

Drigard & Castro

Abogados

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO

Radicación : 00051910 00000006

Folios: 22

As. 82.763

Fecha (AND): 2005-12-14 16:47:52

Trámite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 444 REPUESTA

Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

Apartado 3692

Cra. 7 16-56

Bogotá - Colombia S.A.

Tel. Conm. 3802200

Tel./Fax: (57.1) 2827976

(57.1) 3802700

E.Mail:bricas@brigardycastro.com.co

Señora

JEFE DE DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

E.

S.

D.

Respuesta a Oficio No. 8388 del 15 de septiembre de 2005

REF: Expediente No. 00 051 910 – solicitud de patente de invención
a favor de COLGATE-PALMOLIVE COMPANY.

JUAN PABLO CADENA SARMIENTO, portador de la tarjeta profesional No. 57.492 del C.S.J., obrando como apoderado sustituto de la sociedad COLGATE-PALMOLIVE COMPANY, domiciliada en New York, New York, Estados Unidos de América, según lo acredita el documento de poder presentado en esa División, me permito dar respuesta a las observaciones de carácter técnico y jurídico, relacionadas con la patentabilidad, para la concesión de la patente de acuerdo con la Decisión 486 según el concepto técnico No. 1349 notificado por fijación en lista de fecha 15 de septiembre de 2005.

Atendiendo las observaciones del señor Examinador, en relación con el artículo 46 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, me permito anexar al presente escrito los siguientes documentos:

1) LASERSCHWEISSPROZESS

PLASTVERARBEITER, DE, ZECHNER UND HUETHING
VERLAG GMBH. SPEYER/RHEIN.

vol. 49, no. 5. 1 May 1998 (1998-05-01)

pages: 80-82, XP000765967

ISSN:0032-1338, the whole document

Drigard & Castro
Abogados

Apartado 3692

Cra. 7 16-56
Bogotá - Colombia S.A.

Tel. Conm. 3802200
Tel./Fax: (57.1) 2827976
(57.1) 3802700

E.Mail:bricas@brigardycastro.com.co

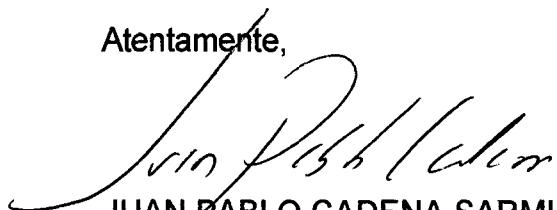
Expediente No. 00 051 910 Cont.

2) Referencias citadas en el Reporte de Búsqueda de la Oficina Europea de Patentes.

Con lo anterior hemos dado total cumplimiento a los requerimientos del señor examinador, consideramos por lo tanto que la solicitud se encuentra en condiciones de ser permitida.

De la Señora Jefe,

Atentamente,



JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

T.P. No. 57.492 del C.SJ.

C.C. 80.410.337 de Usaquén

Carrera 7 No. 16-56 piso 9

Diciembre 12, 2005

MEV/yg

Anexo

Laserschweißprozeß besser verstehen

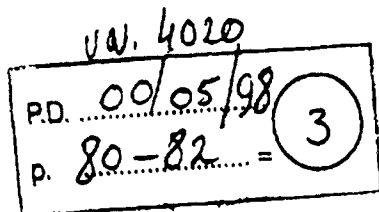
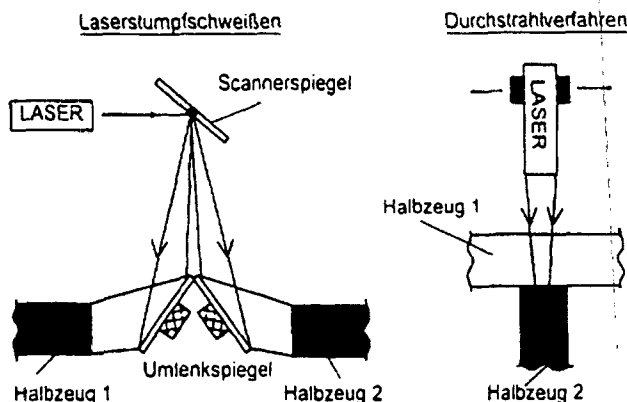


Bild 1 Verfahrensvarianten beim Laserstrahlschweißen von Kunststoffen



FÜGEN ▼ Erfolgreiche Versuche, Bauteile oder Halbzeuge aus thermoplastischen Kunststoffen mit Laserstrahlung zu fügen, fanden aufgrund der im Vergleich zu herkömmlichen Fügeverfahren hohen Investitionskosten zunächst nur geringe industrielle Umsetzung. Durch die fortschreitende Entwicklung auf dem Gebiet der Diodenlaser stehen nun kostengünstige Strahlquellen mit ausreichender Lichtleistung und sehr guter Verfügbarkeit zur Verfügung, die einen wirtschaftlichen Einsatz des Laserstrahlschweißverfahrens ermöglichen [1]. Klein aus dem IKV, Aachen, berichtet über den neuesten Stand der praxisnahen Forschung.

Neben der grundsätzlichen Weiterentwicklung des Verfahrens ist ein vertieftes Prozeßverständnis für die erfolgreiche breite Anwendung des Laserstrahlschweißens bei Kunststoffen von großem Interesse, da vor dem Hintergrund steigender Qualitätsanforderungen und hoher Automatisierungsgrade ein hohes Maß an Prozeßsicherheit in der industriellen Serienanfertigung gefordert ist.

Für das Laserstrahlschweißen von Kunststoffformteilen können zwei Verfahrensvarianten unterschieden werden. Beim Laserstumpfschweißen werden beide Fügepartner mit dem Laserstrahl direkt bestrahlt, beide Fügeebenen schmelzen an der Oberfläche auf und werden in einer zweiten Prozeßphase unter Druck gefügt. Bei der zweiten Verfahrensvariante ist einer der beiden Fügepartner für das Laserlicht weitgehend transparent und wird vom Laserstrahl durchstrahlt (Laser-Durchstrahlverfahren), siehe Bild 1.

Verfahrensvarianten des Laserstrahlschweißens

Beim Stumpfschweißen werden das direkte und indirekte Konzept unter-

schieden. Das indirekte Konzept ähnelt im Verfahrensablauf dem Heizelementschweißen und gliedert sich in die zeitlich aufeinanderfolgenden Phasen Erwärmen, Umstellen und Fügen [2, 3]. Es sind eine dem Heizelementschweißen vergleichbare Umstellvorrichtung sowie ein aufwendig zu justierendes Spiegelsystem aus Scannerspiegel und Umlenkspiegeln erforderlich.

Das direkte Konzept beruht auf einem in seinen Absorptionseigenschaften speziell auf diesen Anwendungsfall „eingestellten“ Kunststoff. Dieser ist gerade mit so viel laserabsorbierendem Pigment versetzt, daß die Eindringtiefe der Laserstrahlung im Bereich der Materialdicke liegt. Bei diesem Verfahren liegen die Fügeebenen während des Schweißens stumpf aufeinander und das Laserlicht durchstrahlt senkrecht zur Fügeebene beide Bauteile gleichzeitig.

Während beim Durchstrahlschweißen meist ein Fügepartner für die Laserstrahlung annähernd transparent ist und durchstrahlt wird, wird das andere zu fügende Bauteil durch gezielte Pigmentierung hinsichtlich seines Absorptionsverhaltens so eingestellt, daß die Laserstrahlung vollständig absorbiert

Ziele des Laserschweißkonzeptes am IKV

- ▷ Prozeßverständnis und damit: Sicherheit für den Anwender des Verfahrens
- ▷ Systematische Klärung der Wechselwirkung und Einflüsse beim Laserstrahlschweißen
- ▷ Analyse des Laserstrahlverfahrens für die Mikrotechnik

wird. Der Laserstrahl ist hierbei idealerweise senkrecht auf die Fügeebene oder bei dünnen Fügeteilen parallel zur stumpf stoßenden Fügeebene gerichtet.

Pigmente und Versuchswerkstoffe

Pigmente und Füllstoffe, die in den Kunststoff eingearbeitet werden, beeinflussen entscheidend die optischen Eigenschaften und somit auch die Schweißbeignung von Kunststoffen im Laserstrahlverfahren.

Da nicht eingefärbte Kunststoffe für die genannten Laserschweißverfahren keine ausreichende Absorption der Laserstrahlung aufweisen, muß der verwendete Kunststoff mit einem IR-absorbierenden Pigment versetzt werden. Für das Laserstrahlschweißen von Kunststoffen wird bisher Ruß als Farbpigment zur Absorptionserhöhung eingesetzt, das nach Titandioxid als das am häufigsten verwendete Farbmittel bei der Kunststoffeinfärbung verwendet wird. Dies wird als Schwarz oder Graupigment sowie zur UV-Stabilisierung eingesetzt. Außerdem können nicht nur rußeingefärbte mit transparenten Kunststoffen, sondern auch, wie am IKV exemplarisch realisiert, zwei für das menschliche Auge annähernd transparente Thermoplaste gefügt werden.

Neues Schweißkonzept

Bisher wurden meist für das Durchstrahlschweißen die Fügepartner durch Spannvorrichtungen mit undefinierter

Fügekraft aufeinander fixiert und mittels Laserstrahl gefügt /4/. Am IKV ist ein Versuchswerkzeug aufgebaut, mit dem rotationssymmetrische Proben unter definierter Fügekraft geschweißt werden können. Durch die Gestalt der Proben kann neben dem Einfluß von Maschineneinstellungen auf die Schweißnahtfestigkeit auch Schweißnahtdichtigkeit beim Laserstrahlschweißen untersucht werden. Während des Fügevorganges werden die Prozeßparameter, wie Fügeweg und Fügekraft als zeitliche Verläufe aufgezeichnet. Eine Prozeßanalyse des Laserstrahlschweißens unterschiedlicher thermoplastischer Materialien soll zeigen, ob diese Verläufe, ähnlich wie bisher bei anderen Serienschweißverfahren in der Kunststoffverarbeitung, für eine On-line-Vorhersage der Schweißnahteigenschaften genutzt werden können.

