

Integrative Simulation am Beispiel Cimera® - ein tiefziehfähiges Sandwichmaterial

Author

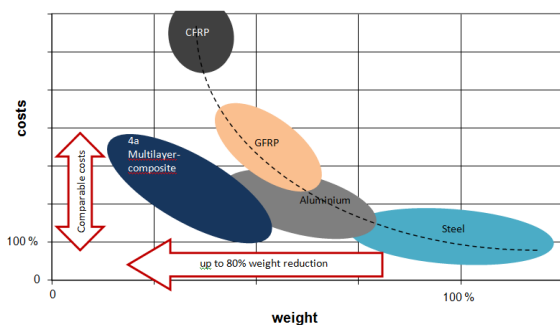
B. Jilka, P. Reithofer, T. Wimmer, M. Pichler

4a engineering GmbH, Traboch, Austria
4a manufacturing GmbH, Traboch, Austria

1 Umformbare Sandwichwerkstoffe für Leichtbauanwendungen - CIMERA®

Die Kernkompetenz der 4a manufacturing GmbH liegt in der Entwicklung sowie Herstellung von Mehrschichtverbunden (Sandwich), die insbesondere im Leichtbau eingesetzt werden. Mit dem Verbundmaterial „Cimera®“ können aufgrund des abbildbaren Dickenbereichs von 0.4 - 20mm und der Formgebungsmöglichkeiten neue Anwendungen im automobilen Leichtbau umgesetzt werden. Insbesondere die Tiefziehbarkeit des Verbundmaterials ist ein großer Vorteil der von 4a angebotenen Materialtypen und ermöglicht neue Einsatzbereiche für Sandwichwerkstoffe. Zusätzlich ist durch anwendungsbezogenen Materialeinsatz, Materialauswahl und Fertigungsprozess eine sehr gute Kostenstruktur erreichbar, die eine wirtschaftliche Umsetzung im automobilen Leichtbau ermöglicht.

Neben den Leichtmetallen werden im Leichtbaubereich häufig Faserverbund und Sandwichmaterialien eingesetzt. Da der Einsatz all dieser Werkstoffe, allen voran CFK, meist mit einer gravierenden Kostenerhöhung verbunden ist, ergeben sich nur bestimmte mögliche Einsatzgebiete. Zusätzlich ergeben sich je nach Material nur begrenzte Möglichkeiten der Bauteilgestaltung und insbesondere bei Sandwichwerkstoffen können meist nur ebene Platten eingesetzt werden. Eine in der 4a engineering GmbH entwickelte und in der 4a manufacturing GmbH in die Großserie umgesetzte Technologie ermöglicht derzeit die erfolgreiche Herstellung von Membranen für Handy-Lautsprecher mit sehr geringem Gewicht bei gleichzeitig hoher Steifigkeit. Dies wird durch einen Sandwichaufbau realisiert. Die Kernschicht besteht in diesem Fall aus einem Polymerschaum und weist bei einer Dicke von etwa 0,2mm bis 0,4mm auf. Somit wird die für einen Sandwichwerkstoff einzigartige Kombination aus Dicke (0,4 mm), Gewicht (150 g/m²) und Steifigkeit erreicht. Durch Weiterentwicklung dieser Technologie insbesondere in Richtung Umformbarkeit können neue Anwendungsfelder für Sandwichwerkstoffe im Leichtbau erschlossen werden. Die 4a Sandwichtechnologie ermöglicht eine 3-dimensionale Formgebung wie vom Metallumformen bzw.- tiefziehen bekannt. In Kombination mit den sandwichtypischen hervorragendem Verhältnis von Steifigkeit zu Gewicht ergeben sich dadurch neue Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Branchen. Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass bei Bauteilen 30% bis 50% Gewicht eingespart werden können.



2 Integrative Simulation

Die Umformsimulation stellt bei Cimera® den ersten Schritt der Integrativen Simulation dar. Da es sich bei Cimera® um ein Sandwichmaterial handelt, ist eine deutliche Dickenänderung durch den Herstellprozess zu erwarten. Aufgrund des verhältnismäßig weichen Schaumkerns muss der Sandwich mittels einer Shell-Solid-Shell Modellierung über der Dicke für die simulative Bestimmung der Dickenänderung abgebildet werden. In Abbildung 2-1 ist ein Vergleich zwischen der Umformsimulation einer Kuppel und dem Schnitt durch das Bauteil zu sehen.

Die Materialdaten für die Umformsimulationen sowie für die nachfolgenden Struktursimulationen (z.B.: statische Belastung, Crash, ...) sind mit 4a impetus® ermittelt worden. Mit dem System 4a impetus® können innerhalb kurzer Zeit validierte Materialkarten insbesondere für dynamische Belastungen erzeugt werden.

