

2016 SCHWEISS- UND PRÜFTECHNIK

11 12 Die Fachzeitschrift der ÖGS und der ÖGfZP

ÖGS

Österreichische
Gesellschaft für
Schweißtechnik



Das Informationsnetzwerk
der Schweißtechnik

unabhängig, neutral und unparteilich

Editorial



Liebe Leserinnen und Leser, in dieser Ausgabe finden Sie wieder interessante Fachartikel zu verschiedenen Aspekten der Schweißtechnik – vielen Dank an die Autoren, die sich die Zeit genommen haben, um sich mit den einzelnen Themen ausführlich auseinander zu setzen.

Die Hersteller von Schweißstromquellen haben in den letzten Jahren viele neue Begriffe und Namen für ihre MSG-Schweißvarianten geprägt – für den Anwender nicht immer überschaubar. Ein neues DVS-Merkblatt greift diese unübersichtliche Situation auf und schlägt eine systematische Klassifizierung nach wettbewerbsneutralen technischen Kriterien vor. Für die Praxis sicher eine sehr kompetente Hilfe, die Details dazu erfahren Sie ab Seite 184.

Obwohl das Rührreischweißen – oder Friction Stir Welding – bereits seit den 1990er Jahren weltweit im Einsatz zu finden ist und auf den ersten Blick eher einfach erscheint, erfordert es spezielle Maschinen und tiefgreifendes Fachwissen, um den Prozess stabil und prozesssicher nutzen zu können. Der Fachbeitrag ab Seite 190 beschreibt die Vorteile und zeigt, dass sich auch Werkstoffe verschweißen lassen, die sich mit konventionellen Schmelzschweißverfahren nicht oder nur unter enormen Aufwand verbinden lassen.

Die Schweißsimulation gewinnt zunehmend Interesse in der Industrie. Insbesondere die Vorausberechnung des Schweißverzuges und die Bestimmung möglicher Maßnahmen zur Verminderung stehen im Vordergrund. Ab Seite 204 können Sie sich in dieses Thema einlesen. Der Fachbeitrag zeigt, welche Möglichkeiten die Höchstleistungsrechnung bietet, um die Berechnung von Schweißaufgaben zu bewältigen und zu beschleunigen.

Viel Freude Nutzen beim Lesen!
Herzliche Grüße, Gernot Wagner

ÄNDERUNG ÖGS-Stammtisch

Der **ÖGS-Schweißer-Stammtisch Oberösterreich**, unser monatliches Treffen der Schweißfachleute, wo in angenehmer Atmosphäre fachgesimpelt wird, findet wie geplant am 16. November 2016 statt. Treffpunkt ist diesmal die Firma **Fill Maschinenbau**, wo ein interessanter Firmenrundgang am Programm steht. Beginn ist um 18:00 Uhr, Ort: Fillstraße 1, 4942 Gurten.

Inhalt



Editorial, Inhalt	181
Impressum, Termine der ÖGS	182
Neue Mitglieder stellen sich vor:	
Praxisnahe Forschung für das Schweißen	183
Übersicht der Prozessregelvarianten des MSG-Schweißens	184
Rührreischweißen (FSW – Friction Stir Welding) verbindet Werkstoffe, bei denen konventionelle Fügeverfahren scheitern	190
13. ÖGS-Workshop: „Schweißen dickwandiger Bauteile“	192
Bundeslehrlingswettbewerb der Metalltechniker in Linz	193
Abstracts aus „Welding in the World“ No. 6/2016 ..	194



Die Seiten der ÖGfZP:

Info-Ecke für persönliche Mitglieder der ÖGfZP	195
Geburtstage von November bis Dezember	195
„Erlesenes“ aus der Chronologie der ZFP	195
Übersiedelung der ÖGfZP	196
Ausweiskarten für zertifiziertes Prüfpersonal	196
Kommt die Revision der EN ISO 9712?	196
Billigung gemäß Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU .	197
8. Certification 2017	197
ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufen 1 und 2 ..	198
Stufe 3 Seminare der ARGE QS 3	199
Kraftwerk Obervermuntwerk II-Rohrleitungsbau ..	200
Weltweit größte Produktion für lasergeschweißte Platinen aus höchstfesten Stählen	203
Höchstleistungsrechnung für die Schweißsimulation mit DynaWeld und den parallelisierten LS-DYNA Solvern	204
Sicher und wirtschaftlich WIG-Schweißen üben mit dem Schweißsimulator	207
Gütesicherung bei Schweißarbeiten – Schweißtechnische Schadensfälle	208
IWE Prüfung im WIFI Linz	211
IWE-Prüfung an der TU Graz	211
Österreichs beste Jung-Schweißer sind gekürt	212
Merkblätter, Richtlinien, Bücher	213
Unsere gelben Seiten	214
Bücher	U3
DVS Congress	U4