Bisher wurden Schweißuntersuchungen am IKV an Proben aus ABS, PMMA, Polycarbonat, Polypropylen sowie Polyamid durchgeführt, wobei die Maschineneinstellungen meist nach statistischen Versuchsplänen variiert wurden. Einige Ergebnisse der in Kurzzeitzugversuchen ermittelten Reißkräfte sind in Bild 2 dargestellt.

Ein weiteres Ziel der Untersuchungen am IKV ist es, die Einflüsse der Art und Menge der verwendeten Füllstoffe auf die Schweißnahtqualität zu erkennen /5/. Dazu wurden u.a. Kunststoffe mit Rußpigmenten unterschiedlicher Primärpartikelgröße versehen /5/. Dabei konnte festgestellt werden, daß bei gleichen Rußgehalten die mittleren

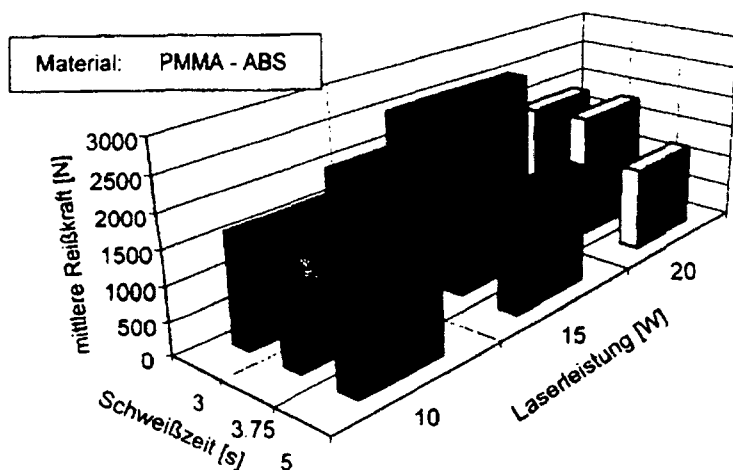
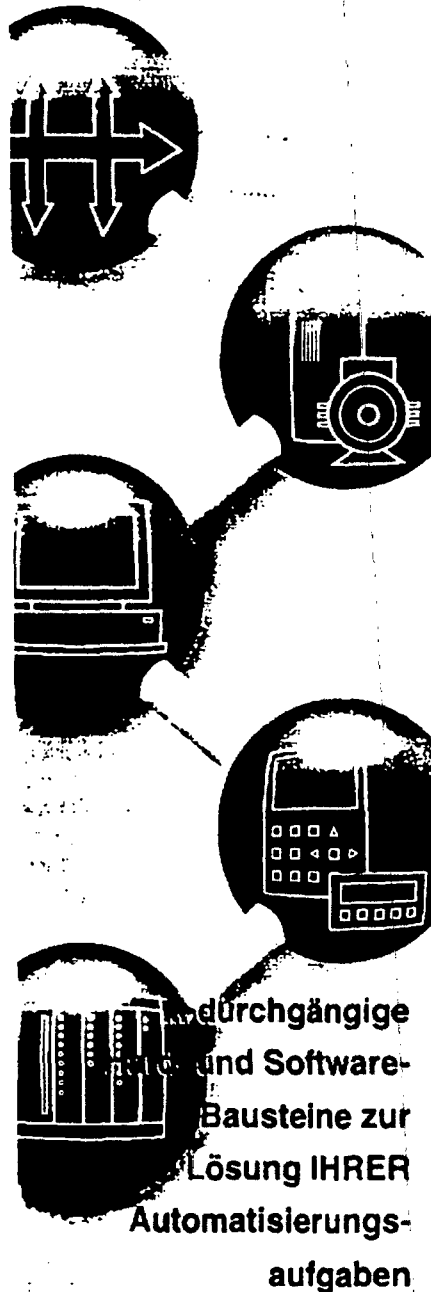


Bild 2 Reißkräfte laserstrahlgeschweißter Proben bei unterschiedlichen Einstellparametern



Integrale Automation



B&R Industrie-Elektronik GMBH
Norsk-Data-Str.3 61352 Bad Homburg

Telefon: 06172 / 4019-0
Fax: 06172 / 457790
E-mail: office.hq@br-automation.de
Internet: http://www.br-automation.de

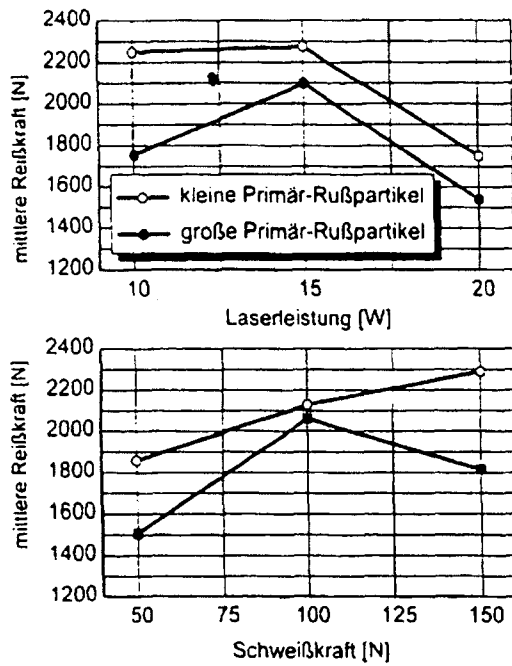


Bild 3 Reißkräfte laserstrahlgeschweißter Proben (ABS - PMMA)

Reißkräfte bei kleinerer Primärpartikelgröße um bis zu 28 % bei unterschiedlichen Laserleistungen höher liegen als bei größeren Primärpartikeln (Bild 3). Außerdem stiegen bei beiden untersuchten Rußsystemen, wie erwartet, mit steigenden Fügekräften auch die mittleren Reißkräfte an. Für die mit groben Rußpartikeln eingefärbten Proben, konnte bei Fügekräften über 100 N, durch zunehmende molekulare Orientierung in der Fügezone, wieder eine Festigkeitsabnahme festgestellt werden.

Anwendungsmöglichkeiten

Neben dem Schweißen von kleinen Bauteilen, Bauteilen mit dreidimensional gekrümmten Fügeflächen sowie „neuen“ Werkstoffkombinationen, wie etwa Hart-Weich-Verbindungen, werden Anwendungsmöglichkeiten des Laserstrahlschweißens vor allem als Fügeverfahren für die Mikrosystemtechnik gesehen. Mikrosysteme bestehen aus einzelnen Komponenten und Subsystemen, die getrennt hergestellt werden. Durch die Integration von optischen, elektronischen und mechanischen Einzelkomponenten müssen aufgrund der hohen Integrationsdichte bei geringem Energieeintrag lokal scharf begrenzte Fügenähte erzeugt werden.

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge beim Schweißen von Kunststoffen kann auch in der Mikrotechnik nur durch eine systematische Prozeßanalyse die Korrelation von Prozeß-, Struktur- und Werkstoffeigenschaften und damit der Schweißnahteigenschaften hergeleitet werden. Die aus dem Makrobereich bekannt, Veränderung der Morphologie teilkristalliner Thermoplaste durch Rekristallisations- und Erstarrungsvorgänge während des Schweißprozesses kann im Mikrobereich aufgrund der dort vorliegenden Dimensionen einen noch stärkeren Einfluß auf die Schweißnahteigenschaften haben. Eine Anlage zum Schweißen von Kunststoffen für die Mikrotechnik ist am IKV aufgebaut worden. Das Anlagenkonzept sieht dabei vor, daß zunächst ebene Fügegeometrien realisiert werden. Durch Schweißuntersuchungen an Probekörpern, wie z.B. miniaturisierten Zugstäben, sollen Prozeßparameter (z. B. Fügewege, Fugekraft, Temperaturen) aufgezeichnet und mit den erzielbaren morphologischen und mechanischen Schweißnahteigenschaften korreliert werden. Besonderes Augenmerk wurde bei der Konzeption der Anlage auf das Fügewerkzeug gelegt. Das Konzept für das Fügewerkzeug sieht vor, daß zunächst Fugekräfte im Bereich von 0,1 bis 10 N über ein Fe-

dersystem manuell eingestellt werden können. Die Positioniergenauigkeiten während des Fügevorganges wurden durch die Verwendung von Standardkomponenten auf etwa einen Mikrometer begrenzt. Durch den modularen Aufbau ist eine Anpassung des Fügewerkzeuges auf andere Bauteilgeometrien problemlos möglich. Falls erforderlich kann zu einem späteren Zeitpunkt ebenso eine Steuerung der Prozeßgrößen, wie etwa des Fügeweges, über entsprechende elektromechanische Stellglieder erfolgen.

Dank

Wir danken den Firmen Röhm, BASF, Ticona, GE-Plastics und Cabot für die Bereitstellung von Versuchsmaterialien, der Firma Laserline für die Unterstützung. Die Untersuchungen zum Mikro-Laserstrahlschweißen werden durch die Deutsche Forschungsgesellschaft finanziell gefördert.

Prof. Dr.-Ing. W. Michaeli ist der Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen und Leiter des Institutes für Kunststoffverarbeitung (IKV).

Prof. Dr.-Ing. E. Haberstroh ist seit 1995 Inhaber des Lehr- und Forschungsgebietes für Kautschuktechnologie am Institut für Kunststoffverarbeitung.

Dipl.-Ing. H. Klein ist seit 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKV und befaßt sich in der Abteilung Formteilauslegung/Konstruktion und Werkstoffkunde mit der Kunststoffschweißtechnik.

