

STRESZCZENIA

Ivan GAJDOŠ¹
Emil SPIŠÁK²
Tomasz JACHOWICZ³
Tomasz GARBACZ⁴

TENSILE PROPERTIES OF ADDITIVELY MANUFACTURED POLYETHERIMIDE PARTS

This paper presents the results of a study of evaluating the influence of path generation strategy on tensile properties of samples made by additive manufacturing technology FDM (Fused Deposition Modeling). Several scientific studies were focused on the influence of path generation strategy on mechanical properties of deposited material. ABS and PLA are the most investigated materials used in FDM. This paper is aimed to determine the influence of selected path generation strategies on tensile strength of parts fabricated with ULTEM 9085 thermoplastic. The results obtained in experiments confirmed that proposed path generation strategy allowed to increase tensile strength by 25% compared to a situation when the samples were fabricated with default path generation setting.

Keywords: fused deposition modeling, tensile test, polyetherimide

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE PRZY ROZCIĄGANIU CZĘŚCI Z POLIETEROIMIDU WYTWARZANYCH W TECHNOLOGII PRZYROSTOWEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań oceniających, w próbie rozciągania, wpływ strategii generowania ścieżki na właściwości mechaniczne próbek wytworzonych w technologii osadzania topionego materiału (ang. FDM - Fused Deposition Modeling). Liczne badania naukowe były skupione na wpływie strategii generowania ścieżki na właściwości mechaniczne materiału osadzanego. Najczęściej badanymi materiałami stosowanymi w technologii FDM są ABS oraz PLA. Celem niniejszego artykułu określenie wpływu wybranych strategii generowania ścieżki na wytrzymałość na rozciąganie elementów wytworzonych z termoplastu ULTEM9085. Wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły, że proponowana strategia wytwarzania ścieżki pozwoliła zwiększyć wytrzymałość na rozciąganie o 25% w porównaniu z sytuacją, gdy próbki były wytwarzane przy użyciu domyślnych ustawień generacji ścieżki.

Słowa kluczowe: osadzanie topionego materiału, próba rozciągania, polieteroimid

DOI: 10.7862/rm.2016.15

Otrzymano/received: 24.05.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 14.07.2016 r.

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Ivan Gajdoš, Technical University of Košice, Mäsiarska 74, 040 01 Košice, Slovakia, e-mail: ivan.gajdos@tuke.sk

² Emil Spišák, Technical University of Košice, Mäsiarska 74, 040 01 Košice, Slovakia, e-mail: emil.spisak@tuke.sk

^{3,4} Tomasz Jachowicz, Tomasz Garbacz, Politechnika Lubelska, e-mails: t.jachowicz@pollub.pl, t.garbacz@pollub.pl

ANALIZA WIĘZÓW MANIPULATORA W ZADANIU ZROBOTYZOWANEJ OBRÓBKI MECHANICZNEJ DYFUZORA

Artykuł dotyczy analizy więzów geometrycznych narzuconych na końcówkę roboczą robota manipulacyjnego, którego zadaniem jest realizacja obróbki mechanicznej dyfuzora. Z punktu widzenia teorii sterowania, realizacja omawianego zadania jest traktowana jako sterowanie obiektem z ograniczeniami ruchu. Wymaga to określenia zadanej trajektorii układu sterowania robota rozumianej jako trajektoria pozycyjna oraz siłowa. W pracy zaprezentowano geometrię dyfuzora wraz z opisem matematycznym krawędzi, która ma zostać zatępiona. Podano zestaw więzów naturalnych i sztucznych, pozycyjnych i siłowych dla tego zadania oraz dla zadania wiercenia otworów. Podano sposób wyznaczania trajektorii pozycyjnej i siłowej, która będzie stanowić trajektorię zadaną układu sterowania robota. Zaprezentowano wyniki symulacji generowania trajektorii ruchu końcówki roboczej.

Słowa kluczowe: więzy geometryczne, robot manipulacyjny, planowanie trajektorii, zrobotyzowana obróbka

THE MANIPULATOR CONSTRAINTS ANALYSIS IN THE TASK OF ROBOTISED MACHINING OF DIFFUSER

Summary

This paper presents the analysis of the geometrical constraints of the robotic manipulator end effector, the task of which is the realisation of the diffuser machining. In terms of control theory, the realisation of this task is considered as a control of an object with partial movement restrictions. It requires determination of the desired trajectory of the robot's control system understood as so-called *position and force* trajectory. In this paper the geometry of the diffuser and the mathematical description of edges that will be deburred, are presented. The sets of natural and artificial, position and force constraints for this task and for task of hole drilling are given. The procedure of determining position and force trajectory which will be the reference trajectory of robot's control system is provided. The simulation results of generating robot's tip trajectory are presented.