Schweißer-Stammtische

Ein monatliches Treffen der Schweißfachleute, wo in angenehmer Atmosphäre fachgesimpelt wird.

WIEN - ab 17.30 Uhr

Café AS, Fleischmarkt 28, (Ecke Postgasse), 1010 Wien

09. November 2016	09. Mai 2017
14. Dezember 2016	13. Juni 2017
17. Jänner 2017	11. Juli 2017
14. Februar 2017	12. September 2017
07. März 2017	10. Oktober 2017
04. April 2017	14. November 2017
	12. Dezember 2017

ÖBERÖSTERREICH - ab 19.00 Uhr

Gasthof Schwarzgrub, Schwarzgrub 11, 4675 Weibern

16. November 2016	17. Mai 2017
25. Jänner 2017	21. Juni 2017
15. Februar 2017	19. Juli 2017
15. März 2017	20. September 2017
19. April 2017	18. Oktober 2017
	22. November 2017

Impressum

Herausgeber:

ÖGS Österreichische Gesellschaft für Schweißtechnik
1190 Wien, Döblinger Hauptstraße 17/4/1
<http://www.oegs.org>

Redaktionsleitung:

Gernot Wagner, redaktion@oegs.org

Schriftleitung:

Viktoria Feilhammer

Anzeigen und Verwaltung:

Susanne Mesaric, office@oegs.org
Tel: (01) 798 21 68, 9:30 - 14:00h

Mitherausgeber:

ÖGfZP Österreichische Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung
1015 Wien, Krugerstraße 16
<http://www.oegfzp.at>, office@oegfzp.at

Mitherausgeber bei weld aktuell:

SZA Schweißtechnische Zentralanstalt
1030 Wien, Arsenal, Objekt 207
<http://www.sza.at>, office@sza.at

Hersteller:

Steiermärkische Landesdruckerei GmbH
8020 Graz, Dreihackengasse 20

Bezug:

Einzelheft: € 15,-, Jahresabonnement (6 Hefte) € 75,-
zuzüglich allfälliger Auslandsversandspesen

Der Bezug ist für Mitglieder kostenlos. Mitgliedschaften und Abonnements gelten als erneuert, sofern sie nicht mindestens 3 Monate vorher schriftlich zum 31.12. des jeweiligen Jahres gekündigt wurden.

Namentlich gekennzeichnete Artikel müssen sich nicht mit der Meinung des Herausgebers decken. Einreichungen können ohne Angabe von Gründen abgelehnt werden. Die Bildrechte liegen bei den jeweiligen Autoren.

Einen Hinweis für Autoren finden Sie auf www.oegs.org

Termine der ÖGS

22. November 2016 Wien

14. ÖGS Workshop "Methoden der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung"

(Info: www.oegs.org)

22. November 2016 Frankfurt

Qualitätsmanagement ist mehr als die Norm

(Info: www.inventum.de)

22. und 23. November 2016 Würzburg

Sol-Gel-Verfahren in der Beschichtungstechnik

(Info: www.otti.de/veranstaltung/id/sol-gel-verfahren-in-der-beschichtungstechnik.html)

23. und 24. November 2016 Bonn

Metallurgie und Technologie der Aluminium- Werkstoffe

(Info: www.dgm.de)

23. und 24. November 2016 Köln

Bauteilschädigung durch Korrosion

(Info: www.inventum.de)

24. und 25. November 2016 Linz

2nd Metal Additive Manufacturing Conference 2016

(Info: www.asmet.org)

29. November 2016 Halle

10. Kolloquium Mobile Laserbearbeitung

(Info: www.slv-halle.de)

30. November bis 02. Dezember 2016 Berlin

Bauteilmetallographie, Ambulante Metallographie

(Info: www.dgm.de)

