Schlussbericht:

Laserunterstützte Umformung innovativer Hochleistungswerkstoffe für den automobilen Leichtbau (HotWheel)

1. Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Projektes war die Entwicklung und die wirtschaftliche Umsetzung neuer Leichtbaulösungen für Automobilfelgen aus neuartigen, hochwertigen Stahlwerkstoffen.

Dies sollte durch den Einsatz des laserunterstützten Metalldrückens ermöglicht werden. Für die vorher definierten Werkstoffe werden Prozesse zur Verarbeitung und ein hierfür geeigneter Maschinendemonstrator mit entsprechender Programmiersoftware entwickelt.

2. Voraussetzungen unter der das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Volker Schmidt GmbH stellt seit über 2 Jahrzehnten individuell gefertigte Luxus Felgen her. In den vergangenen Jahren wurden neben vielen Tuning-Trends auch einzigartige technische Entwicklungen, wie z B Felgenaußenringe in der RADINOX®-Technologie, durch die Firma Volker Schmidt GmbH initiiert.
Es besteht eine steigende Nachfrage nach Automobilfelgen in Leichtbauweise bei der gleichzeitigen Forderung nach gleichbleibenden Preisen.
Bisherige Ansätze höherfeste Werkstoffe zu verarbeiten scheitern derzeit entweder an den hohen Fertigungskosten oder einer mangelnden Prozesssicherheit, die hohe Ausschussraten mit sich bringen.

3. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn und Ende des Vorhabens

Zu Beginn:

Bei der Umformtechnischen Verarbeitung hochfester Werkstoffe mit konventionell eingesetzten Verfahren wie dem Tiefziehen oder Metalldrücken treten aufgrund eines geringen Formänderungsvermögens bzw. einer starken Neigung zur Kaltverfestigung vergleichsweise hohe Umformkräfte auf. Darüber hinaus neigen sie aufgrund ihrer hohen Festigkeit zu einer starken elastischen Rückfederung. Dies erhöht die Anforderungen an Maschinen und Werkzeuge und beeinflusst maßgeblich die Form- und Maßhaltigkeit gefertigter Bauteile. Ein Ansatz um diese Herausforderung zu meistern, ist es, Temperatur gezielt als Stellgröße für die Umformung dieser Werkstoffe einzusetzen. So kann die Duktilität und damit das Formänderungsvermögen eines Werkstoffs deutlich erhöht werden. Aus wirtschaftlichen Gründen muss dabei die Wärmeeinbringung bzw. die Erzeugung eines geeigneten Temperaturfelds in angemessen kurzer Zeit erfolgen.

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften eignet sich der Laser besonders für eine gezielte und schnelle Wärmeeinbringung. Es lässt sich ein definiertes und reproduzierbares Temperaturfeld in der Umformzone erzeugen, so dass eventuell auftretende negative Einflüsse auf das Werkstoffgefüge unterbunden und eine gleichbleibende Bauteilqualität sichergestellt werden kann.

4. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Arbeitsinhalte des Vorhabens gliederten sich in sieben Arbeitspakete (AP). In AP1 wurden von allen Projektpartnern nach Ableiten der Anforderungsprofile an Produkt, Prozess und Maschine die zu untersuchenden Werkstoffvarianten sowie ein charakteristisches Demonstratorbauteil definiert. In AP2 wurden von Thate und Fraunhofer IPT Grundlagenuntersuchungen zum laserunterstützten Drücken der definierten Werkstoffvarianten am Prüfstand des Fraunhofer IPT durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse flossen in AP3 in die Prozessauslegung zur Fertigung des definierten Demonstratorbauteils ein. AP3 wurde hauptsächlich von Thate und Fraunhofer IPT unter Beteiligung von Schmidt ausgeführt. Parallel zu den Entwicklungen in AP2 und 3, sowie aufbauend auf den darin gewonnenen Erkenntnissen, wurden in AP4 und 5 ein Maschinendemonstrator sowie eine entsprechende Programmiersoftware entwickelt. Der Maschinendemonstrator auf Basis einer Drückmaschine umfasst zum einen eine Laserintegration sowie zum anderen erforderliche Sonderlösungen hinsichtlich laserspezifischer Aspekte (z.B. Lasersicherheit) sowie hinsichtlich der Warmumformung (z. B. Isolierungen). Diese Arbeiten wurden federführend von der Abacus Maschinenbau GmbH durchgeführt. Bezüglich prozesstechnischer und lasertechnischer Fragestellungen leisteten hier die Metalldrückerei Thate sowie das Fraunhofer IPT maßgebliche Unterstützung. Eine Anwendungserprobung des Maschinendemonstrators sowie der Programmiersoftware erfolgte anhand der Demonstratorfertigung auf Basis der in AP3 erfolgten Prozessauslegung. In AP6 evaluierte der Endanwender Schmidt mit Unterstützung von Thate das erzielte Bearbeitungsergebnis und damit die Eignung des laserunterstützten Drückens zur Fertigung von Automobilfelgen. AP7 umfasste das für das Projekt erforderliche Projektmanagement.