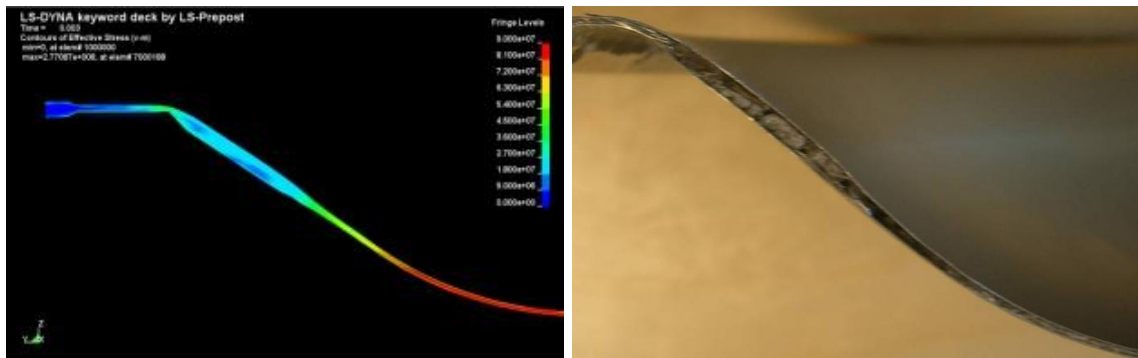


Abbildung 2-1: Vergleich Dickenverteilung Simulation und Schnitt durch Bauteil

Zur Validierung der Umformsimulation wurden nicht nur einfache Geometrien herangezogen sondern die Methodik bis hin zu komplexen Bauteilen angewandt. Die virtuelle Vorhersage der Dickenverteilung korreliert sehr gut mit der in der Realität festzustellenden Verteilung.

In Abbildung 2-2 ist die Umformsimulation eines komplexen Bauteils zu sehen. Aufgrund der 3 Schicht-Idealisierung und der damit einhergehenden großen Elementanzahl sind diese Simulationen mit hohem Rechenaufwand verbunden.

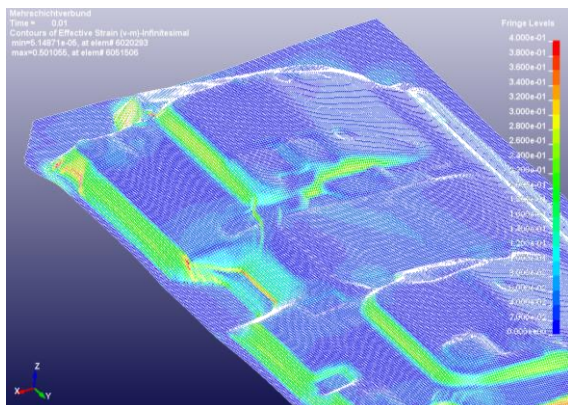


Abbildung 2-2: Untersuchung Faltenbildungstendenz

In der Struktursimulation können nicht nur Bauteilstudien, sondern Baugruppenberechnungen bis hin zu Gesamtfahrzeugsimulationen notwendig sein, wobei die Abbildung mit mehreren Shell- und Solid-Schichten aufgrund des hohen Rechenaufwands nicht anwendbar ist. Hier werden gerne Midplane Modelle mit nur einer Shell-Schicht und der Dicke des Ausgangsmaterials verwendet. Dies ist jedoch nur soweit zulässig, als das sich die Dicke im Herstellprozess nur minimal ändert. Bei großen Umformgraden oder bei dicken Materialien hat jedoch die Herstellung einen erheblichen Einfluss auf die Dickenverteilung und damit auf das Verhalten im Belastungsfall. Hier setzt die Integrative Simulation an. Mit einer von 4a-engineering GmbH entwickelten Software wird die in der Umformsimulation ermittelte Dickenverteilung auf das Midplanenetz übertragen (gemapped). Das so erzeugte Simulationsmodell kann nun in der Struktursimulation verwendet werden.



Integrative Simulation am Beispiel CIMERA® ein tiefziehfähiges Sandwichmaterial

B. Jilka, P. Reithofer, T. Wimmer (4a engineering GmbH),
M. Pichler (4a manufacturing GmbH)

11. LS-DYNA FORUM 2012


9. - 10. OKTOBER 2012, ULM



Seite: 1
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund


I N P H Y S I C S W E T R U S T

© 4a manufacturing GmbH, all rights reserved



Inhalt

- CIMERA®
- Beispiele für die Verwendung von CIMERA®
- Umformen
- Umformsimulationen
- Struktursimulationen
- Zusammenfassung
- Ausblick



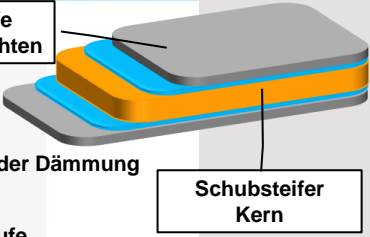
Seite: 2
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