07. und 08. Dezember 2016 München

6. Gemeinschaftskolloquium der mechanischen Füge-technik

(Info: www.slv-muenchen.de)

07. und 08. Dezember 2016 Kaiserslautern

Schicht- und Oberflächenanalytik

(Info: www.dgm.de)

07. und 08. Dezember 2016 München

6. Gemeinschaftskolloquium der mechanischen Füge-technik mit Fachausstellung

(Info: www.slv-muenchen.de)

08. Dezember 2016 Halle

Erfahrungsaustausch und Weiterbildung für Schweißaufsichtspersonen im Schienenfahrzeugbau nach DIN EN 15085

(Info: www.slv-halle.de)

06. und 07. Februar 2017 Dresden

Textur – Grundlagen, Analyse und Interpretation

(Info: www.dgm.de)

14. Februar 2017 Halle

2. Symposium Korrosionsschutz

(Gemeinschaftsveranstaltung mit der SLV Hannover)
(Info: www.slv-halle.de)

Weitere Termine finden Sie unter: www.oegs.org

Höchstleistungsrechnung für die Schweißsimulation mit DynaWeld und den parallelisierten LS-DYNA Solvern

- Tobias Loose (Autor), Ingenieurbüro Tobias Loose, Wössingen, Deutschland
- Martin Bernreuther; Bärbel Große-Wöhrmann; Jörg Hertzner (Koautoren), Universität Stuttgart (Höchstleistungsrechenzentrum), Stuttgart
- Uli Göhner, DYNAMore Gesellschaft für FEM Ingenieurleistungen mbh, Stuttgart

Die Schweißsimulation gewinnt zunehmend Interesse in der Industrie. Insbesondere die Vorausberechnung des Schweißverzuges und die Bestimmung möglicher Maßnahmen zur Verminderung desselben stehen im Vordergrund. In der industriellen Anwendung spielen große Baugruppen oder dickwandige mehrlagige Bauteile dabei eine vorherrschende Rolle. Ebendiese Aufgaben stellen die Schweißverzugsimulation vor die Herausforderung, große numerische Probleme lösen zu müssen.

Im folgenden Aufsatz soll aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten die Höchstleistungsberechnung bietet, um die Berechnung von Schweißaufgaben zu bewältigen und zu beschleunigen. Außerdem wird vorgestellt, daß kleinen und mittleren Unternehmen mit der Möglichkeit, Rechenleistung auf Anforderung von Höchstleistungsrechenzentren zu beziehen und die Modellerstellung an erfahrene Ingenieurdienstleister zu vergeben, mittlerweile die Technologie der Schweißsimulation offen steht, ohne große Investitionen tätigen zu müssen.

1 Einleitung

Im Rahmen des PRACE SHAPE Projektes „HPC Welding“ [1] verwendete das Ingenieurbüro Tobias Loose die parallelisierten LS-DYNA Solver, um Schweißstruktursimulationen auf der Cray XC40 „Hazel Hen“ am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) durchzuführen.

Eine Reihe von Beispielmodellen aus der industriellen Anwendung wurden mit DynaWeld, einem Preprozessor für Schweißsimulation und Wärmebehandlungssimulation, aufgesetzt und auf einer unterschiedlichen Anzahl von Rechenkernen (Cores) berechnet. Der explizite mechanische LS-DYNA Solver wurde auf bis zu 4080 Cores mit deutlichem Skalierungsverhalten ausgetestet. Soweit uns bekannt, ist es das erste Mal, daß eine Schweißstruktursimulation mit dem expliziten LS-DYNA Solver auf 4080 Cores berechnet wurde.

Die praktische Anwendung der Schweißstruktursimulation liegt in der Vorhersage des Schweißverzuges. Ziel der Simu-

lation ist dabei, schon in der Entwurfsphase den Schweißverzug abzuschätzen. Somit kann dieser bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Weiterhin können mit Hilfe der Simulation sowohl in der Entwurfsphase als auch in der Fertigungsphase Maßnahmen zur Verzugskompensation entwickelt und ausgelegt werden.

2 Schweißstruktursimulation

Die Schweißstruktursimulation ist eine hochkomplexe Finite Element (FE) Anwendung [2]. Sie erfordert eine feine Netzdiskretisierung im Schweißnahtbereich, sodass in Verbindung mit großen Bauteilen und langen Schweißzeiten lange Berechnungszeiten erforderlich werden.

