

Inhaltsverzeichnis

Content

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik.....	5
2.1	Einsatz hochfester Stähle.....	5
2.2	Kragenziehen	7
2.2.1	Verfahrenseinordnung, -anwendung und -ablauf	7
2.2.2	Spannungszustand und Aufweitverhältnis	8
2.2.3	Kragenhöhe.....	11
2.2.4	Vorlochen durch Scherschneiden	12
2.2.5	Maschinen und Werkzeuge.....	13
2.3	Laserunterstützte Blechbearbeitung.....	14
2.3.1	Laserunterstütztes Scherschneiden	15
2.3.2	Laserunterstütztes Umformen	16
2.3.3	Werkzeugintegration lokaler Lasererwärmungsprozesse.....	19
2.4	Physikalische Grundlagen und Systeme zur Lasererwärmung	20
2.4.1	Absorption von Laserstrahlung.....	21
2.4.2	Strahlquellen und Strahlführung bzw. -formung	22
2.5	Blechwerkstoffe.....	23
2.5.1	Einflussgrößen auf das Formänderungsvermögen	23
2.5.2	Laserstrahlhärten von Blechwerkstoffen	25
2.6	Zusammenfassende Bewertung des Standes der Technik	29
3	Aufgabenstellung und Zielsetzung	31
4	Theoretische Betrachtung	33
4.1	Prozessabfolge und Systemkonzept	33
4.2	Versuchswerkstoffe	35
4.2.1	Mechanische Eigenschaften der Versuchswerkstoffe	36
4.2.2	Thermische Materialeigenschaften	41
4.3	Prozessauslegung.....	43
4.3.1	Erwärmungsbereich um das Vorloch	43
4.3.2	Analyse des Lasererwärmungssystems	45
4.3.3	Erwärmungsgeometrien für das laserunterstützte Kragenziehen...46	
4.3.4	Prozesseinflussgrößen beim laserunterstützten Kragenziehen	47
4.3.5	Modellierung der Temperaturverteilung um das Vorloch.....	48
4.3.6	Vorgehen zur experimentellen Parameterermittlung	56
5	Experimentelle Grundlagenuntersuchung	59
5.1	Prüfstand Stanz-Nibbelmaschine	59
5.1.1	Strahlquellen und optischer Aufbau	60
5.1.2	Messsysteme und Umformgeschwindigkeit	62

5.2	Schnittqualität des Vorlochs	63
5.2.1	Schneidwerkzeuge	64
5.2.2	Schnittflächenkenngößen	65
5.2.3	Härteverteilung an der Schnittkante des Vorlochs	66
5.3	Konventionelles Krageziehen ohne Lasererwärmung	67
5.3.1	Umformwerkzeuge	67
5.3.2	Grenzaufweitverhältnis ohne Lasererwärmung	69
5.3.3	Einlaufanalyse der Ziehstempel und Prozesskräfte	70
5.3.4	Kragengeometrie	72
5.3.5	Gefüge und Härteverlauf	75
5.3.6	Fazit zum Krageziehen ohne Lasererwärmung	76
5.4	Steigerung des Grenzaufweitverhältnisses durch lokale Lasererwärmung	76
5.4.1	Machbarkeitsnachweis mit DP1000	77
5.4.2	Prozessfenster der Lasererwärmung	78
5.4.3	Einfluss der Erwärmungsseite des Blechs auf die Laserleistung	83
5.4.4	Grenzaufweitverhältnis beim laserunterstützten Krageziehen	85
5.4.5	Einlaufanalyse und Prozesskräfte beim laserunterstützten Krageziehen	86
5.4.6	Geometrie laserunterstützt gezogener Krage.....	89
5.4.7	Einfluss der lokalen Lasererwärmung auf die Mikrostruktur und Härte	91
5.4.8	Auszugversuche laserunterstützt gezogener Krage aus DP1000	94
5.4.9	Einfluss der Erwärmungsgeometrie	97
5.4.10	Zwischenfazit zum laserunterstützten Krageziehen	99
5.5	Lokales Härten beim laserunterstützten Krageziehen	100
5.5.1	Blechwerkstoffe zum lokalen Laserhärten	100
5.5.2	Prozessauslegung zum lokalen Laserhärten beim Krageziehen	102
5.5.3	Grundlagenversuche zum lokalen Laserhärten von Blechen	106
5.5.4	Versuch zum Krageziehen mit lokalem Laserhärten	112
5.6	Zusammenfassende Beurteilung der Grundlagenversuche	114
6	Übertragung auf eine Pressenlinie	117
6.1	Optikkonzepte für das laserunterstützte Krageziehen	117
6.2	Pressenlinie für das laserunterstützte Krageziehen	118
6.3	Anforderungsanalyse und Integrationskonzept	119
6.3.1	Allgemeine Prozessanforderungen	119
6.3.2	Systemanforderungen und Integrationskonzept	120
6.4	Versuchswerkzeug	122
6.5	Lasererwärmungseinheit zum laserunterstützten Krageziehen	123
6.5.1	3-Achsen Strahlableinheit	124
6.5.2	Bestrahlungsmodul und Strahlengang	125
6.5.3	Lasererwärmungseinheit	126
6.6	Versuche zum laserunterstützten Krageziehen auf der Pressenlinie	127
6.6.1	Gesamtanlage zum laserunterstützten Krageziehen	127

6.6.2	Laserunterstütztes Kragenziehen im Folgeverbundwerkzeug.....	129
6.6.3	Lokales Laserhärten im Folgeverbundwerkzeug.....	132
6.6.4	Zusammenfassende Bewertung des laserunterstützten Kragenziehens im Folgeverbundwerkzeug	133
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	135
8	Literaturverzeichnis.....	143