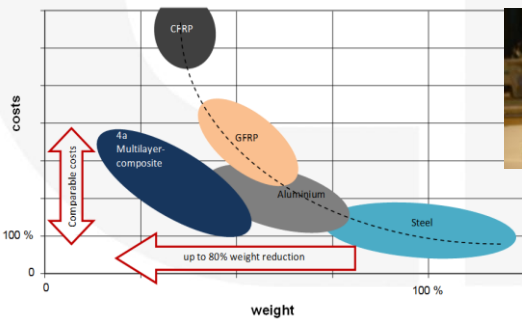
I N P H Y S I C S W E T R U S T


© 4a manufacturing GmbH, all rights reserved


CIMERA® Produkteigenschaften

- Hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht (ab 0.3 mm Dicke)
- Sehr gutes Umformverhalten (kalt)
- Tiefziehen/Streckziehen im Verbund
- Sehr gute Dämpfungseigenschaften bzw. Isolation oder Dämmung
- Dehnungen bis 40%
- Einstellbare Materialeigenschaften bzw. Dickenverläufe









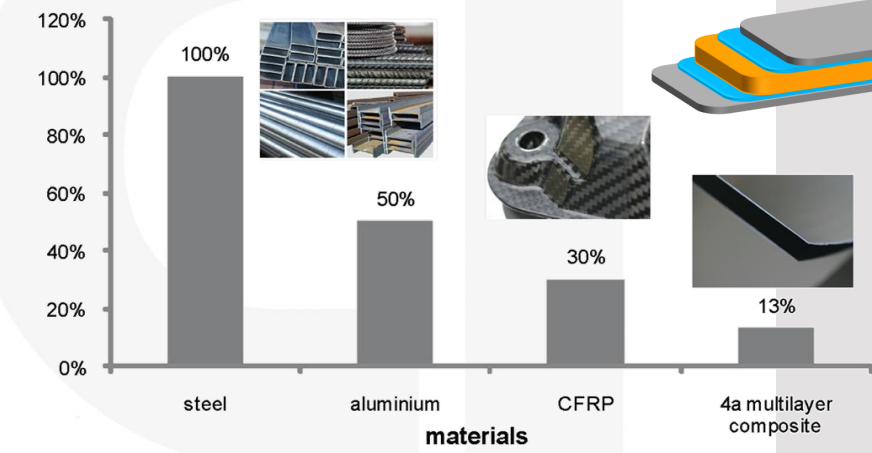
Seite: 3
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_jka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

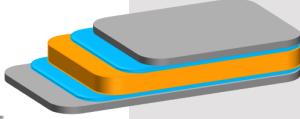
I N P H Y S I C S W E T R U S T


© da manufacturing GmbH, all rights reserved

Technisches Potential Hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht

weight comparison: panels with comparable stiffness








Seite: 4
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_jka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

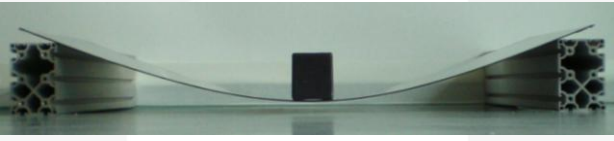
© da manufacturing GmbH, all rights reserved

Technisches Potential

Biegesteifigkeitsvergleich



Aluminium 1.5mm



- Referenzmat: 1.5mm Aluminium
- Vergleichsmat: 1.5mm CIMERA
- Belastung: 5kg


CIMERA 1.5mm (Gewicht -45% zu Aluminium)



CIMERA 15mm (gleiches Flächen-gewicht wie 1.5mm Aluminium)



Belastung: 85kg




Seite: 5
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_jka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

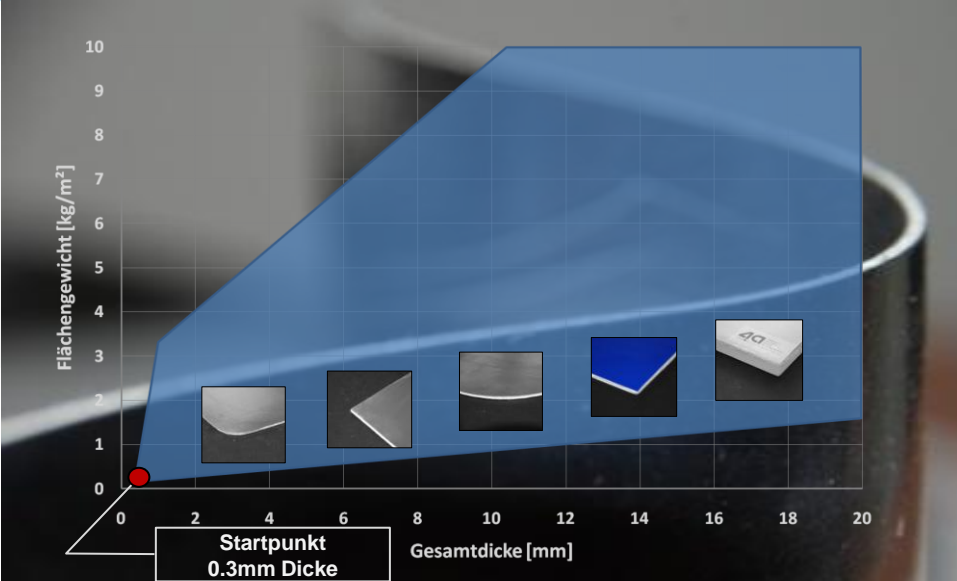
I N P H Y S I C S W E T R U S T

© da manufacturing GmbH, all rights reserved

Technisches Potential

Variationsvielfalt





Seite: 6
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_jka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