Höchstleistungsrechnung (HPC = High Performance Computing) in Verbindung mit parallelisierter Berechnung (MPP = massively parallel processors) kann diesem Nachteil abhelfen. Es ist bekannt, dass der Finite Element Code LS-DYNA bei Crash- und Umformanwendungen mit dem expliziten Lösungsalgorithmus eine gute Performance auf Höchstleistungsrechnern liefert. Nach Kenntnis der Autoren wurde bislang ein Performance-Test für Schweißsimulationen mit LS-DYNA noch nicht durchgeführt. Dieses Projekt analysierte die Machbarkeit von Schweißstruktursimulationen mit den parallelisierten LS-DYNA Solvern und deren Performance.

Im Projekt wurde eine Cray-spezifische LS-DYNA Version mpp double precision (I8R8) verwendet. Die verwendete Version, Revision 103287, wurde von Cray unter Verwendung des Intel Fortran Compiler 13.1 mit SSE2 Freigabe kompiliert. Der Extreme Scalability Mode (ESM) wurde verwendet.

Zusätzlich wurde der kommerzielle Preprozessor DynaWeld [3,4] verwendet, um die Schweißsimulationsmodelle für den Solver zu erstellen.

3 Schweißaufgaben

Die Schweißtechnik umfasst einen großen Bereich unterschiedlicher Schweißnahttypen, Schweißprozesse, Spann- und Zusammenbaukonzepte sowie Bauteilabmessungen und Bauteildimensionen wie beispielsweise: Lichtbogenschweißen, Laserschweißen, langsame Prozesse, Hochgeschwindigkeitsprozesse, dünne Bleche, dicke Platten, einlagige Nähte, mehrlagige Nähte, ungespannte Baugruppen, voll eingespannte Baugruppen, Vorspannung und Vorverformung. Dies soll verdeutlichen, dass es nicht nur eine

Schweißstruktursimulation gibt, sondern dass eine große Anzahl an Modellierungstechniken notwendig ist, um alle Varianten des Schweißens abzudecken. Folglich kann Schweißsimulation für das Höchstleistungsrechnen nicht als Generalfall mit einem Einzelmodell untersucht werden. Es müssen vielmehr verschiedene Modellierungsmethoden jeweils einzeln betrachtet werden.

In diesem Projekt wurden diverse repräsentative Modellierungsvarianten der Schweißstruktursimulation mit dem Ziel berücksichtigt, einen möglichst großen Anwendungsbereich abzudecken. Bild 1 zum Beispiel zeigt das Modell eines schutzgasgeschweißten gekrümmten Trägers. Dieses Modell steht für ein komplexes Industriebeispiel mit großen Abmessungen und vielen Schweißnähten.

Eine mit einem Hochgeschwindigkeitslaser ohne Zusatzwerkstoff geschweißte Folie aus der Stahlsorte 1.4301 wurde im Projekt als Testbeispiel für die explizite Analyse gewählt (Bild 2). Dieses Beispiel wurde mit 200 000 Schalenelementen (EDB) und einer Million (MDB) Schalenelementen vernetzt.

4 Projektergebnisse

Die Testbeispiele mit expliziter Analyse zeigten folgende Ergebnisse: Das Skalierungsverhalten in doppelt-logarithmisch aufgetragener Skala ist bis zu 4080 Cores linear mit nahezu konstanter Steigung (Bild 3).