- /1/ Trotter, I.: Licht aus der Faser, *Plastverarbeiter* 49 (1998) 2, S. 88
- /2/ Potente H., Korte J., Zelleröhr M.: Entwicklung eines Laserschweißverfahrens zum Fügen von Thermoplasten bei geregelter Oberflächentemperatur. Abschlußbericht zum DFG-Forschungsvorhaben, Nr. Po 171/37-1, Universität-GH Paderborn, 1995
- /3/ Korte J.: Laserschweißen von Thermoplasten. Dissertation an der Uni - GH - Paderborn, 1998
- /4/ Poprawe M. A., Treusch H.G., Putz H.: Präzisionsbearbeitung mit Festkörperlaser. Fügen. Teilvorhaben. Physikalische und verfahrenstechnische Grundlagen für eine temperaturgeregelte Prozeßführung beim Hartlöten und Schweißen mit Laserstrahlung, Abschlußbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben Nr. 13 N 6046, Aachen, 1996
- /5/ Hinz O.: Einfluß der Pigmentierung beim Laserstrahlschweißen von Kunststoffen unveröffentlicht. Diplomarbeit IKV, RWTH, Aachen, erscheint demnächst
- /6/ N.N.: Ruße für Spezialanwendungen. Fachschrift der Cabot Corporation, Billerica

Dem Laserstrahl-Schweißverfahren sind hinsichtlich Schweißnahtgeometrie und Dimension des Bauteils keine Grenzen gesetzt. Seine hohe Flexibilität, lokal begrenzte Energieeinbringung und hohe Schweißgeschwindigkeit sowie die Möglichkeit, an schwer zugänglichen Stellen zu schweißen erschließen neue Perspektiven für die industrielle Fertigung.



Laserstrahlgeschweißtes Schlüsselgehäuse mit integrierten elektronischen Bauteilen, die beim Schweißen nicht zerstört werden

P.D. 00/10/97

p.LS 22 - LS 24 - 3

Dirk Hänsch, Heidrun Pütz,
Hans-Georg Treusch,
Aachen

Laser statt Kleber

Kunststoffschweißen mit Diodenlasern

XP-000736349

The laser as a replacement for adhesives. Welding of plastics with diode lasers.

Laser beam welding technology shows no limits in terms of welded seam geometry and component size. Its exceptional flexibility, locally confined energy application, high welding speed and capability of use in problematical situations combine to open up new prospects for industrial manufacturing applications.

Diodenlaser haben ihre Zuverlässigkeit in der Unterhaltungselektronik und in der Nachrichtentechnik bereits unter Beweis gestellt. Nun erschließen diese kompakten Lasersysteme durch ihre kostengünstige Verfügbarkeit zunehmend Anwendungen in der Materialbearbeitung, wie beispielsweise das Schweißen von Kunststoffen. Die Laserstrahlquelle „Dioweld“ zeichnet sich durch ihre kompakte Bauform und ihren modularen Aufbau aus. Das Komplettsystem, bestehend aus einem Versorgungsteil und einem Diodenlasermodul, findet in einem 19"-Einschubplatz. Die Laserstrahlung wird über einen Lichtwellenleiter zur Bearbeitungsoptik geführt (Bild 1).

Der Wirkungsgrad von Hochleistungsdiodenlasern liegt bei etwa 40 % [1] und oberhalb des Wirkungsgrades von Festkörperlaser. Mit einer Lebensdauer von ca. 10 000 Stunden sind Hochleistungsdiodenlaser äußerst zuverlässig. Der modulare Aufbau der Schweißanlage mit den entsprechen-

den Schnittteilen ermöglicht eine einfache und schnelle Wartung. Der Laser läßt sich gut in Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse integrieren. Die Laserstrahlquelle Dioweld verfügt in der einfachen Version über eine Leistung von 40 W. In Abhängigkeit vom Material erzielt man Schweißgeschwindigkeiten von bis zu 10 m/min. Durch die Kombination mehrerer Strahlquellen kann die Leistung und damit die Schweißgeschwindigkeit erhöht werden.

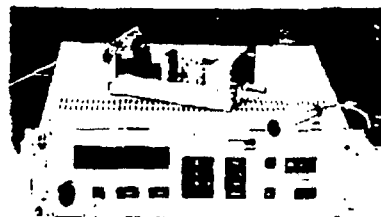


Bild 1: Laserstrahlquelle Dioweld 40 mit Diodenmodul und Bearbeitungsoptik

stoffe steigt die Oberflächentemperatur schnell an, wobei die Gefahr einer thermischen Materialschädigung besteht. In der Kunststoffschweißtechnik eignet sich der CO₂-Laser daher in erster Linie zum Schweißen von Folien, da hier eine Absorption der auftretenden Strahlung in geringen Materialtiefen erwünscht ist.

Schweißen mit Nd:YAG-Laser

Die vom Nd:YAG-Laser emittierte Strahlung ist zum Schweißen von un-

entwickelten Laserschweißverfahren genutzt:

- Das Laserstumpfschweißen, das dem kontaktlosen Heizelementschweißen vom Verfahrensablauf her gleich ist und
- das Durchstrahlverfahren, bei dem Halbzeuge mit unterschiedlichen strahlungsoptischen Eigenschaften geschweißt werden.

Beide Schweißverfahren setzen gezielt die Strahlung des Nd:YAG-Festkörperlaser ein, der neben den allgemeinen Vorteilen der Lasertechnologie in der Schweißtechnik, wie hohe Fle-

dringt, kann die Bedingung an die Halbzeuge durch unterschiedliche Pigmentierung des Materials erfüllt werden. Ein für das menschliche Auge farbiger Kunststoff kann für die Strahlung des Nd:YAG-Lasers durchaus transparent sein. Aufgrund dieser Materialkombination transmittiert der Laserstrahl fast ungehindert durch das erste Halbzeug hindurch und wird in oberflächennahen Schichten des zweiten Halbzeugs (hohe Absorptionskonstante) vollständig absorbiert (Bild 2). Die dadurch entstehende Wärme wird durch Wärmeleitung sowohl in tiefere Schichten des absorbierenden Halbzeugs als auch in das für den Laserstrahl transparente Halbzeug transportiert. Durch die Absorption kommt es zu einer Temperaturerhöhung in der Fugezone. Die entstehende Schmelze verbessert den Wärmekontakt zwischen den Fugepartnern und bewirkt durch Volumenausdehnung einen inneren Fugedruck, sofern der Kontakt der Fuge Teile zu Beginn des Schweißvorganges drucklos vorlag [4]. Wie beim Schweißen von Folien erfolgen bei diesem Laserschweißverfahren Erwärmungs- und Fugephase zeitgleich. Eine ausgeprägte Quetschströmung wie etwa beim Heizelementschweißen findet nicht statt. Aus diesem Grunde sollte eine thermische Materialschädigung vermieden werden, da zersetztes Material nicht in einen Wulst gedrückt werden kann, sondern in der Fugeebene verbleibt.

Die Schweißnahtfestigkeit beruht beim Durchstrahlverfahren auf thermisch bedingten Platzwechselvorgängen. Erste Festigkeitsuntersuchungen zu diesem Schweißverfahren anhand der Materialien PA 66, POM, PP und PMMA ergaben Zugscherfestigkeiten, die denen von Ultraschallschweißnahten gleichen [4]. Die Schweißgeschwindigkeiten lagen bei Verwendung eines Lasers mit 30 W Ausgangsleistung zwischen 5 und 20 mm/s.

Der Einsatz dieser Technologie wurde den Aufbau der Schweißmaschinen völlig verändert. Die Laserstrahlung transmittiert durch den lasertransparenten Werkstoff, trifft auf den Werkstoff mit der hohen Absorptionskonstante und wird dort in Wärme umgewandelt. Die Schweißteile befinden sich in gespanntem Zustand mit den Fugeflächen aneinander. Mit dem fokussierten Laserstrahl werden über-

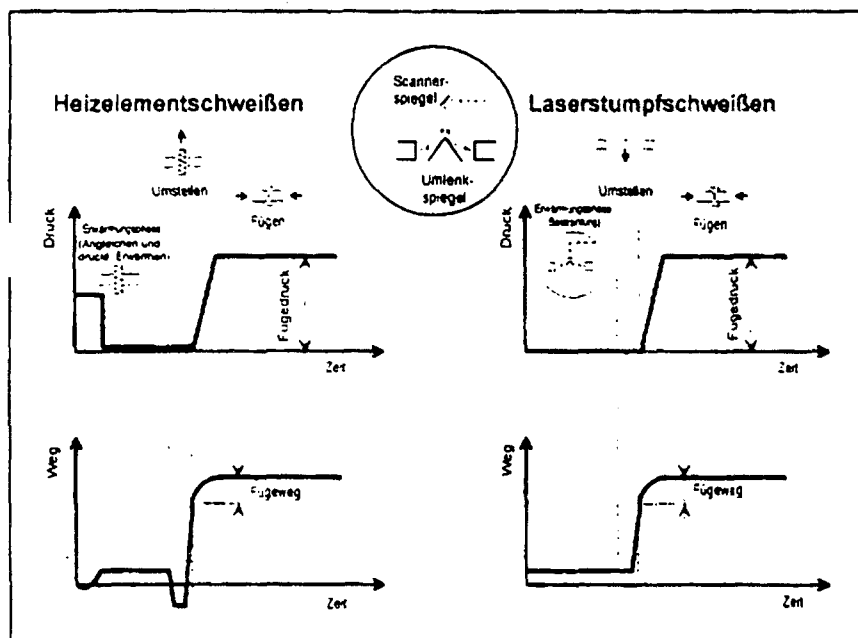


Bild 3 Druck- und Wegverlauf beim Heizelement- und Laserstumpfschweißen

pigmentierten Kunststofffolien ungeeignet, da sie fast vollständig durch die Folie transmittiert ohne das Material zu erwärmen. Die Vorzüge des Nd:YAG-Lasers liegen beim Schweißen von umbeständigen Halbzeugen. In Abhängigkeit von der Art und Konzentration der Zusatzstoffe dringt die Strahlung bis in den mm-Bereich in den Kunststoff ein und wird dort absorbiert, d.h. in Wärme umgewandelt. Durch Umgehung der trägen Wärmeleitung sind mit Hilfe dieser Strahlungsart sehr hohe Plastifizierungsgeschwindigkeiten realisierbar. Ein weiterer Vorteil der Nd:YAG-Laserstrahlung ergibt sich dadurch, daß die strahlungsoptischen Eigenschaften eines Materials durch Zugabe von Zusatzstoffen in einem sehr großen Bereich variiert werden können. Diese Vorteile der Nd:YAG-Laserstrahlung werden von den neu-

entwickelten Laserschweißverfahren genutzt. Die Möglichkeit des Einsatzes von Lichtwellenleitern bietet. Lichtwellenleiter bieten außer der räumlichen Flexibilität die Möglichkeit, die Strahlung eines Lasers im time-sharing-Prinzip nacheinander in mehreren Schweißmaschinen zu verwenden, wodurch die Investitionskosten gesenkt werden.