© da manufacturing GmbH, all rights reserved

CIMERA®
Beispiele





BEISPIELE

Seite: 7
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichter
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T


 © da manufacturing GmbH, all rights reserved

CIMERA®
Gepäckraumdeckel




4a Gepäckraumdeckel

- Stahlverbund
- Gesamtverbunddicke: 4.2 mm
- Flächengewicht: 1.46 kg/m² → 57%

Gewicht: -43%



Vergleich mit homogenem Material



Durch Steifigkeitsoptimierte Formgebung weiteres Gewichtspotential vorhanden

	Stahl	Schichtbau
Gesamtdicke [mm]	1.73	4.18
neutrale Faser [mm]	0.87	2.28
Flächengewicht [kg/m ²]	13.88	1.16
Dicke [µm]	7850	274
Stegspannung [N/mm ²]	26000070	2851008
El-Brüche [N/mm ²]	80810	80814
Stabilitätsmodul [N/mm ²]	210000	14888


Schichtaufbau

Schicht	Material	Dicke [mm]	Dicke [µm]	El-Brüche [N/mm ²]	Stegspannung [N/mm ²]
Schicht_1	Stahl	0.87	8700	26000070	7850
Schicht_2	Kleber	0.18	1800	—	—
Schicht_3	SchaumFO	2.72	27200	—	—
Schicht_4	Kleber	0.18	1800	—	—
Schicht_5	Stahl	0.87	8700	26000070	7850
Schicht_6	—	—	—	—	—
Schicht_7	—	—	—	—	—

Parameter	Wert
Gesamtdicke	4.20
neutrale Faser	0.11
Flächengewicht	0.84
Dicke	248
Stegspannung	127888
El-Brüche	80884
Stabilitätsmodul	0.039

Seite: 9
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichter
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T


 © da manufacturing GmbH, all rights reserved

Umformen

4D MANUFACTURING



UMFORMEN

Seite: 11
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

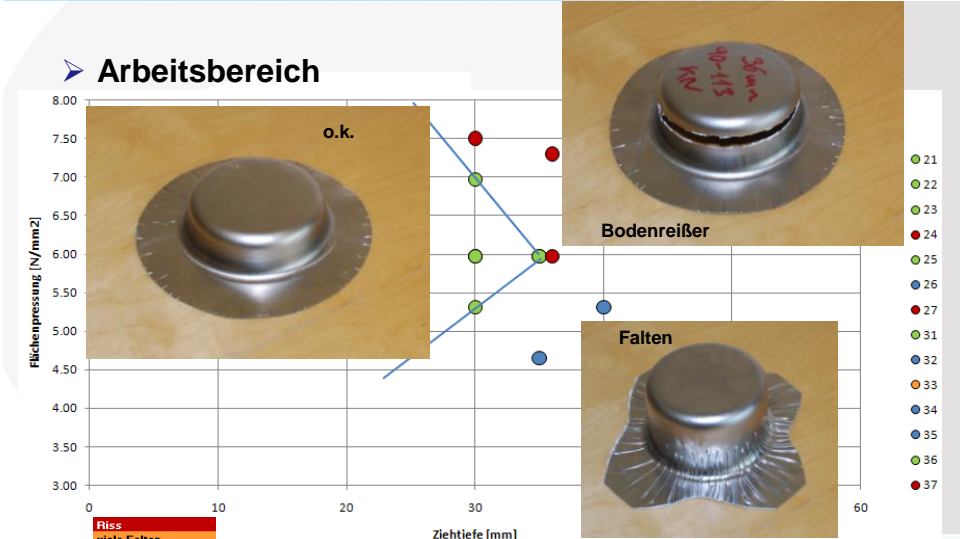
© 4d manufacturing GmbH, all rights reserved

Umformen

Napfziehversuche

4D MANUFACTURING

Arbeitsbereich



Flächenpressung [N/mm²]

Ziehtiefe [mm]

o.k.

Bodenreißer

Falten

21
22
23
24
25
26
27
31
32
33
34
35
36
37

Riss
viele Falten
Falten
O.K.

DYNA MORE

Seite: 12
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

© 4d manufacturing GmbH, all rights reserved

Umformen Effekte



- Gesamtdickenverteilung
- Deckschichtdickenverteilung
- Steifigkeitsänderung
- Versagen der Verbindung
- Decklagenversagen
- Faltenbildung
- Versagen des Kernmaterials



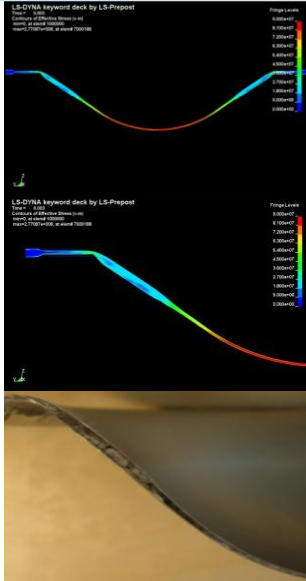
Umformsimulation / Mapping



Umformsimulation Modellierung

4Q MANUFACTURING

- **Aktueller Stand der Simulationsmethodik**
 - Dünne Decklagen
 - Materialmodell DC04 (*MAT_24)
 - Schalenansatz
 - Dicke Schaumschicht
 - Materialmodell (*MAT_FU_CHANG)
 - Solidelemente
 - Kleberschicht
 - Aktuell nicht berücksichtigt



Seite: 15
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj/ra_pr/mp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T


© 4q manufacturing GmbH, all rights reserved.