Keywords: geometrical constraints, robotic manipulator, trajectory planning, robotized machining

DOI: 10.7862/rm.2016.16

Otrzymano/received: 14.09.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 28.09.2016 r.

⁴ Autor do korespondencji/corresponding author: Piotr Gierlak, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, tel.: (17) 8651854, e-mail: pgierlak@prz.edu.pl

DEEP DRAWING OF TAILOR-WELDED BLANKS MADE OF HIGH-STRENGTH STEEL

A comparison study was conducted to evaluate the deep drawing of a rectangular box from tailor-welded blank, composed of two parts of different thicknesses. The blank material is high strength steel with transformation induced plasticity, and the weld line is located in the blank centre at the beginning of the deep drawing. The study is focused on the weld line movement during the deep drawing with quasi uniform or controlled non-uniform distribution of the blankholder pressure, which is applied on the flange of the blank. The goal is to minimise the weld line movement and to improve the formability of the tailor-welded blank.

Keywords: deep drawing, tailor-welded blank, simulation, weld line

GŁĘBOKIE TŁOCZENIE SPAWANYCH BLACH WYKONANYCH ZE STALI WYSOKOWYTRZYMAŁEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono badania porównawcze oceny głębokiego tłoczenia prostokątnej wytłoczki, składającej się z dwóch części o różnej grubości, wykonanej z blachy przeznaczonej do spawania. Wsad jest wykonany z blachy wysokowytrzymałej umacnianej przez przemianę fazową, a linia spawania znajduje się w środku wsadu, w momencie rozpoczęcia procesu głębokiego tłoczenia. Badania koncentrują się na analizie przemieszczenia linii spawania w warunkach quasi- równomiernego i nierównomiernego rozkładu ciśnienia dociskacza, które jest przyłożone do kołnierza półwyrobu. Celem badań jest minimalizacja przemieszczenia linia spawania oraz poprawa odkształcalności blachy przeznaczonej do spawania.

Słowa kluczowe: głębokie tłoczenie, blacha przeznaczona do spawania, symulacja, linia spawania

DOI: 10.7862/rm.2016.17

Otrzymano/received: 31.05.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 14.09.2016 r.

⁵ Autor do korespondencji/corresponding author: Alexander Schrek, Slovak University of Technology, Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovakia, e-mail: alexander.schrek@stuba.sk

⁶ Pavol Švec, Slovak University of Technology, e-mail: pavol.svec@stuba.sk

⁷ Veronika Gajdošová, Slovak University of Technology, e-mail: veronika.gajdosova@stuba.sk

PROPAGATION OF THE SOUND WAVE BY AN UNCLOSED SPHERICAL SHELL AND A PENETRABLE ELLIPSOID

In this paper the result of solution of axisymmetric problem of propagation of sound wave by an unclosed spherical shell and a penetrable ellipsoid of rotation is presented. A spherical radiator is located in a thin unclosed spherical shell as a source of acoustic field. The equation of the spheroidal boundary is given in spherical coordinates. A scattered pressure field is expressed in terms of spherical wave functions. Using corresponding additional theorems the solution of boundary value problem is reduced to solving of dual equations in Legendre's polynomials, which are converted to infinite system of linear algebraic equations of the second kind. The formula for calculation of the far field and numerical results for different values of parameters are obtained.

Keywords: sound field, spherical shell, ellipsoid of rotation, dual equations, spherical radiator

ROZCHODZENIE SIĘ FALI AKUSTYCZNEJ PRZEZ OTWARTĄ SFERYCZNĄ POWŁOKĘ ORAZ PRZENIKALNĄ ELIPSOIDĘ

Streszczenie

W artykule przedstawiono wynik rozwiązania problemu osiowosymetrycznego rozchodzenia się fali akustycznej przez otwartą sferyczną powłokę oraz przenikalną elipsoidę ruchu obrotowego. Sferyczny radiator, jako źródło pola akustycznego umieszczono w cienkiej sferycznej powłoce. Równanie granicy sferoidalnej podano we współrzędnych sferycznych. Pole rozproszonego ciśnienia wyrażono w funkcjach fal sferycznych. Wykorzystując odpowiednie dodatkowe twierdzenia rozwiązanie problemu wartości granicznej zredukowano do rozwiązania podwójnych równań w wielomianach Legendre'a, które przetworzono do systemu nieskończonego liniowych równań algebraicznych drugiego rodzaju. Otrzymano wzór do obliczenia pola przestrzennego oraz wyniki numeryczne dla różnych wartości parametrów.

Słowa kluczowe: pole akustyczne, powłoka sferyczna, elipsoida ruchu obrotowego, równania podwójne, radiator sferyczny

DOI: 10.7862/rm.2016.18

Otrzymano/received: 24.05.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 28.08.2016 r.