Durchstrahlverfahren

In Bild 1 ist das Prinzip des Durchstrahlverfahrens dargestellt. Zur Anwendung dieses Verfahrens ist es erforderlich, daß ein Halbzeug für den Laserstrahl transparent ist und das andere Halbzeugmaterial eine hohe Absorptionskonstante aufweist. Da die Nd:YAG-Laserstrahlung in die meisten Kunststoffe ohne Zusatzstoffe tief ein-

Scannerspiegel die Fugeflächen abgefahren, plastifiziert und unter Druck geschweißt. Eine Bewegung der Schweißteile zueinander, wie beim Laserstumpfschweißen, ist nicht erforderlich.

Ein sehr typisches Anwendungsbeispiel ist hier z.B. das Schweißen von Rückleuchten oder Blinkern von Kraftfahrzeugen. Wobei die Lichtscheibe aus PMMA oder PC den laserdurchlässigen Schweißpartner darstellt, das Gehäuse aus eingefärbtem ABS den Werkstoff mit hoher Absorptionskonstante.

Stumpfschweißen mit Laser

Das neu entwickelte Laserstumpfschweißverfahren ist vom Verfahrensablauf her mit dem des kontaktlosen Heizelementschweißens sowie des Heizstrahlerschweißens identisch. In Bild 3 sind die Weg- und Kraftverläufe des Laserstumpfschweißverfahrens den Verläufen des kontaktbehafteten Heizelementschweißens gegenübergestellt. Beide Verfahren lassen sich in die Prozessstufen:

- Erwärmungsphase,
- Umstellphase und
- Fugephase

unterteilen. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Verfahren liegt in der Erwärmungsphase, in der die Wärmeübertragung beim Heizelementschweißen in erster Linie durch Wärmeleitung erfolgt. Beim Laserstumpfschweißverfahren erfolgt die Erwärmung der Fugezonen kontaktlos durch einen Laserstrahl, der mit Hilfe von Scanner- und Umlenkspiegeln mit hoher Frequenz auf den Fugeflächen verfahren wird (Bild 4). Die Umlenkspiegel werden zu Beginn der Erwärmungsphase wie das Heizelement zwischen die eingespannten Fugeteile geführt. Ein Angleichen entfällt beim Laserstumpfschweißen, da bei der Strahlungserwärmung von Anfang an ein optimaler Wärmeübergang besteht. Durch die hohe Verfahrensgeschwindigkeit des Laserstrahls auf den Fugeflächen wird eine homogene Erwärmung der Fugezonen durch die punktförmige Wärmequelle des Laserstrahls sichergestellt. Der Durchmesser des Laserstrahls entspricht in erster Näherung den Wanddicken der Fugeteile. Hierdurch kann auf ein zellenförmiges Abscannen der Fugeflächen durch den Laserstrahl verzichtet werden. Nach

Erreichen der gewünschten Schmelzschichtdicke beginnt die Umstellphase.

Bei der Umstellung von Erwärmungs- auf Fugephase werden die Umlenkspiegel aus der Fugeebene herausgefahren. Ein Zurückfahren der Halbzeuge, wie es beim Heizelementschweißen zur Trennung der Fugeteile von den Heizelementoberflächen erforderlich ist, entfällt beim Laserstumpfschweißverfahren. Die Fugephase beginnt mit der gegenseitigen Berührung der Fugeflächen und ist vom Ablauf her mit der Fugephase beim Heizelementschweißen identisch.

Beim Laserstumpfschweißen wurde sich der maschinelle Aufbau der Schweißmaschine in der Form ändern, daß das üblicherweise verwendete Heizelement durch eine Einrichtung wie in Bild 4 dargestellt, ersetzt wird. Der Erwärmungsvorgang erfolgt wie

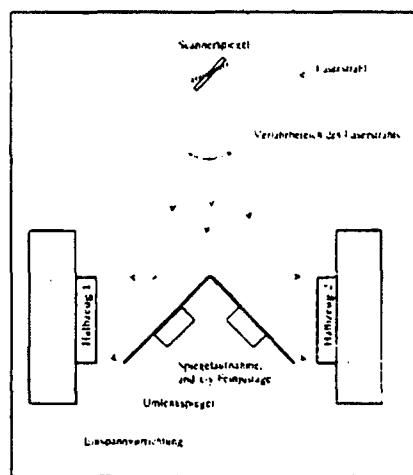


Bild 4 Schematische Darstellung der Erwärmungsphase beim Laserstumpfschweißen

eingangs beschrieben. Ein Angleichvorgang, also das Parallelschmelzen der Fugeflächen, ist natürlich nicht möglich. Hier sind höhere Anforderungen an die Aufnahmewerkzeuge sowie an die Qualität der Formteile zu stellen. Der Bewegungsablauf entspricht ansonsten dem des Heizelementstumpfschweißens. Die beiden Schweißteile müssen aus dem gleichen Werkstoff bestehen. Durch die berührungslose Erwärmung der Fugezone ist es möglich, hochtemperaturbeständige Werkstoffe zu schweißen. Laserstumpfschweißmaschinen werden sich auch in Zukunft im wesentlichen nur durch die Art der

Wärmequelle von der normalen Heizelementschweißmaschine unterscheiden.

Festigkeit der Schweißnaht

In Bild 5 sind die ersten Festigkeitsuntersuchungen zum Laserstumpfschweißen anhand des Materials HD-PE dargestellt. Die Schweißnahtfestigkeiten wurden im modifizierten Kurzzeitzugversuch [5] ermittelt. Die auf die Grundmaterialfestigkeit bezogenen Kurzzeitschweißfaktoren sind in Abhängigkeit von den Kennzahlen Schmelzschichtdicke/Wanddicke und Fugeweg/Schmelzschichtdicke aufgetragen. Während sich bei den verfahrenähnlichen Heizelement- und Heizstrahlerschweißverfahren bei den Werten $L_{sd} = 0,34$ und $s_{fL} = 0,75$ ausgeprägte Festigkeitsmaxima ergeben, ist die Nahtfestigkeit beim Laserstumpfschweißen in weiten Bereichen unabhängig von den untersuchten Parametern und liegt im Bereich der Grundmaterialfestigkeit. Dies ist bemerkenswert, da die festigkeitsbestimmende Fugephase bei den drei Verfahren gleich ist. Durch dieses parameterunabhängige Verhalten stellen fertigungsbedingte Halbzeugtoleranzen oder Schwankungen des Zusatzstoffgehaltes bereichsweise kein Problem für dieses Laserschweißverfahren dar.

Industrielle Einsatzmöglichkeiten

Die Anforderungen an Kunststoffformteile – speziell im Bereich der Automobilindustrie – gehen immer mehr in Richtung einer höheren Temperaturbeständigkeit. Eine höhere Temperaturbeständigkeit von thermoplastischen Kunststoffen ist aber gleichbedeutend mit einer höheren Verarbeitungstemperatur bei der Herstellung von Formteilen und damit auch beim Schweißen der Teile.

Komplizierte, festigkeitsmäßig anspruchsvolle Formteile bestehen häufig aus zwei oder mehreren Einzelteilen, die durch das Heizelementschweißen verbunden werden. Beim normalen Heizelementschweißen werden die Kontaktflächen der Heizelemente üblicherweise mit Antihäufbeschichtungen versehen, z.B. PTFE, um das Haften der Schmelze zu ver-

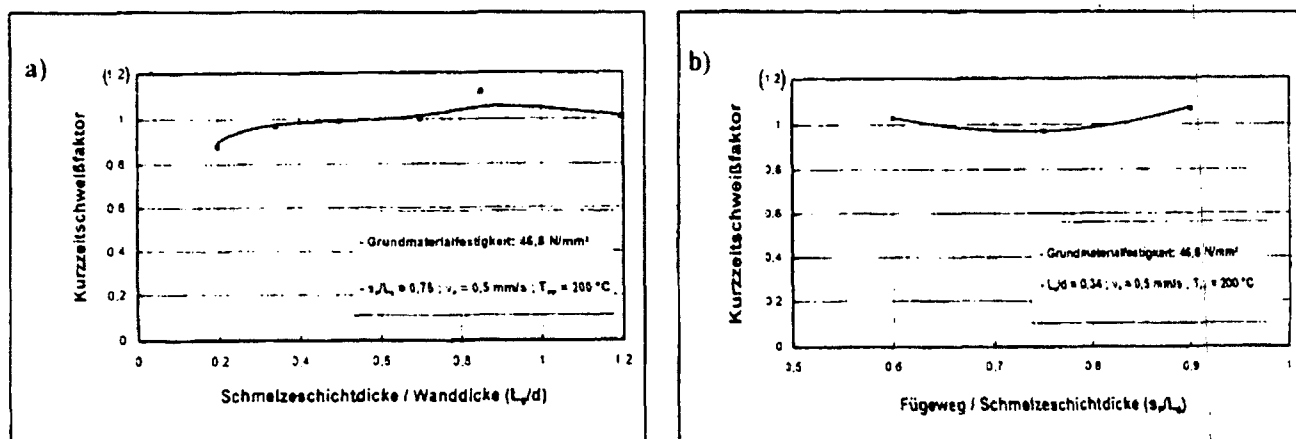


Bild 5 Einfluß der Kennzahlen Schmelzeschichtdicke/Wanddicke und Fügweg/Schmelzeschichtdicke auf den Kurzzeitschweißfaktor von HDPE A 6042 (Bilder: KTP)

hundert. Die Temperaturbeständigkeit dieser Beschichtungen im Dauerbetrieb liegt bei ca. 270 °C. Dieses reicht zum Schweißen der üblichen gängigen thermoplastischen Kunststoffe aus. Heizelemente aus Stahllegierungen für höhere Heiztemperaturen haben ein wesentlich geringeres antiadhasives Verhalten und sind zumindest zum Schweißen von niederviskosen Kunststoffen ungeeignet.

