

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Aufgabenstellung	3
3 Stand der Kenntnisse in der Prozeßsimulation	5
3.1 Simulation von Umformprozessen mit der FEM	5
3.2 Netzneugenerierung (Remeshing)	7
3.3 Beschreibung des Wärmeübergangs	11
3.3.1 Wärmeübergang an die Umgebungsluft	11
3.3.2 Wärmeübergang zwischen metallischen Körpern	12
4 Theoretische Beschreibung des Wärmeübergangs	15
4.1 Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten bei Konvektion	15
4.1.1 Wärmeübergang durch erzwungene Konvektion	16
4.1.2 Wärmeübergang durch freie Konvektion	17
4.1.3 Vertikale ebene Flächen	18
4.1.4 Vertikaler Zylinder	19
4.1.5 Horizontale ebene Flächen	19
4.1.6 Geneigte ebene Flächen	20
4.1.7 Horizontal gekrümmte ebene Flächen	20
4.1.8 Vorgehen bei komplexen Geometrien	21
4.2 Wärmeübergang durch Strahlung	22
4.3 Wärmeübergang beim Kontakt zweier Oberflächen	24

4.3.1	Das Kontaktflächenmodell	24
4.3.2	Wärmeübergang durch Leitung in den Kontaktpunkten	25
4.3.3	Wärmeübergang durch die gasgefüllten Hohlräume	28
4.3.4	Der gesamte Wärmeübergangskoeffizient	30
4.3.5	Berücksichtigung des Schmiermittels	30
4.4	Wärmeübergang in den einzelnen Prozeßsequenzen	32
4.4.1	Aufheizen des Werkstückes im Ofen	32
4.4.2	Transport des Werkstückes zum Gesenk	32
4.4.3	Liegen im Gesenk vor der Umformung	33
4.4.4	Umformung des Werkstücks	33
4.4.5	Liegen im Gesenk nach der Umformung	34
4.4.6	Abkühlung des Werkstücks auf Raumtemperatur	34
4.5	Implementation des variablen Wärmeübergangswertes in das FE-System	35
4.5.1	Wärmeübergang an die Umgebungsluft	35
4.5.2	Wärmeübergang während der Umformung	35
5	Experimentelle Untersuchungen zur Theorie des Wärmeübergangs	37
5.1	Wärmeübergang an die Umgebungsluft	37
5.2	Wärmeübergang beim Kontakt metallischer Körper	38
6	Präzisionsschmieden von Kegeln	40
6.1	Problembeschreibung	40
6.2	Ablauf des Präzisionsschmiedeverfahrens	40
6.3	Aufbau des FE-Modells und Durchführung der Berechnungen	41
6.4	Parametervariation	45

6.4.1	Einfluß der Stempelgeschwindigkeit	45
6.4.2	Einfluß der Vorformgeometrie	46
6.5	Experimentelle Untersuchungen	47
7	Präzisionsschmieden von Planetenrädern	48
7.1	Problembeschreibung	48
7.2	Ablauf des Präzisionsschmiedeverfahrens	48
7.3	Aufbau des FE-Modells und Durchführung der Berechnungen	49
7.4	Mathematische Beschreibung der schwimmenden Matrize	50
7.5	Implementation der schwimmenden Matrize in das FE-System	51
7.6	Parametervariation	52
7.6.1	Einfluß der Ofentemperatur	52
7.6.2	Einfluß der schwimmenden Matrize	53
8	Zusammenfassung	55
A	Abbildungen	57
B	Literaturverzeichnis	113