Umformsimulation Ergebnisse

4Q MANUFACTURING

- **Direkt zugängliche Ergebnisse**
 - Faltenbildung
 - Rissbildung
 - Ausdünnen der Decklagen
- **Indirekt zugängliche Ergebnisse**
 - Dickenverteilung Kern → skalare Größe
 - Dickenverteilung Gesamtverbund → skalare Größe

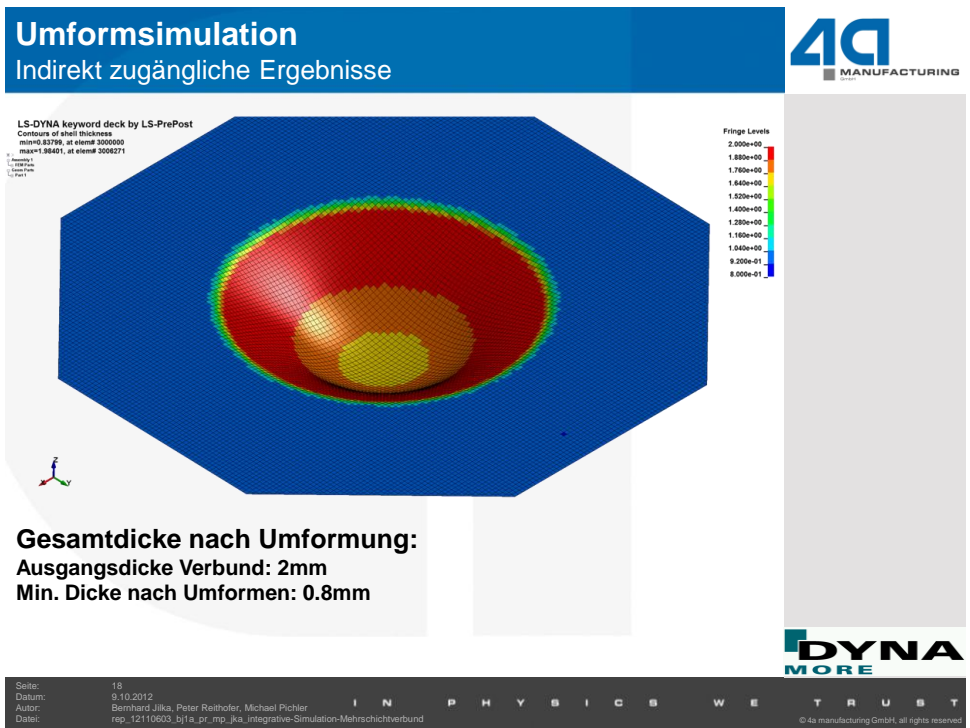
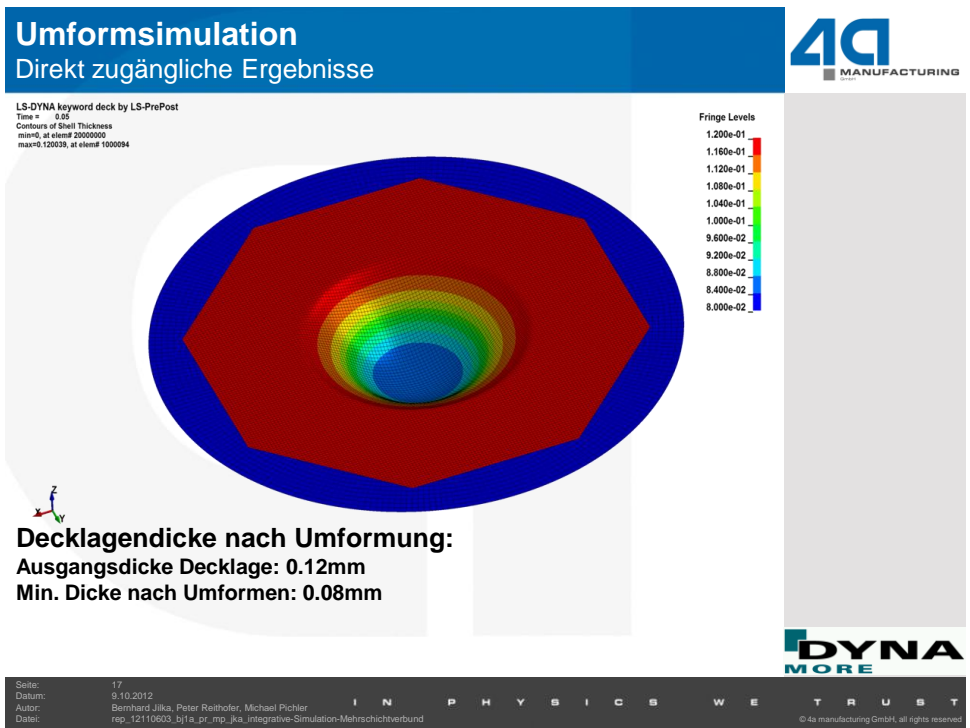
→ Mapping Algorithmus erforderlich um aus Simulation mit einem Solid-Netz ein Shell-Netz zu erhalten