5. Erzieltes Ergebnis

Aufgrund der von uns durchgeführten Marktanalyse haben wir die Anforderungen an die durch die laserunterstütze Umformung innovativer Hochleistungswerkstoffe entstandenen Bauteile definiert. Für die voraussichtliche Hauptzielgruppe, dem Elektrofahrzeugmarkt, sind folgende Produkteigenschaften relevant:

- Haltbarkeit
- Gewicht
- Umweltverträglichkeit / Nachhaltigkeit
- Preis

Diese Eigenschaften können erreicht werden durch z B:

- Änderungen der Bauteilkonturen
- Verringerung der Wandstärken (evtl. durch Verwendung hoch festen Materials)
- Variieren der Materialien
- Reduzierung des Materialeinsatzes durch optimierte Fertigungsprozesse

Definition eines charakteristischen Demonstratorbauteils

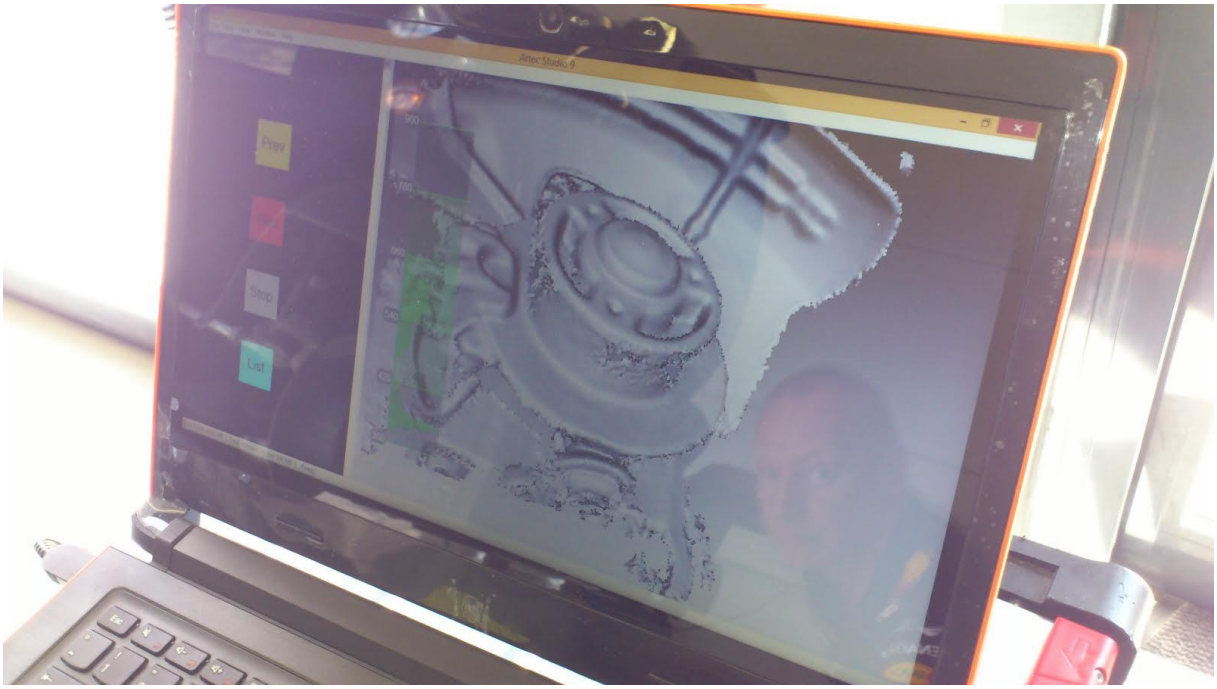
Wir haben uns auf Grund der fertigungstechnisch begrenzten Bauform der neuen Felgenringe und auf Grund der Ergebnisse der Marktanalyse für den Renault Twizzy entschieden.
Der Renault Twizzy ist ein Elektrofahrzeug, das sich aufgrund seiner kleinen Bauform , seines umweltbewussten Antriebes und nicht zuletzt durch seinen Preis einer großen Beliebtheit erfreut. Auch können wir für die Evaluierung des fertigen Demonstrator Bauteils auf einen Renault Twizzy