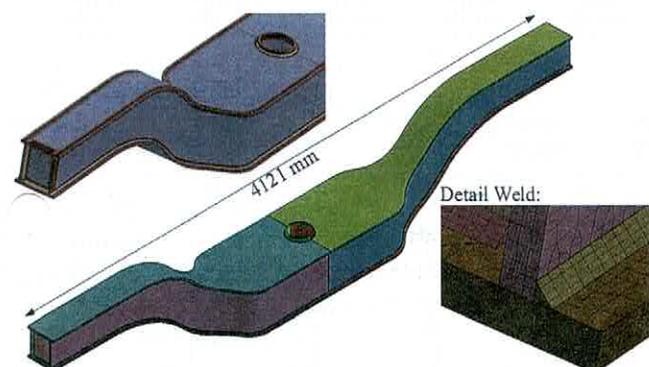


Bild 1: Modell eines lichtbogengeschweißten gebogenen Trägers

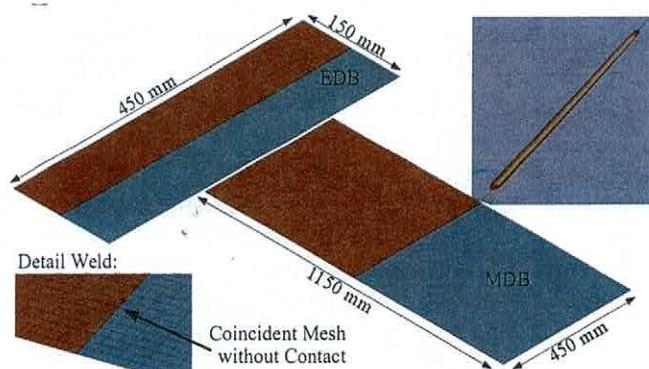


Bild 2: Modell einer hochgeschwindigkeitslasergeschweißten dünnen Folie

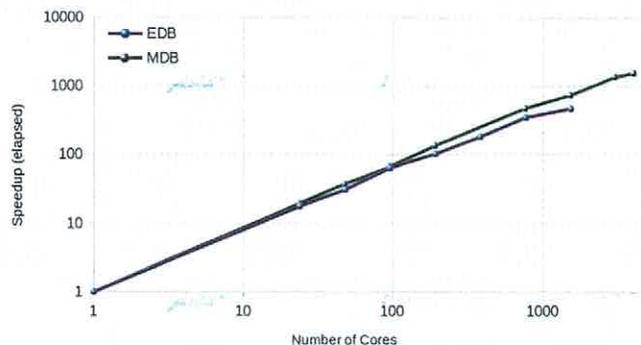


Bild 3: Berechnungsbeschleunigung der Gesamtzeit bei expliziter Analyse

Oberhalb 96 Cores weist das Modell MDB mit 1 Million Elementen eine bessere Skalierung auf als das Modell EDB mit 200 000 Elementen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Anzahl Elemente je Core Domain bei MDB größer ist. Betrachtet man die Parallelisierungseffizienz (das Verhältnis aus Berechnungsbeschleunigung und Anzahl Cores), erreicht das größere Modell einen Wert von 0,45 bei 768 Cores und einen Wert von 0,4 bei 4080 Cores.

Ein grundsätzliches Ergebnis des Projektes sind Empfehlungen zur Wahl der Anzahl Cores, um optimale Performance zu erreichen, und die daraus zu erwartende Berechnungsbeschleunigung. Die optimale Anzahl Cores und die zugehörige Berechnungsbeschleunigung hängen von der Modellierungsart ab. Der grundsätzliche Nutzen, den die Höchstleistungsrechnung der Schweißsimulation bieten kann, ist durch dieses SHAPE Projekt [1] wesentlich besser bekannt und ermöglicht eine genauere Kalkulationsbasis für Dienstleistungsprojekte. Das Projekt bereitet eine grundlegende Basis für die weitere Forschung und Entwicklung von Schweißsimulationen mit Höchstleistungsrechnung.

5 Zusammenfassung

Kleine und mittlere Unternehmen können mittlerweile von den modernen Methoden der Schweißsimulation auch komplexer und großer Schweißbaugruppen profitieren, ohne selbst kostenintensive Rechenanlagen investieren zu müssen. Die erfolgreiche Nutzung von Höchstleistungsrechentechnologie für die Berechnung von Schweißverzügen konnte mit dem vorgestellten Projekt aufgezeigt werden. Mit der Möglichkeit, Rechenleistung zu kaufen und für die Erstellung von Schweißsimulationsmodellen auf erfahrene Ingenieurdienstleister zurückzugreifen, steht diese Technologie heutzutage jedem Schweißbetrieb zur Verfügung.