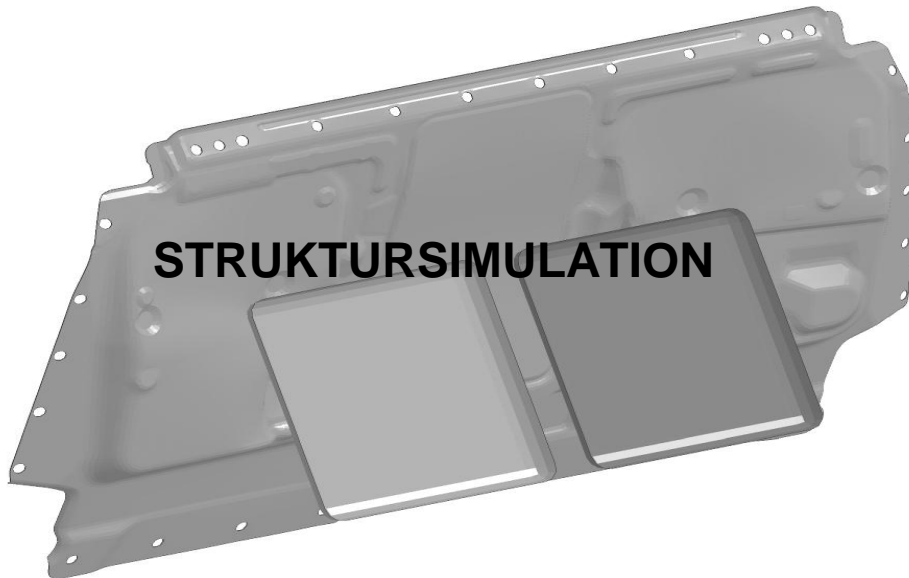
Seite: 16
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj/ra_pr/mp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

© 4q manufacturing GmbH, all rights reserved.



Struktursimulation



STRUKTURSIMULATION

Seite: 19
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

© 4q manufacturing GmbH, all rights reserved

Struktursimulation



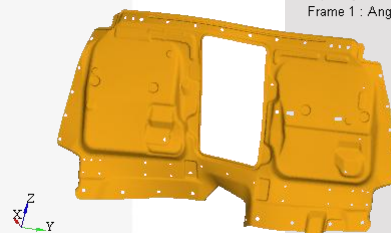
➤ Steifigkeitsanforderungen

- Statische Lasten
 - Eigenfrequenzen
 - NVH
- Shell

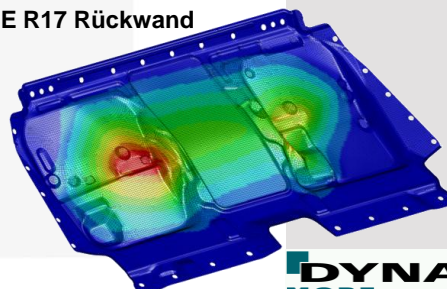
➤ Festigkeitsanforderung

- Versagen
 - Ausknicken / Beulen
 - Crash
- Shell oder Solid?

SUBCASE 1 : Mode#3, Frequency= 4.927e+001 Hz
Frame 1 : Angle 0.000000



ECE R17 Rückwand



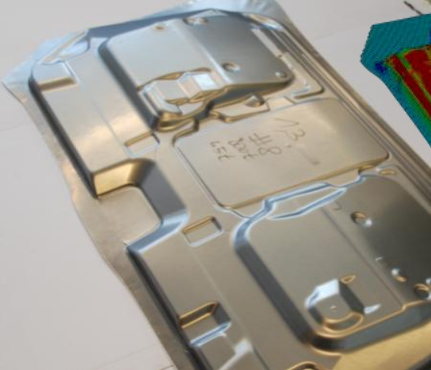
Seite: 20
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

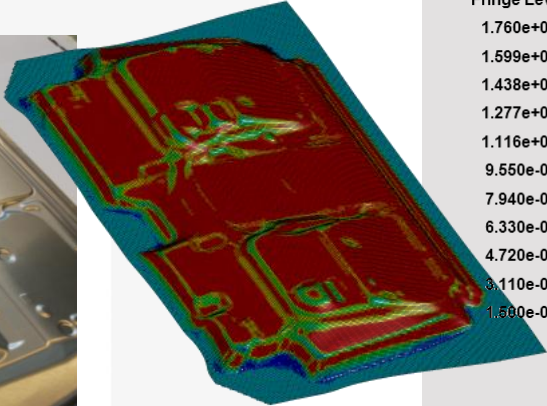
© 4q manufacturing GmbH, all rights reserved

