

**Auslegung
ausgewählter Schmiedeprozesse
mit Hilfe der
Finite-Elemente-Methode**

Martin Fleischer

Inhaltsverzeichnis	
1	Einleitung 1
2	Aufgabenstellung 3
3	Stand der Kenntnisse 5
3.1	Physikalische Prozeßsimulation von Schmiedeprozessen..... 6
3.2	Numerische Prozeßsimulation 8
3.2.1	Vorgehensweise bei der FEM..... 8
3.2.2	Simulation von Massivumformprozessen mit Hilfe der FEM 10
3.3	Verfahren zum Schmieden großer Kurbelwellen..... 12
3.3.1	Freiformschmiedeverfahren..... 14
3.3.2	RR- und TR-Verfahren 17
3.3.3	VSG-Verfahren 20
3.3.4	Vergleich der Verfahren 23
4	Anforderung an ein FEM-System unter schmiedetechnischen Gesichtspunkten 26
4.1	Wahl des Stoffgesetzes..... 27
4.1.1	Starr-plastisches Stoffgesetz..... 28
4.1.2	Elastisch-plastisches Stoffgesetz 29
4.1.3	Visko-plastische Stoffgesetze 31
4.2	Stoffgrößen und Randwerte..... 33
4.2.1	Kennwerte bei rein mechanischer FE-Analyse 34
4.2.2	Kennwerte bei thermischer FE-Analyse 38
4.3	Kontaktbeschreibung..... 42
4.4	Remeshing 48
4.4.1	2D-Remeshing 48
4.4.2	3D-Remeshing 50
5	Optimierung eines mehrstufigen Gesensschmiedeprozesses mittels FEM..... 53
5.1	Gestaltung von Gesensschmiedestücken..... 53
5.2	Vorüberlegungen für die Simulation..... 55
5.2.1	Herkömmliche Schmiedestrategie..... 55
5.2.2	Optimierte Schmiedestrategie..... 58

5.3	Simulation des Schmiedeprozesses	59
5.3.1	Wahl eines geeigneten FE-Systems	59
5.3.2	Modellbildung.....	59
5.3.3	Simulationsergebnisse	61
5.3.4	Vergleich Fein- / Grobsimulation	66
5.3.4.1	Kraftauswertung	70
5.3.4.2	Stofffluß	71
5.3.4.3	Vergleichsformänderung und -spannung.....	72
5.3.5	Bewertung der Ergebnisse	76
6	Einführung eines neuen Schmiedeverfahrens in die Praxis mit Hilfe der FEM.....	80
6.1	Wahl eines geeigneten FE-Systems	81
6.2	Modellbildung.....	81
6.2.1	Annahmen und Vereinfachungen.....	81
6.2.1.1	Der Schmiedeprozess.....	82
6.2.1.2	Das Werkzeug.....	84
6.2.1.3	Das Werkstück	84
6.2.2	Werkstoffkennwerte	87
6.2.2.1	Fließspannung.....	87
6.2.2.2	Reibung.....	89
6.2.3	Diskretisierung.....	90
6.3	Variation der Werkzeug- und Spulengeometrie	91
6.4	Simulationsergebnisse	94
6.5	Vergleich der Simulationsergebnisse mit und ohne 3D-Remeshing	98
6.6	Verifikation der Simulationsergebnisse im Realprozeß.....	103
7	Physikalische Simulation des neuen Schmiedeverfahrens	108
7.1	Versuchsvorbereitung und -durchführung	109
7.2	Ergebnisse und deren Bewertung	112
8	Zusammenfassung - Summary.....	117
9	Verwendete Zeichen und Indizes.....	121
10	Literatur.....	124