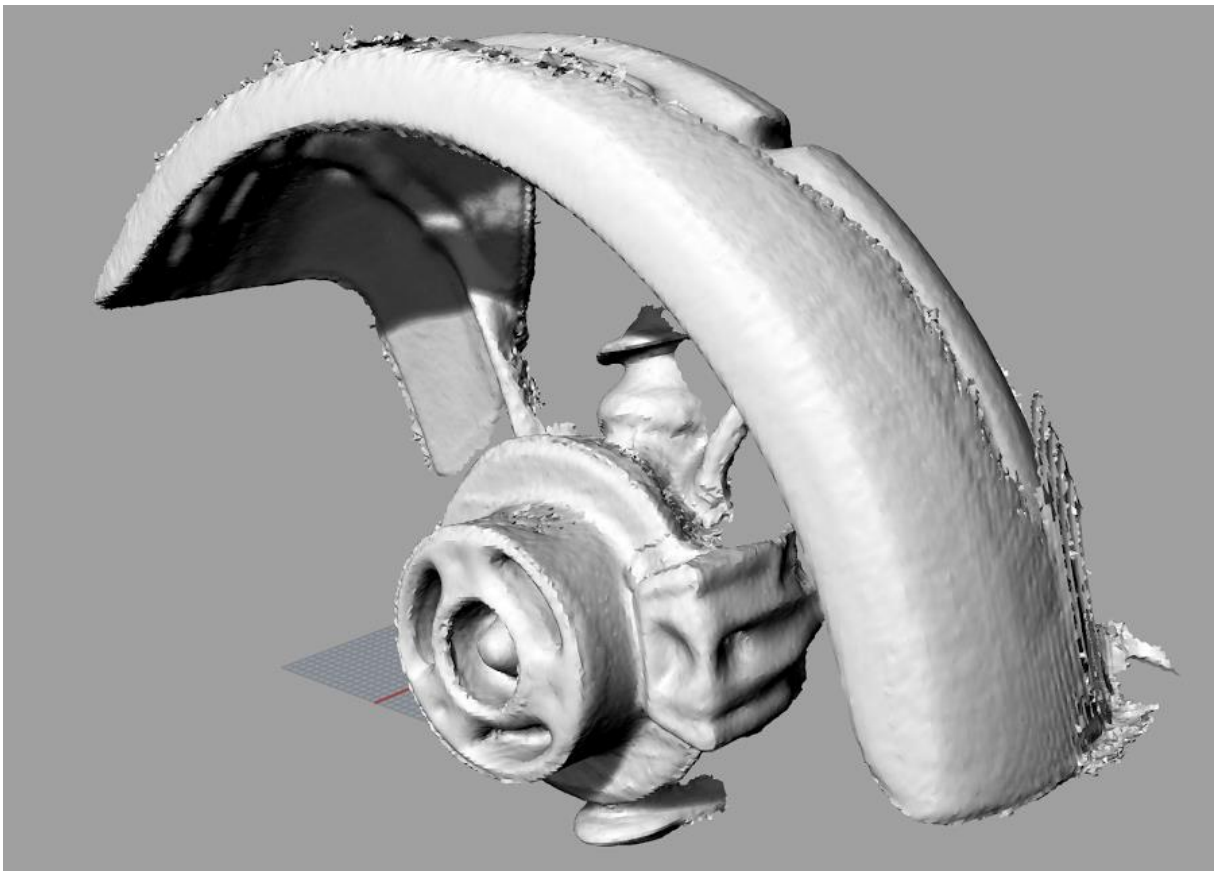
zurückgreifen.
Die neu entwickelten Felgen sollten also den Maßen des Twizzy entsprechen:

4Jx13H2 ET23 Radlast 310 Kg

In Abstimmung mit der Firma Thate gedrückte Präzision GmbH haben wir den Renault Twizzy im 3-D Verfahren eingescannt und vermessen. Aus diesen Daten resultieren nun die Vorgaben für unser Demonstratorbauteil.

Volker Schmidt bei der 3D-Vermessung des Renault Twizzy





Das fertige 3D-Modell der Relevanten Bauteile des Renault Twizzy

In Zusammenarbeit mit der Firma Thate wurde zuerst eine Felge in 2-tlger Bauform in Betracht gezogen. Beim Abwägen aller Aspekte der 2-tlgen Bauform hat sich ergeben, dass der Aufwand der Werkzeugfertigung unverhältnismäßig hoch gewesen wäre. Bei der Verwendung einer 3-tlgen Felge müssten lediglich Werkzeuge zur Fertigung der Außenringe hergestellt werden. Als Mittelteil kann ein bereits existierendes Bauteil verwendet werden.

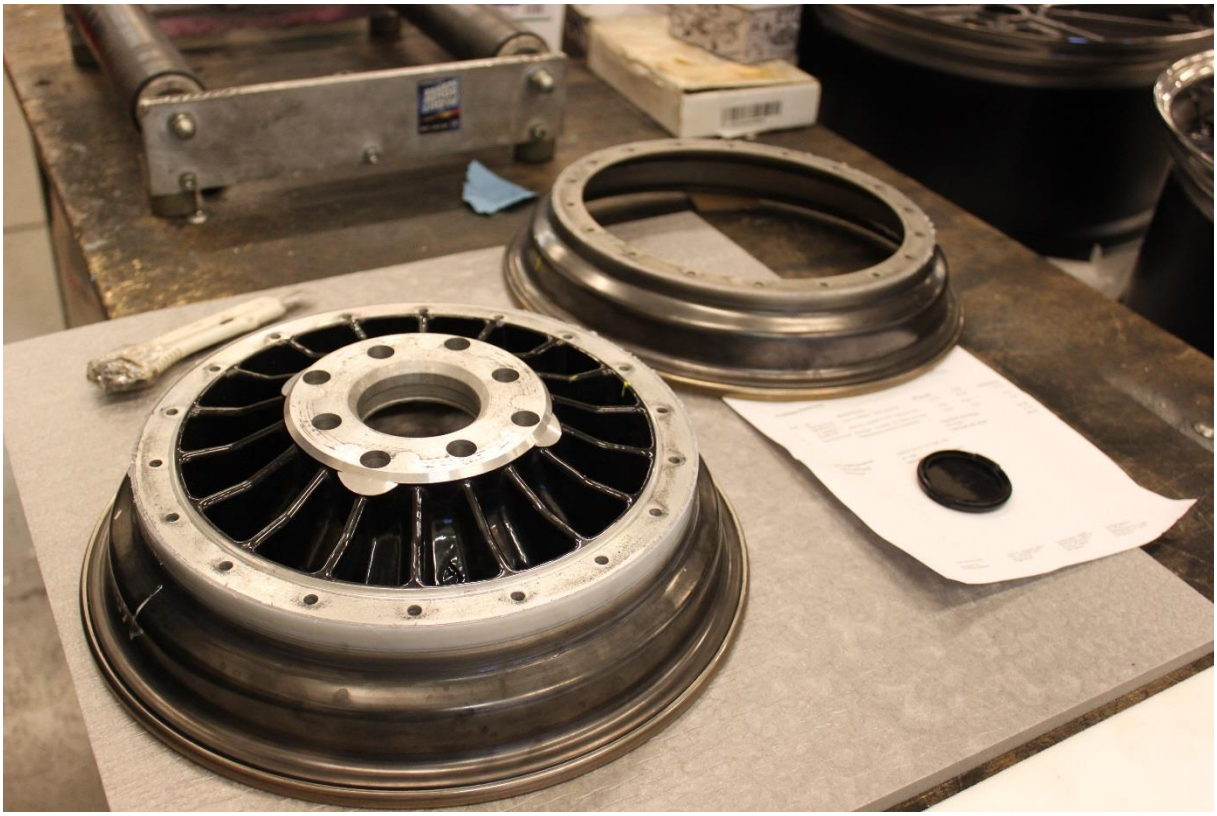
In Hinsicht auf spätere Verwendungsmöglichkeiten ist die 3-tlge Bauform zusätzlich besser geeignet, da sich die unterschiedlichen Bauteile in der Breite variieren lassen und somit im Zusammenspiel mit dem Mittenteil der ET-Bereich deutlich erweitert werden kann. So bietet die 3-tlge Bauform auch in Zukunft eine Vielzahl an Montagemöglichkeiten bei den unterschiedlichsten Fahrzeugen.