Struktursimulation

Mapping der Dicken → Integrative Simulation




Schaumdicke nach Umformung:
Ausgangsdicke Schaum: 1.76mm
Min. Dicke nach Umformen: 0.15mm



Aufbau mittels:
*Element_Shell_Composite

Fringe Levels

1.760e+00
1.599e+00
1.438e+00
1.277e+00
1.116e+00
9.550e-01
7.940e-01
6.330e-01
4.720e-01
3.110e-01
1.500e-01



Seite: 21
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_jilka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

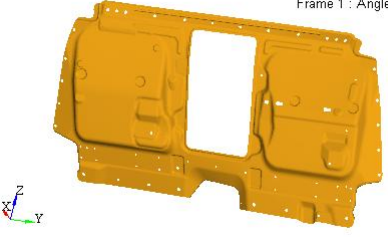
I N P H Y S I C S W E T R U S T

© da manufacturing GmbH, all rights reserved

Struktursimulation / Steifigkeitsuntersuchungen

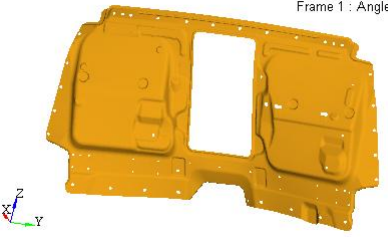
Eigenfrequenzanalyse

SUBCASE 1 : Mode#1, Frequency= 1.434e+001Hz
Frame 1 : Angle 0.000000

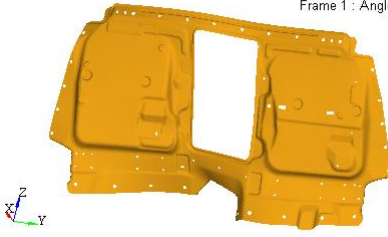



Eigenfrequenz	Aluminium [Hz]	Schichtaufbau [Hz]
1	14.3	16.1
2	29.3	33.3
3	49.3	57.9
4	57.0	63.9
5	62.3	75.4
6	66.7	80.6
7	79.4	100.4
8	92.1	107.6
9	97.6	120.3
10	105.3	127.4

SUBCASE 1 : Mode#2, Frequency= 2.933e+001Hz
Frame 1 : Angle 0.000000



SUBCASE 1 : Mode#3, Frequency= 4.927e+001Hz
Frame 1 : Angle 0.000000





Seite: 22
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_jilka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

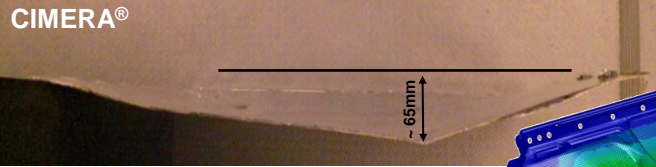
I N P H Y S I C S W E T R U S T

© da manufacturing GmbH, all rights reserved

Struktursimulation / Festigkeitsuntersuchungen

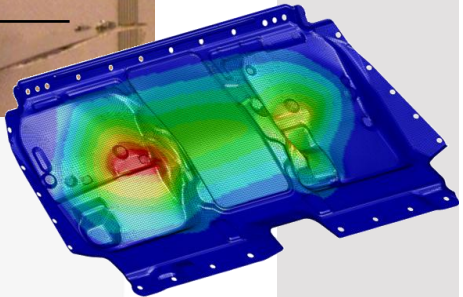
Testergebnis ECE R17

Rückwand
CIMERA®



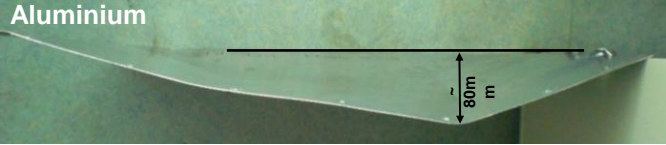
65mm

Schaumkern mit
Solidelementen abgebildet




Das Aluminiumteil weist etwas höhere Verformungen auf

Aluminium



80mm



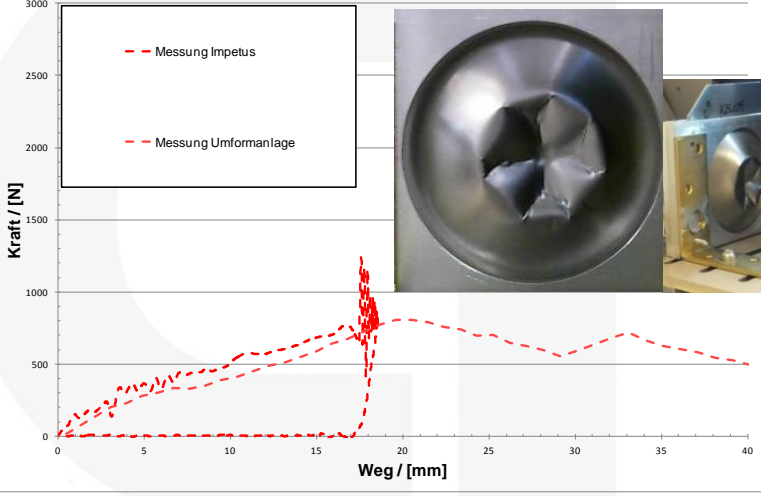
Seite: 23
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

