

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	10
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	19
Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen	20
1 Einleitung	23
2 Stand der Technik	25
2.1 Normseitige Einordnung der Fügeverfahren	25
2.2 Stanznieten mit Halbhohlstanzniet	25
2.3 Verfahren zum Fügen bei einseitiger Zugänglichkeit	26
2.4 Fügen faserverstärkter Kunststoffe	27
3 Vorstellung des Stechnietverfahrens	29
3.1 Verfahrensprinzip	29
3.2 Einordnung und Abgrenzung gegenüber etablierten Verfahren	29
3.3 Basisgeometrie des Stechnietes	31
3.4 Bestimmung der Nietspreizung der Stechnietverbindung	32
4 Versuchseinrichtungen und Werkstoffe	34
4.1 Anlagentechnik für das Fügen	34
4.2 Maschinen und Werkzeuge für die Nietherstellung	34
4.3 Prüfmaschinen	35
4.4 Bestimmung der Werkstoffkennwerte und Fließkurven	35
4.4.1 Vorbetrachtung zur Kennwertermittlung	35
4.4.2 Mechanisch-technologische Kennwerte der Versuchswerkstoffe	36
4.4.3 Fließkurven aus dem Schichtstauchversuch für die FEM-Simulation	36
5 FEM-Simulation des Fügeprozesses	38
5.1 Vergleich der verwendeten Modellvarianten	38
5.2 Modellierung des Durchstechens des Bleches mittels nietdornartigem Stempel	40
5.3 Einfluss des Nietdornquerschnitts	43
5.4 Einfluss der Spitzengeometrie der Nietdorne	45
5.5 Kombinierter Einfluss von Nietdornquerschnitt und Nietdornendgeometrie	47
5.5.1 Modellaufbau	47
5.5.2 Parameterbereich und DOE	49
5.5.3 Ergebnis und Auswahl der Vorzugsvariante	52

6	Herstellung der Stechnietelemente	54
6.1	Umformende Nietherstellung	54
6.2	Nietvarianten	56
7	Experimentelle Untersuchung zum Stechnieten	57
7.1	Untersuchung grundlegender Werkzeug- und Prozessparameter	57
7.1.1	Einfluss des Stützdurchmessers und der Überdrückung des Nietkopfes	57
7.1.2	Prozesskraftverlauf und kraftbasiertes Endkriterium	62
7.2	Einfluss der Nietgeometrie	64
7.2.1	Einfluss der Nietlänge	65
7.2.2	Einfluss des Nietdurchmessers	66
7.3	Einfluss von Fügeteileigenschaften und Fügerichtung	67
7.3.1	Einfluss der Fügeteilfestigkeiten und Dickenkombinationen	67
7.3.2	Fügen von Mischverbindungen mit FVK	69
7.3.3	Fügekräfte und Verbindungseigenschaften verschiedener Mischverbindungen	70
7.3.4	Verbindungseigenschaften beim Hybridfügen vor und nach VDA-Belastung	71
7.4	Einfluss von Beschichtungen auf der Nietoberfläche	74
7.4.1	Einfluss der Korrosionsschutzüberzüge auf den Prozessverlauf	74
7.4.2	Einfluss der Reibverhältnisse auf die Verbindungseigenschaften	75
7.5	Mögliche Versagensarten während des Fügeprozesses	77
7.5.1	Stauchen der Nietdorne	77
7.5.2	Ausbrechen eines Butzens im unteren Fügeteil	78
7.6	Fügen bei einseitiger Zugänglichkeit	79
7.6.1	Versuchsaufbau und Vorgehensweise	79
7.6.2	Profildeformation nach dem Stechnieten ohne Gegenhalter	81
8	Beschichtungen und Überzüge auf Nietelementen	84
8.1	ALMAC-Überzug	84
8.2	Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	86
8.3	Zink-Nickel-Überzug	88
9	Belastungsversuche an Einzelnietelementen	92
9.1	Korrosive Belastungsversuche an Einzelnietelementen	92
9.1.1	Ergebnisse nach Salzsprühnebelbelastung	93
9.1.2	Ergebnisse nach Kondenswasserkonstantklimabelastung	97
9.1.3	Ergebnisse nach Kondenswasserwechselklimabelastung	98
9.2	Mechanische Belastung beschichteter Nietelemente in einem Probenschüttler	99

10	Untersuchungen zum Korrosionsverhalten von Nietverbindungen	103
10.1	Erscheinungsbild der Stechnietelemente nach dem Fügen	103
10.1.1	Mikroskopische Aufnahmen von Stechnietverbindungen mit ALMAC-Überzug	103
10.1.2	Querschliffaufnahmen von Stechnietverbindungen mit ALMAC-Überzug	104
10.1.3	Analytischer Nachweis des ALMAC-Überzugs auf den Nieddornen	105
10.1.4	Mikroskopische Aufnahmen von Stechnietverbindungen mit Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	106
10.1.5	Querschliffaufnahmen von Stechnietverbindungen mit Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	107
10.1.6	Analytischer Nachweis der Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung auf den Nieddornen	108
10.1.7	Mikroskopische Aufnahmen von Stechnietverbindungen mit Zink-Nickel-Überzug	109
10.1.8	Querschliffaufnahmen von Stechnietverbindungen mit Zink-Nickel-Überzug	110
10.1.9	Analytischer Nachweis des Zink-Nickel-Überzugs auf den Nieddornen	111
10.2	Elektrochemische Rauschmessungen an Nietverbindungen	112
10.3	Verhalten der Nietverbindungen nach korrosiver Belastung im neuen VDA-Wechseltest VDA 233-102	116
10.3.1	Belastungsbedingungen und Versuchsplan	116
10.3.2	Visuelle Beurteilung von Stechnietverbindungen nach VDA-Wechseltest	119
10.3.3	Stechnietverbindungen nach VDA-Wechseltest im Querschliff	122
10.3.4	Visuelle Beurteilung von Bruchbildern der nach VDA-Wechseltest mechanisch geprüften Proben	132
10.4	Verhalten der Nietverbindungen nach Freibewitterung	135
11	Ergebnisse	138
11.1	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für KMU	140
12	Literatur	141
13	Anlagen	146
13.1	Anlage 1: Ergebnisse von REM-EDX-Untersuchungen	146
13.2	Anlage 2: Gemessene Rauschsignale an Stechnietverbindungen	152
13.3	Anlage 3: Probenübersicht der VDA-Belastung	153
13.4	Anlage 4: Gefügte Proben vor VDA-Belastung	155
13.5	Anlage 5: Gefügte Proben nach VDA-Belastung	167