⁸ Autor do korespondencji/corresponding author: Gennady Shushkevich, Yanka Kupala State University of Grodno, 22 Ozheshko St., 230023 Grodno, Belarus, e-mail: g_shu@tut.by

Jana ŠUGÁROVÁ⁹
Martin FRNČÍK¹⁰
Martin NECPAL³
Jana MORAVČÍKOVÁ⁴
Martin KUSÝ⁵

EVALUATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF LASER TEXTURED HARDENED TOOL STEELS

In this paper the laser surface texturing (LST) technology as one of the methods of tribological properties modifying of mating steel surfaces is analysed. The area density of dimple-like depression along with the dimple diameter are the only main factors which significantly influence the friction coefficient value, therefore the effect of different values of area density of dimples: 6 %, 11 % and 16 % on the contact coefficient of friction was analysed. Surface textures were manufactured on the planar areas of compression platens (90MnCrV8 tool steel) using a pulsed-beam laser. The values of coefficients of friction were obtained via a ring compression test. Test sample compression was realized in lubrication-free and hydrodynamic regime. A significant improvement of tribological properties in contact steel areas was experimentally observed in both friction regimes. The results of experiments showed that by applying of surface texturing with defined shape and dimensions of dimples and lubricating oil at the same time, the coefficient of friction value can be reduced to about of 75%.

Keywords: laser surface texturing (LST), tribological properties modification, coefficient of friction, ring compression test

OCENA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH HARTOWANYCH STALI NARZĘDZIOWYCH TEKSTUROWANYCH LASEROWO

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę technologii laserowego teksturowania powierzchni (LTP) jako jedną z metod modyfikacji właściwości tribologicznych współpracujących powierzchni stalowych. Podstawowy szyk tekstury powierzchni składa się z wgłębień o zakrzywionym dnie, które są umieszczone w narożach sześciokąta foremnego. Dodatkowo jedno zagłębienie jest umieszczone w środku szyku. Parametry zagłębień są następujące: średnica $100 \pm 5 \mu\text{m}$, głębokość $11 \mu\text{m}$, stosunek głębokości do średnicy 0,11. Gęstość powierzchniowa wgłębień oraz średnica wgłębienia są głównymi czynnikami, które w sposób istotny wpływają na wyjściową wartość współczynnika tarcia, dlatego analizowano wpływ różnych wartości gęstości powierzchniowej wgłębień, tj. 6%, 11% i 16% na wartość kontaktowego współczynnika tarcia. Tekstury powierzchni zostały utworzone na płaskich powierzchniach płyt dociskowych (stal narzędziowa 90MnCrV8) za pomocą wiązki pulsacyjnej lasera. Wartości współczynników tarcia otrzymano za pomocą testu ściskania pierścienia. Próbkę do badań ze stali węglowej S235JRG1 były ściskane osiowo pomiędzy parą teksturowanych płyt dociskowych. Ściskanie badanej próbki zostało zrealizowane w warunkach braku smarowania oraz smarowania hydrodynamicznego. Wyniki doświadczalne wykazały, że przez zastosowanie teksturowania powierzchni o określonym kształcie i wymiarach wgłębień oraz ciepłego smaru, wartość współczynnika tarcia może być zmniejszona prawie o 75%.

Słowa kluczowe: teksturowanie laserowe powierzchni (LTP), modyfikacja właściwości tribologicznych, współczynnik tarcia, test ściskania pierścienia

DOI: 10.7862/rm.2016.19

Otrzymano/received: 30.05.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 12.09.2016 r.

⁹ Autor do korespondencji/corresponding author: Jana Šugárová, Slovak University of Technology, Faculty of Material Science and Technology, Böttova 25, 917 24 Trnava, Slovakia, e-mail: jana.sugarova@stuba.sk

¹⁰⁻⁵ Martin Frnčík, Martin Necpal, Jana Moravčíková, Martin Kusý, Slovak University of Technology, Faculty of Material Science and Technology, Böttova 25, 917 24 Trnava, Slovakia, e-mails: martin.frncik@stuba.sk, martin.necpal@stuba.sk, jana.moravcikova@stuba.sk, martin.kusy@stuba.sk

Tomasz TRZEPIECIŃSKI¹¹
Romuald FEJKIEL¹²
Andrzej KUBIT¹³
Wojciech BOCHNOWSKI¹⁴

EVALUATION OF FRICTION COEFFICIENT OF AN AUTO-BODY STEEL SHEET

In this paper the results of strip drawing tests aimed to determine the friction coefficient in sheet metal forming operations are presented. The tests were conducted using a specially designed tribological simulator. The deep drawing quality steel sheet used in the automotive industry was tested. The relationship that shows the effect of sheet normal load, tool surface roughness, lubrication conditions and sample orientation according the rolling direction of the sheet on the value of friction coefficient are presented and discussed. The Scanning Electron Microscope (SEM) micrographs of sheet surfaces after the friction test allowed us to identify the mechanisms that occur at the contact of two bodies with rough surfaces. The results of the tests indicate that the relationship between friction force and normal force is nonlinear. Thus, the value of the friction coefficient is changed with the change of the load value.