Eine Alternative stellt die Erwärmung der Fügezone durch Strahlungsheizelemente dar. Bei großen Teilen mit dreidimensionalen Fügeflächen ist es allerdings schwierig die erforderliche gleichmäßige Erwärmung sicherzustellen.

Eine weitere Verfahrensvariante des Heizelementschweißens ist das Erwärmen der Fügezone durch handelsübliche Infrarotstrahler. Die Problematik ist hier jedoch das Schweißen von Formteilen mit räumlich geformten Fügeflächen. Hier ist es sehr schwierig, die Form der Strahler der Geometrie der Teile anzupassen. Eine exakte Fokussierung von räumlichen Fügeflächen ist nicht exakt genug möglich, so daß mit Abdeckungen gearbeitet werden muß.

Hier hat das Schweißen mit Laserstrahlung seine wesentlichen Vorteile. Wie bereits erwähnt, ist es möglich, den Laserstrahl exakt zu fokussieren und somit eine klare Abgrenzung der zu plastifizierenden Flächen zu den Bereichen, die nicht erwärmt werden dürfen, zu erreichen. Die Steuerung des Laserstrahles, d.h. das Abfahren der Schweißflächen, ist über Scanner- Spiegel und Softwareprogramme nahezu unbegrenzt möglich, wobei der

Abstand von Scannerspiegel zur Schweißfläche von untergeordneter Bedeutung ist. Auf diese Weise ist das Erwärmen der Fügezone durch Laserstrahlen den anderen berührungslosen Verfahrensvarianten des Heizelementschweißens weit überlegen.

Ausblick

Das Schweißen von Kunststoffen mit Feststofflasern ist eine Technologie, die noch recht neu ist. Theoretisch bietet das Verfahren erhebliche Vorteile gegenüber den anderen bekannten Schweißverfahren mit Strahlungserwärmung. Praktische Versuche und Anwendungen müssen die reproduzierbare Einsetzbarkeit noch untermauern. Entscheidend hierbei wird sein, welche Schweißqualität erreichbar ist bei größeren Formteilen mit unebenen Fügeflächen, bei denen es vor dem Fügevorgang nicht möglich ist, eben zu schmelzen. Ein ganz entscheidender Punkt wird aber die Kostenentwicklung von Feststofflasern in der Zukunft sein. Dies umfaßt aber nicht nur den Laser, sondern auch die Kosten für die Scannerspiegel und die zu deren Steuerung erforderliche Software.

Danksagung

Die Fachgruppe Kunststofftechnologie der Universität-GH Paderborn (KTP) dankt der deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung der in diesem Bericht vorgestellten Untersuchungen. Darüber

hinaus gilt der Dank den Firmen BASF AG, Bayer AG, Vestoi GmbH, Du Pont und Hoechst AG für ihre Hilfsbereitschaft und die Überlassung von Versuchsmaterialien. Weiterhin gilt unser Dank der Firma Spectron Laser GmbH für die aktive Mitarbeit und der Firma bielomatik Leuze GmbH - Co für die Bereitstellung einer Heizelementschweißmaschine.

Plast-Fax

Die Langversion dieses Aufsatzes können Sie unter der Dokumentennummer 1658 im Plast-Fax abrufen. Vertiefende Informationen über das Schweißen von Kunststoffen mit CO₂-Laser [3] finden Sie unter den Dokumentennummern 1642 (Text) und 1651 (Bilder) ebenfalls im Plast-Fax (Tel. 06221/489-486).

Literatur

- [1] Klein, R.: Bearbeitung von Polymerwerkstoffen mit infraroter Laserstrahlung. Dissertation, RWTH Aachen (1990).
- [2] Potente, H.; Heil, M.: Hochtemperaturbeständige Kunststoffe mit Infrarotstrahlenschiweißen. Kunststoffe 82 (1992) S. 565-568.
- [3] Potente, H.; Heil, M.; Korte, J.: Schweißen von Kunststoffen mittels CO₂-Laserstrahlung. Plaste Kautschuk 16 (1995) S. 43-46. Direkt unter 05221/489-486 abrufen. Plast-Fax Dokumentennummer 1642.
- [4] Welz, M.; Pütz, H.: Schweißen von Thermoplasten mit Laserstrahlen. DVS Planung, Würzburg 1995.
- [5] Knausenberger, R.; Menges, G.; Schmachtenberg, E.: Ein schneller Weg zur Ermittlung des Langzeitverhaltens von Schweißnähten. DVS-Berichte 54 (1984) 3.

Entscheidend sind die Nähte

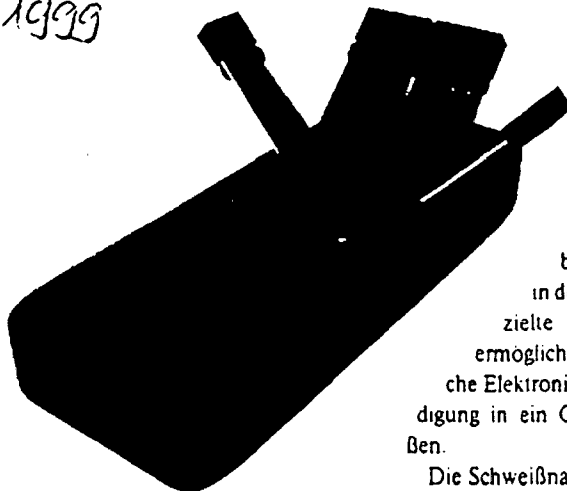
Erfolgreiches Fügen von Kunststoffen XP-000831529 V8363
hängt nicht nur vom Schweißgerät ab

p. 16-18-③

Dirk Hänsch und Thomas Ebert, Aachen

p d. 06-1999

Das Kunststoffschweißen mit Laser nimmt immer mehr zu. Dabei ist die Technik, sprich die Laserschweißanlage, nur ein Aspekt für einen erfolgreichen Prozeß und eine gelungene Naht. Ein anderer wichtiger Sachverhalt, dem häufig zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird, ist die optimale Gestaltung der Schweißnähte. Nur wenn beide Punkte stimmen, bringt der Laserschweißprozeß den besten Erfolg.



ander ge-
schweißt wer-
den. Die Energie
wird darüber hin-
aus nur dort ein-
gebracht, wo sie
benötigt wird, nämlich
in der Fügeebene. Die ge-
zielte Energieeinbringung
ermöglicht es zudem, empfindli-
che Elektronik-Bauteile ohne Schä-
digung in ein Gehäuse einzuschwei-
ßen.

Die Schweißnaht liegt beim Dioden-
laser-Kunststoffschweißen genau zwi-
schen den Bauteilen und ist sehr gleich-
mäßig. Die Schweißnaht ist von außen
nicht sichtbar. Bauteile können also nun
ohne Rücksicht auf die Sichtbarkeit der
Schweißnaht konstruiert werden. Sie
müssen aber den gesamten Schweißvor-
gang über formschlüssig in Kontakt blei-

Beim Kunststoffschweißen mit Laserstrahlung handelt es sich um ein relativ neues Verfahren. Die wachsende Akzeptanz dieses Verfahrens zeigt sich in der geradezu boomenden Nachfrage nach entsprechenden Anlagen. Dieser Boom ist u. a. auf neue Hochleistungsdiodenlaser zurückzuführen, die aufgrund ihres Wellenlängenbereichs für diese Anwendung prädestiniert sind. Zudem rangieren die Diodenlaser bezüglich der Anschaffungs- und der Betriebskosten in einem Bereich, der auch für kleine und mittelständische Betriebe erschwinglich ist.

Die Konstrukteure führen die meisten Nahtgeometrien der mit Diodenlaser zu schweißenden Bauteile jedoch meist so aus, als würde die Verbindung mit einem herkömmlichen Schweißverfahren

erfolgen. Damit verspielt man aber schon im ersten Ansatz wesentliche Vorteile des Laserschweißens. Den Laser als berührungsloses Werkzeug, gerade beim Kunststoffschweißen, möglichst voll auszunutzen, heißt, bei der Gestaltung der Schweißnahtgeometrie umzudenken und neue Wege zu gehen.

Der Fügeprozeß

Die wohl wichtigste und zugleich häufigste Art der Verbindung zweier Bauteile mit Laserstrahlung ist das sogenannte Durchstrahlenschweißen (Bild 1). Das Laserlicht durchdringt hier einen transparenten Fügepartner und wird vom nicht-transparenten Fügepartner absorbiert. Der absorbierende Kunststoff schmilzt. Durch die auftretende Wärme wird der transparente Fügepartner ebenfalls geschmolzen, und auf diese Art werden die beiden Bauteile miteinander geschweißt.