Die durch die an dem Projekt beteiligten Firmen produzierten Außenringe wurden von uns nach Erhalt geprüft und mit einem standard Aluminium Außenring verglichen:

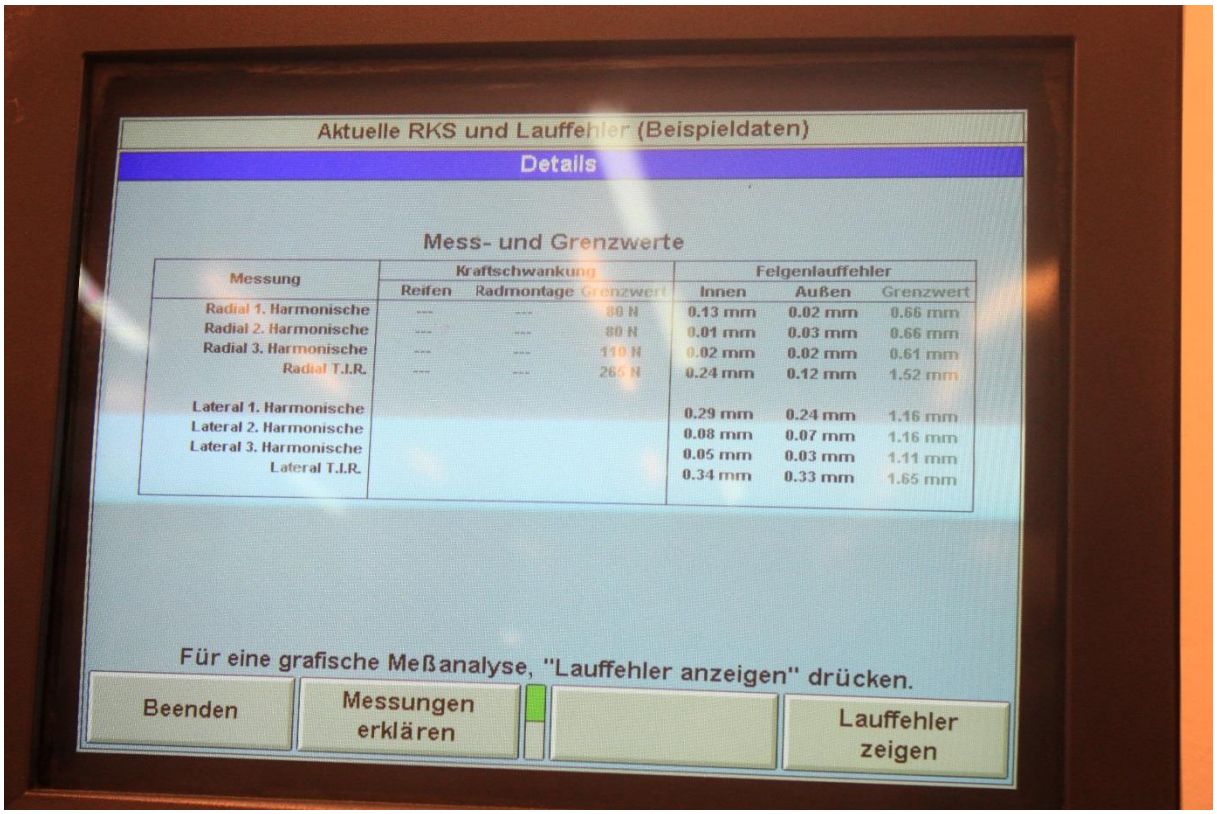
Ring	Wandstärke Anschraubfläche in mm	Wandstärke Reifensitz in mm	Wandstärke Höhe Ventilloch in mm	Wandstärke Plan in mm	Gewicht in Kg
13AR20 Aluminium	2,5	2	1,8	1,8	1
13AR20 Titan	2,05	1,4	1,5	1,32	0,8

