13
2.3.3	Gradierung durch Beeinflussung des Wärmeübergangs zwischen Werkstück und Werkzeug	15
2.3.3.1	Aktive Gradierung im Werkzeug	16
2.3.3.2	Passive Gradierung im Werkzeug.....	18
2.3.4	Gradierung durch lokale Temperierung des pressharten Werkstücks	18
2.4	Bewertung der Gradierungsmethoden hinsichtlich der Potenziale zur Erzeugung kleinflächig definierter Bauteileigenschaften	21
2.4.1	Anforderungen und Bewertungskriterien	21
2.4.2	Bewertung der Gradierungsmethoden.....	22
2.5	Numerische Beschreibung der Gradierung beim Presshärten	26
3	Zielsetzung und Vorgehensweise	29
4	Versuchsplanung	31

4.1	Vorbetrachtungen	31
4.2	Versuchsplanerstellung	37
5	Experimentelle Untersuchungen	43
5.1	Werkstückwerkstoff und Versuchsaufbau.....	43
5.1.1	Werkstückwerkstoff.....	43
5.1.2	Erwärmungsanlage	46
5.1.3	Umformpresse	47
5.1.4	Versuchswerkzeug zur Bauteilgradierung	48
5.1.4.1	Aufbau Gesamtwerkzeug.....	48
5.1.4.2	Heizelemente	51
5.1.5	Messkonzept.....	56
5.1.5.1	Messung der Werkstücktemperatur	56
5.1.5.2	Messung der Werkzeug- und Heizelementtemperatur	60
5.1.5.3	Weitere Messgrößen.....	61
5.2	Versuchsauswertung	61
5.2.1	Bauteileigenschaften	62
5.2.2	Erstellen eines Prozessmodells	70
5.2.2.1	Regressionsanalyse und Modellansatz.....	70
5.2.2.2	Diskussion des Prozessmodells.....	76
5.2.3	Werkzeugtechnik und Prozess	77
5.2.4	Wirtschaftliche Bewertung des Prozesses	79
6	Numerische Betrachtung der werkzeugintegrierten Bauteilgradierung...85	
6.1	Modellbildung	85
6.2	Ergebnisse der numerischen Betrachtung und Vergleich mit den experimentell ermittelten Daten	87
6.3	Diskussion der Ergebnisse	95
7	Vergleich der Varianten zur Bauteilgradierung	97
8	Zusammenfassung	101

9	Ausblick	103
	Literaturverzeichnis	105
	Lebenslauf	117