Werkstoffe, die für das Laserlicht der Diodenlaser transparent sind, müssen aber nicht zwangsläufig auch für das menschliche Auge transparent sein. So können bei geeigneter Wahl von Additiven und Farbstoffen auch zwei scheinbar lichtundurchlässige Bauteile mitein-

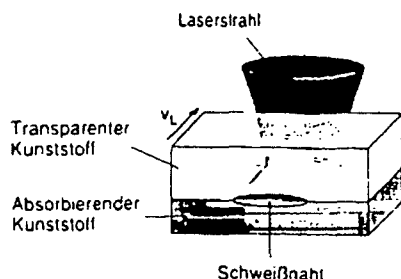


Bild 1. Prinzip des Durchstrahlenschweißens
(Bilder: Fraunhofer ILT und Prolas GmbH)



Bild 2. Flexibles Schweißen mit Robotern

ben. Es muß also möglich sein, die Fügepartner vor und während der Schweißung mit einem bestimmten Druck zu beaufschlagen.

Grundsätzlich stehen für das Kunststoffschweißen mit Diodenlasern zwei verschiedene Schweißverfahren zur Verfügung. Beim Simultanschweißen nutzt man den linienförmigen Fokus des Diodenlasers. Rechteckige Schweißnahtgeometrien können dann mit mehreren Diodenlasern nachgebildet und so in ei-

150

147

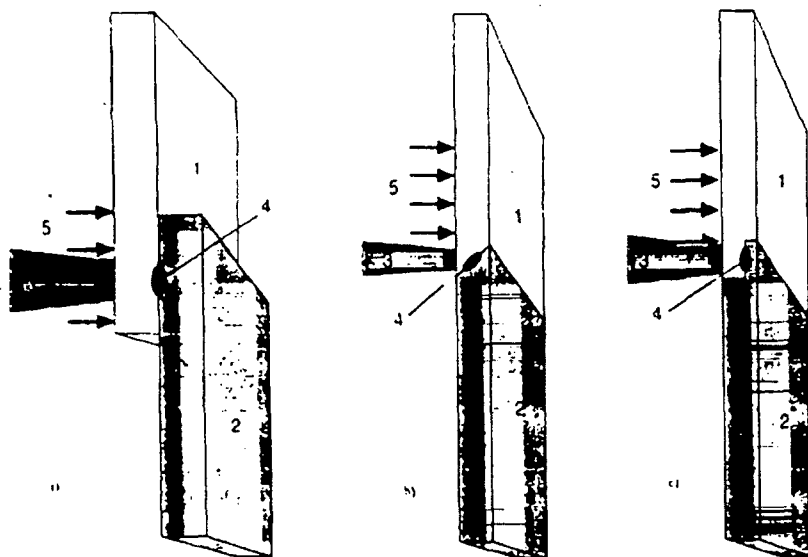


Bild 3. Ausführungen von ebenen Verbindungen (1 transparenter Fügepartner, 2 absorbierender Fügepartner, 3 Laserstrahl, 4 Schmelze, 5 Fügeindruck)

nem einzigen „Schuß“ verbunden werden (Titelbild). Dieses Verfahren ist allerdings nur bei sehr hohen Stückzahlen wirtschaftlich einsetzbar. Beim seriellen Schweißverfahren wird das Laserlicht zu einem kleinen Rechteck gebündelt. Dieses wird dann entweder direkt auf das Bauteil gerichtet oder in eine Glasfaser eingekoppelt. Diese ist an ein Handhabungssystem angeschlossen, welches das Laserlicht zum Bauteil führt (Bild 2). Die Faserkopplung verleiht dem Schweißverfahren eine sehr hohe Flexibilität, so daß auch runde und sogar dreidimensionale Schweißkonturen realisierbar sind.

durch das Anpressen beim Schweißen möglichst gering.

Entlang der gesamten Schweißnaht muß ein gleichmäßiger Fügeindruck realisiert werden können. Das gilt insbesondere für dreidimensionale Schweißnahtgeometrien. Die Fügeflächen der Bauteile sollten plan und eben sein, damit eine gleichmäßige, gute Wärmeübertragung während des Schweißvorganges

ermöglicht wird. Insbesondere ist darauf zu achten, daß sich keine Auswerfermarken oder materialbedingte Schrumpfungen in den Fügeflächen befinden. Darüber hinaus muß vermieden werden, daß die Schweißnaht in einem Bereich maximaler mechanischer Beanspruchung liegt. Besonders bei Bauteilen, die im Betrieb mit einem Innendruck belastet werden, sollte die Schweißnaht so ausgeführt sein, daß ein möglichst geradliniger Kraftverlauf erzielt wird.

Bei den verschiedenen, in der Praxis ausgeführten Nahtkategorien „Gerade“, „Winkel“ und „Rund“ wird, wie in den Bildern 3 bis 5 dargestellt, ein transparenter Fügepartner (1) mit einem absorbierenden Fügepartner (2) durch den Laserstrahl (3) geschweißt. In den Bildern sind auch die auftretende Schmelze (4) und der benötigte Fügeindruck (5) dargestellt. Die einfachste Art der „geraden Schweißung“ ist der Überlappstoß (Bild 3a). Abhängig von den Anforderungen an das Erscheinungsbild und an die Funktion muß der Konstrukteur diese Schweißnaht-Geometrie variieren können. Sollen zum Beispiel die zu fügenden Bauteile zusammen eine glatte Fläche ergeben, so ist eine Anordnung gemäß Bild 3b denkbar. Für diesen An-

Viele mögliche Nahtformen

Die Flexibilität des Schweißens von Kunststoffen mit Diodenlasern läßt viele Fugen-Gestaltungen zu. Welche Fugen-Geometrie gewählt wird, hängt von den jeweiligen Ansprüchen hinsichtlich maximaler Belastung und optischem Erscheinungsbild ab. Die Belastbarkeit der Schweißnaht hängt neben den Eigenschaften der verwendeten Kunststoffe auch von der richtigen Wahl der Schweißparameter und natürlich von der Schweißnaht-Dimensionierung ab. Die Fügeteile müssen so konzipiert sein, daß sie über eine Spann- bzw. Haltevorrichtung mit einem Druck beaufschlagt werden können. Bei der Auslegung der Bauteile ist darauf zu achten, daß die Schweißflächen formsteif sind. Damit hält man den Bauteilverzug

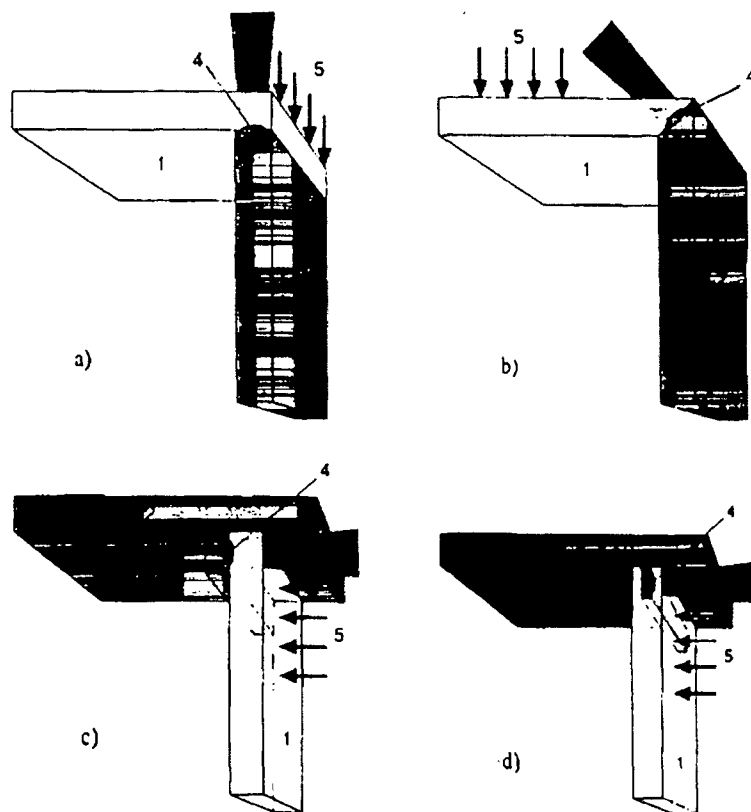


Bild 4. Ausführungen von Winkel-Verbindungen (1 transparenter Fügepartner, 2 absorbierender Fügepartner, 3 Laserstrahl, 4 Schmelze, 5 Fügeindruck)

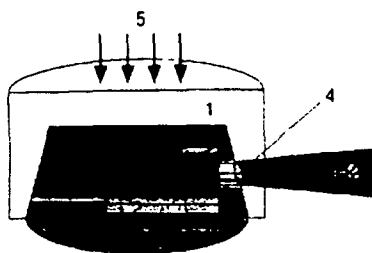


Bild 5. Konus-Verbindung (1 transparenter Fügepartner, 2 absorbierender Fügepartner, 3 Laserstrahl, 4 Schmelze, 5 Fügedruck)

wendungsfall kann auch eine Anordnung nach Bild 3c gewählt werden. Diese kann leichter positioniert werden.

Bild 4a zeigt die einfachste Ausführung einer Schweißnaht aus der Kategorie „Winkel“. Die beiden Bauteile werden lediglich aufeinander gepreßt und dann geschweißt. Selbstverständlich ist aber auch hier eine Anordnung mit angeschrägten Bauteilen möglich. Dabei

kann der Laserstrahl entweder gerade oder schräg gestellt werden (Bild 4b). Sollen die zu fügenden Bauteile keinen Abschluß bilden, sondern die Fügepartner an einer bestimmten Stelle unter einem Winkel geschweißt werden, so kann eine Anordnung gemäß Bild 4c gewählt werden. Bei all diesen Verbindungen sind nicht nur 90°-Winkel realisierbar. Etwas aufwendiger herstellbar ist die Nut-Feder-Verbindung aus Bild 4d, aber auf diese Weise kann man die Abstufung an der Winkel-Innenseite vermeiden. Bei der Verbindung von konischen Bauteilen gesellt sich zu der Möglichkeit, den Fügedruck recht einfach aufzubringen, der Vorteil einer Selbstzentrierung der Bauteile hinzu (Bild 5).