Es ist uns also gelungen, die Wandstärke und das Gewicht des Außenringes deutlich zu reduzieren (im Schnitt um ca 21%).

Um die Titan Außenringe den gängigen Tests der Automobilbranche unterziehen zu können, haben wir diese mit einem von uns in Serie produzierten Mittenteil, der 13“ TH-Line, zusammengebaut. Die Felge weißt nun die Maße 4,5Jx13 auf.



Nach dem Zusammenbau werden die Felgen auf Rundlauf geprüft.



Die Rundlaufprüfung wurde mit sehr guten Messwerten abgeschlossen, so dass wir die Felgen zur weiteren Prüfung an ein unabhängiges Prüfinstitut übergeben haben.

Die Firma Prüflabor Süd (PSA) wurde damit beauftragt, einen für Felgen in der Serienproduktion üblichen Umlaufbiegetest zu machen.

Hierbei ist das Material an einigen Stellen gerissen:

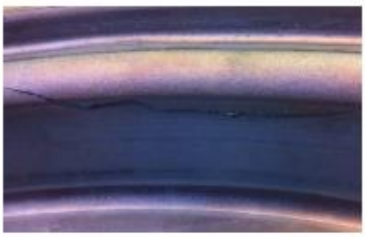
Prüfprotokoll

Allgemeine Daten		Allgemeine Prüfdaten	
Auftragsnummer:	16001	Raddimension:	4,5x13
Hersteller / Kunde:	Volker Schmidt GmbH	Radlast [kg]:	400
Radname:	-	Abrollumfang [mm]:	1650
Radtyp:	-	Radgewicht [kg]:	4,20

Prüfdaten

Umlaufbiegeprüfung 75%			Prüfstandident. Nr.:	PS 02
Lastwechsel (IST- / SOLL-Wert):	179.154	/ 200.000	Lochkreis / Anzahl:	100/4
M_{bmax} [kNm]:	2,09		Einpresstiefe [mm]:	-30
$M_{b75\%}$ [kNm]:	1,57		Mittenbohrung [mm]:	63
Auslenkung [mm]:	Start:3,25; 3,70(1); 4,14(2)		Prüfstanddrehzahl [min^{-1}]:	1.440
Prüfbeginn [Tag]:	12.01.2016		Prüfende [Tag]:	12.01.2016
Prüfbeginn [Zeit]:	15:20:25		Prüfende [Zeit]:	17:42:57
Prüfungsanzahl:	1		Ergebnis:	negativ

Bilddokumentaion



Bemerkung:

Durchführung einer Umlaufbiegeprüfung eines mehrteiligen Rades mit Titanschüssel. Prüfablauf: Die Abweichung der Auslenkung stieg bis 118.000 LW (1) auf über 10% auf 3,7 mm an. Die Prüfung wurde automatisch unterbrochen und anschließend erneut gestartet, um das weitere Verhalten zu beobachten. Die Abweichung der Auslenkung stieg bis 179.000 LW (2) auf über 25% auf 4,14 mm. Die Prüfung wurde abgebrochen. Rissbildung im Felgenbett siehe Bilddokumentation.