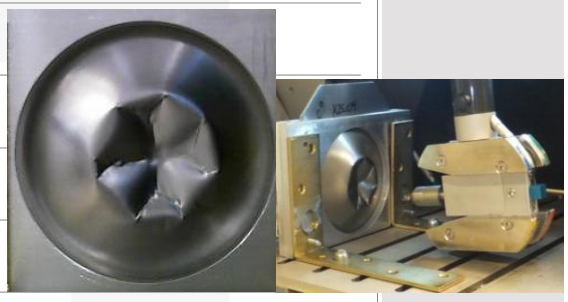
I N P H Y S I C S W E T R U S T

© da manufacturing GmbH, all rights reserved

Struktursimulation / Festigkeitsuntersuchungen

Messungen Kuppel

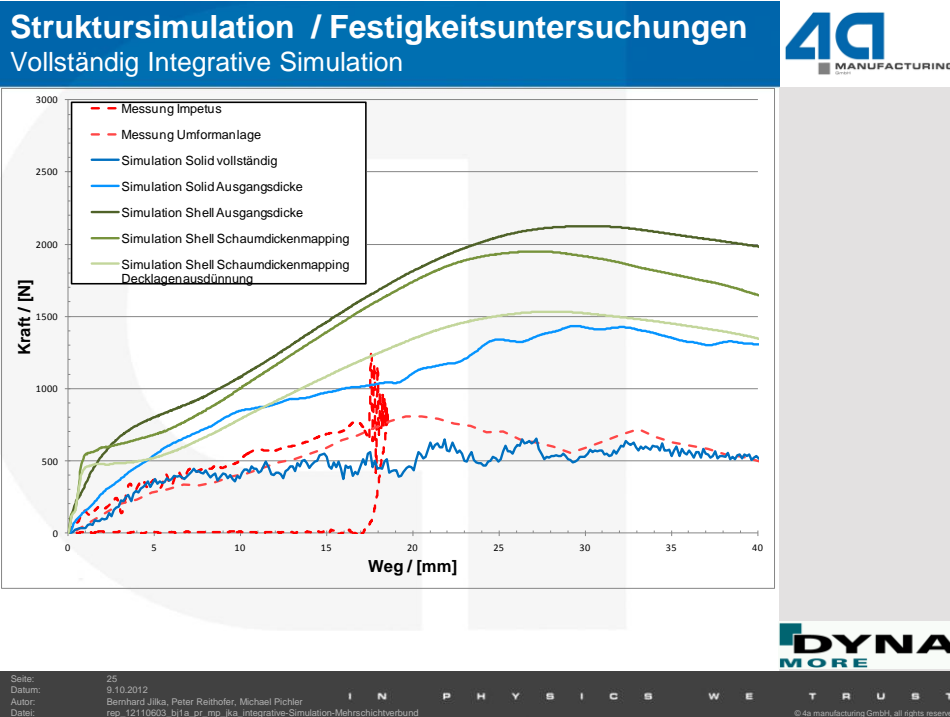




Seite: 24
 Datum: 9.10.2012
 Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
 Datei: rep_12110603_bj1a_pr_rmp_ika_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund

I N P H Y S I C S W E T R U S T

© da manufacturing GmbH, all rights reserved



- ### Zusammenfassung
- Sehr gute Übereinstimmung bei der vollständig Integrativen Simulation
 - Die Simulation mit Solids als Schaumkern und mit Ausgangsdicken liefert deutlich zu hohe Kräfte (Faktor: 1.5-2.0)
 - Der Schalenansatz mit Ausgangsdicken liefert um einen Faktor 3 zu hohe Kräfte
 - Eine Simulation mit Schalenansatz und Schaumdickenmapping liefert etwas bessere Ergebnisse allerdings noch immer deutlich zu steif
 - Wird die Dicklagenausdünnung sowie die Schaumdicke mitbetrachtet liegt das Kraftniveau etwa bei der Solidsimulation mit Ausgangsdicken
- 4Q**
MANUFACTURING
- DYNA**
MORE
- Seite: 26
Datum: 9.10.2012
Autor: Bernhard Jilka, Peter Reithofer, Michael Pichler
Datei: rep_12110603_bj1a_pr_mp_jka_integrative-Simulation-Mehrschichtverbund
- I N P H Y S I C S W E T R U S T
- © 4q manufacturing GmbH, all rights reserved

Ausblick



- Vollständiges Mapping des Schaums und der Decklagendicken
- Erzeugung von Solid-Netzen mittels Mapping und Offsetfunktionen
- Verbesserte Schaum- und Decklagenmaterialmodelle
- Analyse des Einflusses der Elementgröße