Die gezeigten Beispiele können nur einen begrenzten Einblick in die Vielzahl der Verbindungsmöglichkeiten, die sich dem Konstrukteur durch das Diodenlaser-Kunststoffschweißen eröffnen,

geben. Ebenso flexibel wie das Verfahren selbst sind die möglichen Anwendungsgebiete. Liegt der Haupteinsatzbereich dieses Verfahrens zur Zeit im Gebiet der Automobilindustrie, so sind in jüngster Vergangenheit immer mehr Anfragen aus der Elektro- und Verpackungsindustrie zu verzeichnen.

Dipl.-Chem. Dirk Hänsch, geboren 1968, studierte an der RWTH Aachen Chemie. Nach dem erfolgreichen Abschluß seines Studiums begann er seine Promotion am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik in Aachen. Dort arbeitet er heute auf dem Gebiet Kunststoffschweißen mit Hochleistungsdiodenlasern.

Dr. Thomas Ebert, geboren 1962, studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen. Nach seinem Studium promovierte er am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik im Bereich Hochleistungsdiodenlaser. Seit 1998 ist er geschäftsführender Gesellschafter der Pro-Las Produktionslaser GmbH, Aachen. Dort beschäftigt er sich mit der Laserintegration und dem Laseranlagenbau speziell auf dem Gebiet des Kunststoffschweißens mit Diodenlasern.

METALL SCHNEIDEN MIT WASSER



Flow

FLOW Europe GmbH · Daimlerweg 6 · 64293 Darmstadt
Tel.: 0 61 51-8 80 30 · Fax 89 38 22 · <http://www.flowgmbh.com>

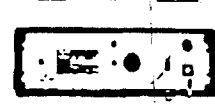
Lösen
Schweißen
Metall und Kunststoff

LASER 99
Halle 82 Stand 413

Ausrichten
Positionieren



Diodenlaser 60^{Watt}
High Power
Fasergeführt
integrierte Kühlung



Diodenlaser
Low Power
Hohe Strahlstabilität
EMV - fest

Lisa laser products OHG
Max-Planck-Straße
D-37191 Kötterburg (Germany)
Telefon: (49) 05556 9938-0
Fax: (49) 05556 9938-10
E-mail: lisa.laser@online.de

Electro-Optical Systems Inc.

180nm - 25000 nm
PN, PIN, PSD, PC, PV
Si, Ge, InGaAs, InGaAsSb, InAs, PbS
PbSe, InSb, P-HgCdTe, P-HgCdTe
Sandwich- & Side-by-Side Detektoren
RT-, TE-Kühler, Filter, (Kalt-)Aperturen,
„N-Deware, Custom Design

**Photodioden
Detektoren**
UV, VIS, IR
0,2 - 25 µm

OEC GmbH
Augsburger Straße 38 b
D-86441 Zusmarshausen
Tel. +49 (0) 8291-1886-0
Fax +49 (0) 8291-1886-79
E-Mail: OEC-GmbH@online.de



TECH PAPER

Laser welding offers array of assembly advantages

BY HEIDRUN PUETZ*, DIRK HAENSCH*, HANS-GEORG TREUSCH*, SILKE PFLUEGER**

Non-contact process is economical, flexible, and fast, and compatible with complex shapes of all sizes.

Laser welding technology is relatively new, compared to such conventional joining techniques as ultrasonic, vibration, and heated plate welding. When based on newly available cost-effective and efficient, fiber-coupled, high-power laser diodes, laser welding of plastics is a joining technique which can readily be used in industrial environments.

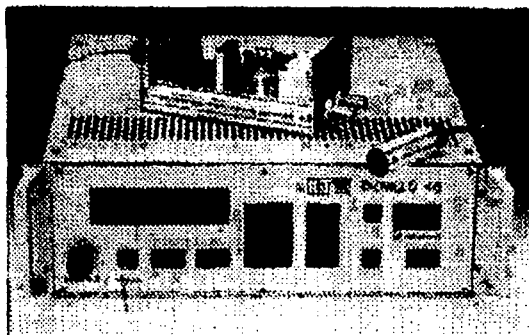
Laser diode-based welding has two major advantages, unmatched flexibility and cost-efficiency. There are virtually no limitations to the geometry and the size of the parts to be joined. A laser power level of 10 to 30 w. allows welding speeds as fast as 10 m/min. This provides the capability of joining large parts where the weld seams reach a length of several feet within reasonable cycle times. The flexible system is equally capable of joining miniature parts required in the burgeoning area of microsystem technology. Design freedom is enhanced because the weld seams can take on virtually any shape without concern about the welding process.

Laser welding is a non-contact process that typically uses optical fibers to deliver the laser radiation. This provides the ability to follow every 3-dimensional weld contour even with limited accessibility.

The absorption characteristics of plastics require the use of a laser source emitting radiation in the near-infrared region of the electromagnetic spectrum. High-power laser diodes operate in this wavelength region, typically between 800 and 1000 nm. They offer an alternative to conventional Nd:YAG lasers, which have been the most widely used for welding of plastics.

The high-power laser diodes are compact, efficient laser sources, and have all the advantages of semiconductors, being maintenance-free, offering precise control, and low investment costs. The features of the high-power laser diodes combined with the advantages of the laser welding process now allow laser welding systems to compete with and challenge conventional joining techniques.

Laser welding of plastics delivers the energy to the joint via radiation. This allows exact control of the weld location, and it completely avoids the contact problems



High-power, fiber-coupled laser diode system (above) features compact design and operating precision. First application is a keyless entry case containing delicate integrated circuits. [All photos, Fraunhofer-Institut]



associated with conventional processes such as melt sticking to heating elements. The material in the joint is heated by absorbing the radiation energy and converting it into thermal energy. The efficiency of the process and the location of the joint is determined by the optical characteristics of the materials.

Both overlap and butt joints can be realized. Overlap joints ideally consist of a transparent layer and an absorbing layer. The laser radiation passes through the transparent part directly into the joint plane, where it heats the absorbing joint partner. The absorption length is typically selected to be some 100 micron. This small region is heated and a tight contact between both joining partners enables heat transfer between the layers. This subsequently leads to a melting of both joining partners. For butt joints, longer absorption lengths are

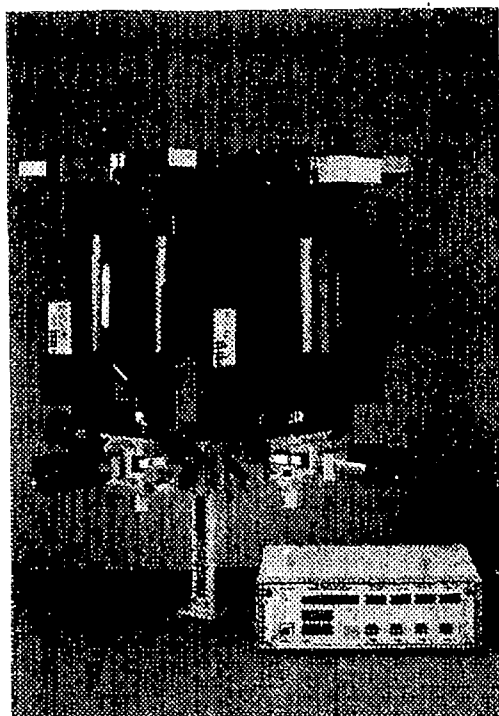
* Fraunhofer-Institut für Laser Technology, Aachen, Germany
** Fraunhofer Resource Center, Ann Arbor, MI, USA.

PLASTICOLOR

Gravimetric Mixing Stations

Volumetric Mixing Stations

Dosing Units



For dosing of all granular,
free flowing materials

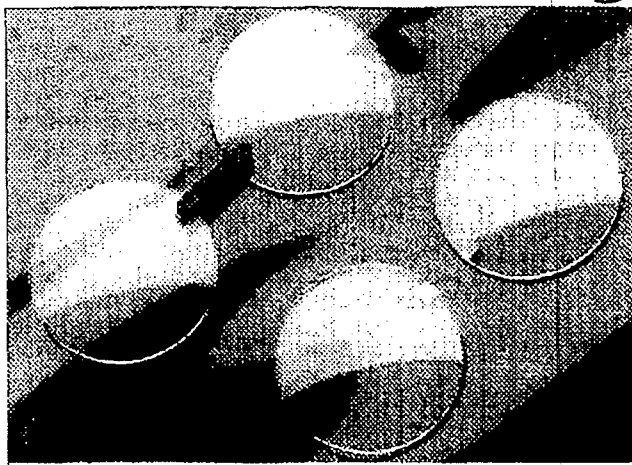
- ◆ output 150 g - 2400 kg/h per individual unit
- ◆ 2 - 8 components per standard installation
- ◆ direct mounting on the production machine
- ◆ modular design - e.g. modification from volumetric into gravimetric design possible at all times
- ◆ easy handling
- ◆ reliable and accurate operation

WOYWOD

Woywod Kunststoffmaschinen GmbH & Co. Vertriebs-KG
Lochhamer Schlag 5 • D-82166 Gräfelfing
Tel.: ++49-(0)89/854 80 -0 • Fax.: ++49-(0)89/854 13 36
CIRCLE 251 FOR READER SERVICE

128 MODERN PLASTICS INTERNATIONAL, September 1997

TECH PAPER



Laser welding effectively joins transparent polycarbonate lenses to a black polycarbonate bridge.

chosen that are sufficient to heat both joining partners all the way through.

Laser welding reduces the thermal load of the plastic material to the minimum necessary, thereby reducing the risk of tension cracks and resulting in a weld seam of high quality and joint strength. The joint is free of pores and has no melt burr, so it fully satisfies the requirements for visible joints.

High-quality welds require bringing the two parts into intimate contact to ensure sufficient heat transfer. Laser welding reaches welding factors (ratio of the weld-seam strength to the material strength) of 0.8 to 1.0 depending on the material and the joint geometry. Trials using a test object of the American Welding Society developed for testing ultrasonic welders show the strength of a laser weld seam (31 to 36 MPa or 31 to 36 N/mm²) is comparable to those that are made by conventional welding technologies.

