

FVK-Metall-Hybridbauweise für die automobiler Großserie

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der
Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Leif Herbert Ickert

Berichter:

Universitätsprofessor Dr.-Ing. Lutz Eckstein
Universitätsprofessor Dr.-Ing. Christian Hopmann

Tag der mündlichen Prüfung:

20. Februar 2014

Inhalt

1	Einleitung und Motivation	8
2	Grundlagen und Stand der Technik.....	13
2.1	FVK-Metall-Hybrid-Werkstoffe	13
2.1.1	Verstärkungsfasern und Lamineigenschaften.....	14
2.1.2	Leichtbaupotenzial.....	17
2.2	Werkstoffeinsatz und Strukturgestaltung von Großserienkarosserien	19
2.2.1	Karosseriearchitektur.....	22
2.2.2	Rohbau-Prozess.....	24
2.3	Anwendungen von FVK-Metall-Strukturverstärkungen	28
2.3.1	Bauteile und Werkstoffe.....	29
2.3.2	Fertigungskonzepte	31
2.3.3	Numerische Berechnung	33
2.3.4	Kostenberechnung.....	36
2.4	Verarbeitung thermoplastischer Faserverbundkunststoffe.....	37
2.4.1	Grundlagen.....	41
2.4.2	Werkstoffeigenschaften und Halbzeuge	43
2.4.3	Thermoformen von Faserverbundkunststoffen	44
2.4.4	Prozesskette.....	45
3	Forschungsansatz.....	48
3.1	Konzeptbeschreibung	49
3.1.1	Prozesskette.....	49
3.1.2	Bauteilauswahl.....	51
3.1.3	Fasern und Matrix.....	52
3.2	Vorgehensweise	53
3.3	Werkzeuge.....	56
3.3.1	Numerische Simulation von FVK-Metall-Hybridstrukturen	56
3.3.2	Empirische Zusammenhänge zur Ermittlung der Prozesszeit.....	58
3.3.3	Technische Kostenmodellierung.....	62

3.4	Referenzstruktur	62
4	FVK-Metall-Hybridkonzept für die Pkw-Bodengruppe	65
4.1	Dimensionierung	66
4.1.1	Referenzwertermittlung.....	68
4.1.2	Variantenübersicht.....	74
4.1.3	Sitzquerträger	76
4.1.3.1	Einfluss der Blechdickenreduzierung	76
4.1.3.2	Einfluss der FVK-Lamine.....	77
4.1.4	Längsträger und Tunnelverstärkungen	81
4.1.4.1	Einfluss der Blechdickenreduzierung	81
4.1.4.2	Einfluss der FVK-Lamine.....	83
4.1.5	Überprüfung der Steifigkeit	87
4.1.6	Leichtbauergebnis	88
4.2	Validierung	90
4.2.1	Ableitung einer Versuchskonfiguration	90
4.2.2	Referenzwerte der Versuchskonfiguration.....	94
4.2.3	Aufbau des Versuches.....	96
4.2.4	Ergebnisse und Abgleich mit der Simulation.....	99
4.3	Ermittlung der Prozesszeiten und Kosten	102
4.3.1	Prozesskette zur Fertigung der FVK-Metall-Hybridbauteile	102
4.3.2	Berechnungsmodell	103
4.3.3	Ergebnisse.....	108
4.4	Bewertung der Leichtbaukonzepte.....	116
5	Diskussion	121
5.1	Effizienz der FVK-Metall-Hybridkonzepte.....	121
5.2	Ausblick.....	122
6	Zusammenfassung	125
7	Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes.....	127

8	Literatur	130
9	Anhang	157
9.1	Werkstoffdatenblätter FVK	157
9.2	Kennwertermittlung und Materialmodellanpassung	159
9.3	Kostenmodell Fertigungszelle FVK-Metall-Hybrid	162