6 Danksagung

Diese Arbeit wurde finanziell unterstützt vom PRACE Projekt, teilweise finanziert vom EU Rahmenprogramm Horizont 2020 Forschung und Innovation (2014-2020) unter der Finanzhilfvereinbarung 653838. ■

7 Schrifttum

- [1] Loose, T. ; Bernreuther, M. ; Große-Wöhrmann, B. ; Göhner, U.: SHAPE Project Ingenieurbüro Tobias Loose: HPCWelding: Parallelized Welding Analysis with LS-DYNA, SHAPE White Paper, 2016, <http://www.prace-ri.eu/IMG/pdf/WP220.pdf>
- [2] Loose, T.: Einfluß des transienten Schweißvorganges auf Verzug, Eigenspannungen und Stabilitätsverhalten axial gedrückter Kreiszyinderschalen aus Stahl, Dissertation, Universität Karlsruhe, 2007
- [3] Loose, T. ; Mokrov, O. ; Reisgen, U.: SimWeld and DynaWeld - Software tools to set up simulation models for the analysis of welded structures with LS-DYNA. In: Welding and Cutting 15, pp. 168 - 172, 2016
- [4] <https://www.dynaweld.eu> ; <https://www.tl-ing.eu>

Die Autoren/Koautoren

Dr.-Ing. Tobias Loose ist Bauingenieur und internationaler Schweißfachingenieur. Nach seiner Promotion über Schweißsimulation und Beulanalyse an der Universität Karlsruhe (TH) gründete er 2007 sein eigenes Unternehmen, das erste Ingenieurbüro für Schweißsimulation und Wärmebehandlungssimulation in Deutschland. Loose entwickelt spezielle Methoden für diese Anwendungen der Fertigungssimulation. Er begann 2015 mit der Programmierung von DynaWeld, einem Präprozessor mit dem Schwerpunkt auf die industrielle Anwendung bei der Erstellung von LS-DYNA Simulationsmodellen für Schweißen und Wärmebehandlung.



Dr.-Ing. Martin Bernreuther ist am HLRS (Hochleistungsrechenzentrum Stuttgart) als wissenschaftlicher Angestellter im Bereich „Parallel Computing, Training & Application Services“ beschäftigt.



Bärbel Große-Wöhrmann ist Diplom-Physikerin und arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin am HLRS im Bereich Numerische Strömungsmechanik. Aktuell ist sie für das Projekt bwHPC-C5 (Hochleistungsrechnen in Baden-Württemberg) tätig.



Dr.-Ing. Jörg Hertzner ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am HLRS. Im Rahmen von PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) betreut er Anwender der Höchstleistungsrechner und unterstützt die Durchführung von Kursen dazu.

Prof. Dr. Uli Göhner ist Professor für Informatik an der Hochschule Kempten. Er leitet dort den Bereich „Simulation Technology“ und beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit Algorithmen für parallele Rechnerarchitekturen. Im Jahr 2001 war er einer der Gründer der DYNAMore GmbH und ist dort bis heute in verschiedenen Funktionen im Bereich High Performance Computing mit der Simulationssoftware LS-DYNA tätig.



Berichte DVS Band 327

DVS Congress 2016 inkl. USB-Card

DVS-Media GmbH, 460 Seiten, 721 Bilder und Abbildungen; 77 Tabellen
Erscheinungsdatum: September 2016

ISBN 978-3-945023-74-7; EUR 126,50

Schwerpunktt Themen Große Schweißtechnische Tagung: Füge-
technische Anwendungen / Moderne Lichtbogenschweißverfahren / Additive Fertigung / Industrie 4.0 / Qualitätssicherung/Qualifizierung / Qualitätssicherung/Verfahren und Regelwerk / Schiffbau / Stahlbau – DIN EN 1090 / Stahlbau – Festigkeit / Stahlbau – Verfahren / Stahlbau – Werkstoffe / Korrosions- und Verschleißschutz / Grund- und Zusatzwerkstoffe / Neue Verfahren/Verfahrensentwicklungen / Arbeitsschutz / Energieerzeugung / Forschung und Entwicklung / Fahrzeugbau – Widerstandspunktschweißen / Fahrzeugbau – Strahlschweißen / Fahrzeugbau – Mischbau / Fahrzeugbau – Verfahren

DVS-Studentenkongress: Mischverbindungen im automobilen Leichtbau / Simulationsmodelle in der Lasertechnik / Werkstofftechnische Herausforderungen und Prüfverfahren

Bestellungen erbeten an: Österreichische Gesellschaft für Schweißtechnik • Tel. & Fax 01/798 21 68 • Mail: office@oegs.org