Technique is adaptable to a range of materials

Virtually all thermoplastic materials can be laser welded. Joining of two different materials is possible, if the material combination is weldable, i.e., the temperature ranges in which the materials are liquid must overlap.

Intimate contact of the parts can be realized by applying pressure, either dynamically with a pressure roller, or statically with a transparent fixture which passes radiation without loss. Any transparent material like acrylic can be used in fixtures, even covering the weld zone. The ability to bridge gaps depends on the heat expansion characteristics of the material to be joined.

Having ideal joining partners where one is fully transparent and the other is a highly absorbing black is unusual. Most resins require a fiber reinforcement or a color pigmentation and these additives change the optical properties of the resins. Glass fibers scatter some of the radiation, a process that also occurs with crystalline plastics. However, this does not affect the ability to laser weld those materials as shown by the 35% glass fiber-reinforced nylon part (photo, p. 130).

Black parts can also be welded together because being black to the eye differs from being black or absorptive for the laser. The laser radiation is narrow banded and in the invisible infrared part of the electromagnetic spectrum. Many regular off-the-shelf dyes and pigments are transparent in the near-infrared, and can be joined with an absorbing part.

[Continued on p. 130]

Po

BASF
Poly

BASF
in U
on st

BASF
the m
produ
geogr

Europ
since

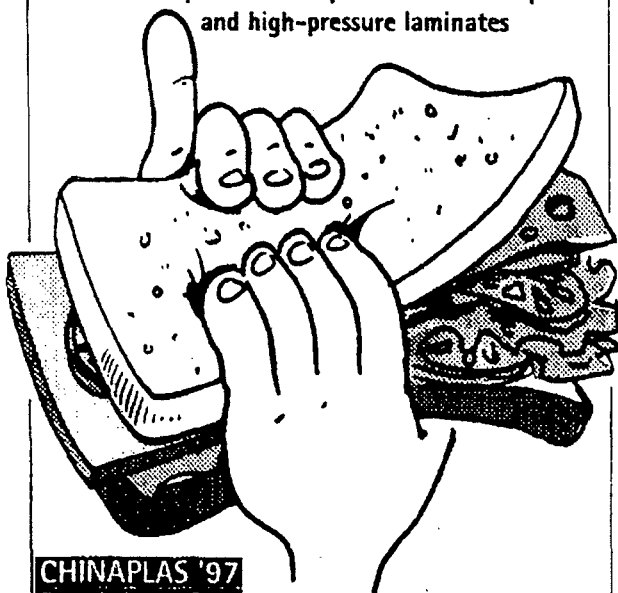
North
since

Asia:
since

Inter

Composites

Hymmen IsoPress® HPL – the continuous double band press for the production of composites and high-pressure laminates



CHINAPLAS '97
Booth No. 1C22

Hymmen GmbH · Maschinen- u. Anlagenbau
D-33515 Bielefeld
Tel +521-58060 · Fax +521-5806190
Hymmen International Inc.
Atlanta/Duluth · Georgia 30136-4327 · USA
Tel 770-476-7468/7454 · Fax 770-476-8034

Hymmen

HighTech continuously

CIRCLE 253 FOR READER SERVICE

ITALIAN PRECISION

SICA

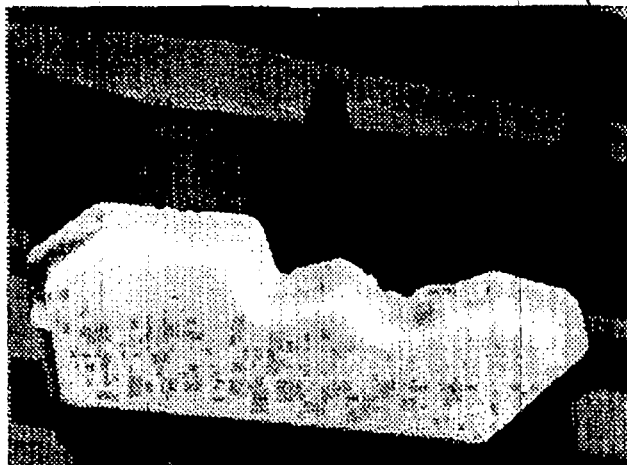
PAUL DITS
PLANETARY SAWS
ROLLING MACHINES
STRAPPING MACHINES
PIPE STACKING MACHINES
MECHANICAL MODELS

SICA S.p.A. Via Strappato, 28 48011 Allendone (Ravenna) ITALY
Telefono 0544-81338 Telefax 0544-81348

CIRCLE 254 FOR READER SERVICE

130 MODERN PLASTICS INTERNATIONAL, September 1997

TECH PAPER



Complex shapes are weldable. Compensator oil reservoir tank parts are made of 35% glass-reinforced polyamide.

It is therefore possible to join two black parts by carefully selecting the pigments. A keyless entry product has a black keypad overlap-welded onto the black case. The keypad is colored with a pigment transparent to laser radiation while carbon is used as the absorptive pigment of the case (photo, p. 127)

Welding of these keyless entry cases is the first example where the laser is being used in an industrial application. A German company, Marquardt, currently manufactures several thousand of these products a day. Laser welding was chosen because the keypad is the final part in the assembly and is welded after all electronic circuits are mounted. Other welding processes would have lead to increased scrap rates.

At Marquardt, 10 lasers with an output power of 30 w. each are used to perform the welding process. The weld speed is in the range of 5 m/min., the width of the weld seam is 76 micron. The station is a Safe Class I laser product, meaning the laser is interlocked, enclosed, and emits no harmful radiation. It can be operated by workers without special laser training.

Typical laser weld stations consist of a laser system, a fixturing device, and a motion system. Price tags for industrial laser systems with 15 w. start at \$12,000 and go up to \$20,000 or \$30,000 for 30 w. of power. Higher laser power might be required depending on the weld speed to be achieved for a specific application. The costs for the fixturing and motion system depend on the size of the part.

Fluorinated and temperature-resistant materials can be welded with lasers, as well as PMMA and ABS, or plastic to metal. In a combination of increasing interest to the automotive industry, TPEs can be easily joined with thermoplastics using laser radiation.

Using the laser also allows excellent quality control of the weld seam during production. Modern electronics and sensor technology provide the means for on-line monitoring and process control of the melt-zone temperature during the welding process. The exact temperature needed for the material can be maintained by controlling the laser power with the temperature signal gained from the measurement. The temperature control unit can be integrated into the optical head and guarantees a reproducible and constant quality of the weld seam independent of material inhomogeneity arising in previous processing steps. -Edited by William A. Kaplan □

XP 002151005

152

AN - 1994-173240 [21]

AP - JP19920264597 19921002

CPY - MITO

DC - A35

FS - CPI

IC - B29C65/16 ; B29C65/50 ; B29K27/12

MC - A04-E10 A11-C01A1 A12-L03A A12-S06B

PA - (MITO) MITSUBISHI JUKOGYO KK

PN - JP6114943 A 19940426 DW199421 B29C65/16 005pp

PR - JP19920264597 19921002

XA - C1994-078976

XIC - B29C-065/16 ; B29C-065/50 ; B29K-027/12

AB - J06114943 Abutment seam parts (4 in fig.1) of fluorocarbon resin films

(3) with which a steel plate (1) is lined are joined together with a cover film (5). In the melt adhesion, the cover film (5) having the same material as that of the lining film (3) is placed on the abutment seam parts (4). By blowing hot air or blast, pre-thermal contact-bonding is executed. After that, through irradiation with YAG laser, the cover film (5) is molten and adhered. Smoothing processing is applied on the end parts of the cover film. The cover film (5) coloured in a colour to absorb YAG laser is used. Powder or a film to absorb YAG laser is inserted between the lining and the cover film.

- USE/ADVANTAGE - Transmission through an optical fibre cable is practicable occasioned by use of YAG laser. As the wt. of a melt welding device is extremely reduced, automation is facilitated.

- (Dwg.1/4)

IW - POLYFLUOROCARBON RESIN FILM MELT ADHESIVE TRANSMISSION THROUGH OPTICAL FIBRE PLACE COVER FILM ABUT SEAM PART BLOW HOT AIR IRRADIATE YTTRIUM ALUMINIUM GARNET LASER MELT ADHERE SMOOTH COVER FILM

IKW - POLYFLUOROCARBON RESIN FILM MELT ADHESIVE TRANSMISSION THROUGH OPTICAL FIBRE PLACE COVER FILM ABUT SEAM PART BLOW HOT AIR IRRADIATE YTTRIUM ALUMINIUM GARNET LASER MELT ADHERE SMOOTH COVER FILM

NC - 001

OPD - 1992-10-02

ORD - 1994-04-26

PAW - (MITO) MITSUBISHI JUKOGYO KK

TI - Fluorocarbon] resin film melt adhesion for transmission through optical fibre - by placing cover film on abutment seam parts, blowing hot air, irradiating with yttrium aluminium garnet laser, melting, adhering and smoothing cover film

A01 - [001] 017 ; P0500 F- 7A ; S9999 S1285-R ; S9999 S1387 ;

- [002] 017 ; N9999 N6166 ; N9999 N5721-R ; K9858 K9847 K9790 ; N9999 N7227 N7023 ; N9999 N6622 N6611 ; B9999 B4262 B4240 ; B9999 B4251 B4240 ; Q9999 Q8344 Q8264 ; N9999 N6337-R ; J9999 J2915-R ; J9999 J2904 ; K9552 K9483 ; K9574 K9483 ; Q9999 Q7830 ; N9999 N6202 N6177 ; N9999 N6213 N6177 ; N9999 N6246 ; ND07 ;

- [003] 017 ; A999 A679 A566 ; S9999 S1285-R ; S9999 S1514 S1456 ;