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA STALOWEJ BLACHY KAROSERYJNEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki testów przeciągania pasa blachy mających na celu określenie wartości współczynnika tarcia w procesach kształtowania blach. Badania przeprowadzono za pomocą specjalnie zaprojektowanego symulatora tribologicznego. Badaniom poddano blachę stalową głębokotłoczną wykorzystywaną w przemyśle motoryzacyjnym. Przedstawiono i omówiono zależności pomiędzy siłą nacisku, chropowatością powierzchni narzędzia, warunkami tarcia oraz orientacją próbki względem kierunku walcowania a wartością współczynnika tarcia. Zdjęcia SEM (Scanning Electron Microscopy) powierzchni blach po procesie tarcia pozwoliły na rozpoznanie mechanizmów tarcia występujących podczas kontaktu dwóch ciał o powierzchni chropowatej. Wyniki badań wskazały, że zależność pomiędzy siłą tarcia i siłą normalną jest nieliniowa, dlatego wartość współczynnika tarcia zmienia się wraz ze zmianą wartości obciążenia.

Słowa kluczowe: współczynnik tarcia, tarcie, test przeciągania pasa blachy, chropowatość powierzchni

DOI: 10.7862/rm.2016.20

Otrzymano/received: 21.08.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 16.09.2016 r.

¹¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Tomasz Trzepieciński, Rzeszow University of Technology, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland, tel. 17 8651714, e-mail: tomtrz@prz.edu.pl

¹² Andrzej Kubit, Rzeszow University of Technology, e-mail: akubit@prz.edu.pl

¹³ Romulad Fejkiel, State School of Higher Vocational Education, Krosno, e-mail: rfejkiel@wp.pl

¹⁴ Wojciech Bochnowski, University of Rzeszow, Rzeszów, e-mail: wobochno@ur.edu.pl

ANALYSIS OF WELDABILITY OF DUAL-PHASE STEEL USED IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

This paper deals with the problems of weldability of high strength dual-phase steel sheets used in the car body production. The properties of the joints made by resistance spot welding (RSW) and laser welding were analysed. The two grades of dual-phase steels such as DP 600 and DP 800 were used. The joints were made by overlapping of two sheets in the method 21 according to EN ISO 4063 (RSW), and as butt weld without a gap by laser welding (method 52 in EN ISO 4063). The parameters of RSW and laser welding were chosen according to the recommendations of IIW. The quality of welded joints was evaluated by visual control, static tension test, and a microstructural analysis of the joints on the light microscopy.

Keywords: spot welding, laser welding, dual-phase steel

ANALIZA ZGRZEVALNOŚCI STALI DWUFAZOWEJ STOSOWANEJ W PRZEMYSŁE MOTORYZACYJNYM

Streszczenie

Artykuł jest poświęcony problemom zgrzewalności wysokowytrzymałych dwufazowych blach stalowych stosowanych do produkcji karoserii samochodowych. Analizowano właściwości połączeń wykonanych metodami punktowego zgrzewania oporowego (PZO) oraz spawania laserowego. Badania przeprowadzono dla dwóch gatunków blach dwufazowych tj. DP600 oraz DP800. Połączenia zakładkowe blach wykonano zgodnie z metodą 21 ujętą w normie EN ISO 4063. Podczas spawania laserowego blachy łączono metodą na styk bez szczeliny (metoda 52 zgodnie z normą EN ISO 4063). Parametry zgrzewania punktowego oraz spawania laserowego były zgodne z wytycznymi IIW. Ocenę jakości wykonanych połączeń przeprowadzono na podstawie kontroli wzrokowej, statycznego testu rozciągania oraz analizy mikrostrukturalnej połączeń z wykorzystaniem mikroskopii świetlnej.

Słowa kluczowe: zgrzewanie punktowe, spawanie laserowe, stal dwufazowa

DOI: 10.7862/rm.2016.21

Otrzymano/received: 29.05.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 11.09.2016 r.

¹⁵ Autor do korespondencji/corresponding author: Ján Viňáš, Technical University of Košice, Letná 9, 042 00 Košice, Slovakia, e-mail: jan.vinas@tuke.sk

¹⁶ Ľuboš Kaščák, Technical University of Košice, Slovakia e-mail: lubos.kascak@tuke.sk