Bad Bramstedt, den 13.01.2016

Ing. M. Kleingarn

Die Prüflabor Süd GmbH ist ein Benannter Technischer Dienst des Kraftfahrt-Bundesamtes, Bundesrepublik Deutschland.
Eine auszugsweise Vervielfältigung oder Wiedergabe dieses Schriftstückes bedarf der schriftlichen Zustimmung der Prüflabor Süd GmbH © PSA-Urheberrechtlich geschützt!

Um die Ergebnisse noch einmal zu festigen, haben wir einen Abrolltest bei der Firma PSA beauftragt. Auch dieses Ergebnis viel negativ aus:

Prüfprotokoll

Allgemeine Daten		Allgemeine Prüfdaten	
Auftragsnummer:	16001	Reifendimension:	145/80R13
Hersteller / Kunde:	Volker Schmidt GmbH	Radlast [kg]:	400
Radname:	-	r_{dyn} [m]:	0,26
Radtyp:	-	Radgewicht [kg]:	4,2
Raddimension:	4,5x13	Einpresstiefe [mm]:	30

Prüfdaten

Abrollprüfung		Prüfstand Identnr.:	PN
Reifen E.T.R.T.O:	145/80R13	Lochkreis / Anzahl	100/4
Abrollstrecke [km] (IST- / SOLL-Wert):	445 / 2.000	Einpresstiefe [mm]:	30
Abrolllast [kg]:	1.000	Mittenbohrung [mm]:	63
Reifenluftdruck [bar]:		Prüfgeschw. [km/h]:	80
Prüfbeginn [Tag]:	08.03.2016	Prüfende [Tag]:	08.03.2016
Prüfbeginn [Zeit]:	09:47:00	Prüfende [Zeit]:	15:21:00
		Ergebnis:	negativ

Bilddokumentation

Bemerkung:

Durchführung einer Abrollprüfung eines mehrteiligen Rades mit Titanschüssel. Reifenluftverlust durch Rissbildung im Abdichtmedium des Rades (siehe Bild).

Bad Bramstedt, den 09.03.2016

Ing. M. Kleingarn

Die Prüfungen wurden entsprechend den relevanten Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2005 durchgeführt.

Die Prüflabor Süd GmbH ist ein Benannter Technischer Dienst des Kraftfahrt-Bundesamtes, Bundesrepublik Deutschland.
Eine auszugsweise Vervielfältigung oder Wiedergabe dieses Schriftstückes bedarf der schriftlichen Zustimmung der Prüflabor Süd GmbH © PSA-Urheberrechtlich geschützt!

Fazit:

Aus unseren Prüfergebnissen lässt es schließen, dass das verwendete Material besser auf das Umformverfahren angepasst werden sollte. Eine Fertigung von straßenverkehrstauglichen Felgen ist mit dem aktuellen Material in Verbindung mit der laserunterstützten Umformung nicht möglich.

Im nächsten Schritt könnt man überprüfen, ob eine Versprödung durch alpha casing an dem Werkstoff entstanden ist und ob es möglich ist, die in diesem Projekt entwickelte Drückmaschine auf die besonderen Bedürfnisse dieses Materials anzupassen – etwa durch Einsatz von Schutzgas.

6. Nutzen für das Unternehmen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Volker Schmidt GmbH ist ein Unternehmen, das ständig an der Weiterentwicklung ihrer Produkte und an innovativen Werkstoffen arbeitet.

Die Ergebnisse aus dem Projekt „HotWheel“ werden in die Entwicklung einer neuen Felgenbaureihe in neuartiger Leichtbauweise mit einfließen. Gemeinsam mit der Firma Thate gedrückte Präzision GmbH sollen innovative Felgen aus Hochleistungswerkstoffen umgesetzt werden.

7. Zusammenarbeit mit anderen Stellen oder Außerhalb der Verbundprojektes

Dieses Vorhaben ist Teil des Verbundvorhabens »HotWheel« zusammen mit dem Technologieanwender Thate gedrückte Präzision GmbH, dem Maschinenbauunternehmen Abacus Maschinenbau GmbH sowie der Forschungseinrichtung Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT.

8. Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

Keine

9. Veröffentlichungen, Vorträge, Referate, etc.

Keine