



Sudarea diferitelor materiale

Student:

Tiulchin Evgheni

Conducător:

conf.univ., dr. Toca Alexei

Chișinău - 2023

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Ingineria Fabricației

Admis la susținere
Șef de departament:
conf.univ., dr. hab. Sergiu Mazuru

” _____ 2023

Sudarea diferitelor materiale

Teză de master

Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini

Student: (Tiulchin Evgheni)

Conducător: (conf.univ., dr. Toca Alexei)

Chișinău – 2023

Rezumat

TIULCHIN EVGHENI. Sudarea diferitelor materiale. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricatiei; 2022. Teză de master: pag. 60, desene – 26, surse bibliografice – 45.

Dezvoltarea produselor industriale și, în special, a caroseriilor de automobil este orientată spre asigurarea structurilor portante corespunzătoare rezistenței egale și micșorării greutății. Aceste deziderate pot fi atinse prin utilizarea diferitelor materiale ce dispun de diferite niveluri de rezistență specifică și care trebuie reunite în structuri integrale prin sudare. Sudarea diferitelor materiale este soldată cu procese fizico-tehnice complexe, care limitează spectrul de soluții tehnologice. Dintre metodele de sudare cea mai importantă și de perspectivă este sudarea cu fascicul laser. Sunt analizate condițiile parametrice ale sudării cu laser a unei serii de cupluri de materiale metalice.

Summary

TIULCHIN EVGHENI. Welding of dissimilar materials. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2022. Master thesis: page 60; drawings – 26, bibliographic sources – 45.

The development of industrial products and, in particular, of car bodies is oriented towards ensuring load-bearing structures with equal resistance and weight reduction. These desired can be achieved by using different materials that have different levels of specific resistance and that must be joined in integral structures by welding. The welding of different materials involves complex physical-technical processes, which limit the spectrum of technological solutions. Among the welding methods, the most important and promising one is laser beam welding. The parametric conditions of the laser welding of a series of couples of metallic materials are analyzed.

Cuvinte cheie. caroserii de automobil, structuri portante, micșorarea greutății, niveluri de rezistență specifică, procese fizico-tehnice complexe.

Keywords. car bodies, load-bearing structures, weight reduction, levels of specific resistance, complex physical-technical processes.

Cuprins		pag
1. Введение		7
2. Сварка и свариваемость		11
3. Многоматериальные технологии формирования неразъемных соединений		17
3.1. Параметры, учитываемые при выборе технологий соединения		22
3.2. Основные проблемы, связанные с технологиями соединения смешанных материалов		25
4. Лазерная сварка разнородных материалов (Al/Fe, Al/Ti, Al/Cu) – методы и приемы, микроструктура и свойства		29
4.1. Физические и теплофизические свойства Al, Fe, Ti, Cu		33
4.2. Методы и приемы лазерной сварки разнородных металлов		34
4.3. Лазерная сварка алюминиевых сплавов со сталью		36
4.4. Лазерная сварка алюминиевых сплавов с титановыми сплавами		44
4.5. Лазерная сварка алюминиевых сплавов с медью		51
5. Заключение и выводы		55
Библиография		59

Введение

Глобальный акцент на сокращении выбросов углерода подталкивает автопроизводителей к повышению топливной экономичности своего автопарка. Характеристики автомобиля (ускорение, дорожный шум, вибрация, реакция на рулевое управление и т. д.) и характеристики комфорта также должны улучшаться с каждым модельным годом, чтобы соответствовать ожиданиям клиентов. Снижение веса автомобиля, также называемое облегчением, стратегически преследуется автопроизводителями по всему миру для достижения нормативных и рыночных целей. Уменьшение веса транспортного средства в основном достигается за счет оптимизации конструкции, уменьшения размеров или уменьшения толщины, а также использования материалов с более низкой плотностью с более высокой прочностью по отношению к весу и / или более высоким отношением жесткости к весу. Ожидается, что новые поколения автомобилей будут содержать все большее количество и разнообразие инновационных материалов в своих компонентах. Ведущие облегчающие материалы для конструкций кузова включают современные высокопрочные стали (AHSS), алюминий, магний, а также пластиковые и полимерные композиты. Инновационные комбинации этих материалов доступны в таких формах продукции, как листы, пластины, пресс-формы/отливки и экструзии.

Основной тенденцией современного машиностроения является использование материалов и конструкций с высокой прочностью и малым удельным весом, что позволяет снизить массу конечного изделия [1,2]. Примером таких материалов являются мультиматериальные или гибридные конструкции, состоящие из нескольких разнородных металлических сплавов, соединенных сваркой, болтовым соединением или пайкой [5, 6].

Использование этих передовых материалов создает необходимость в разработке надежных и экономичных решений для соединения деталей и узлов из разных материалов. Производители применяют опыт в ряде надежных решений, выходящих далеко за рамки обычной контактной точечной сварки стали со сталью (RSW), обычно выполняемой роботами на сборочной линии. Поскольку развиваются новые цепочки поставок, использование новых легких материалов в критически важных для безопасности автомобильных компонентах часто требует проверки качества их изготовления, в том числе качества соединений, когда они интегрированы в конструкцию.

Проектирование соединения — это повторяющийся инженерный процесс, который как минимум требует учета разнообразных факторов и свойств материалов и соединений, таких

как поглощение энергии, усталость, структурная целостность, качество поверхности, формуемость и шум, вибрация и жесткость (NVH). Для соединения передовых материалов требуется солидная база инженерных знаний и виртуальные инструменты для моделирования соединений. Выбор материала и конструкция с использованием этих разнородных материалов обуславливают необходимость учета химических и термодинамических взаимодействий соседних компонентов, таких как гальваническая коррозия и тепловое несоответствие.

Чтобы повысить уверенность производителей транспортных средств в соединении нескольких материалов, критически важные для безопасности детали часто проверяются в автономном режиме в ходе трудоемких и часто избыточных операций с использованием как разрушающих, так и неразрушающих методов оценки (NDE). Таким образом, успешное применение разнообразных материалов в транспортных средствах будущего должно также учитывать аспекты жизненного цикла, такие как разборка, ремонт и переработка отходов смешанных материалов по окончании срока службы. Эти междисциплинарные проблемы лучше всего решать путем сотрудничества и совместной разработки с участием автопроизводителей и их многоуровневых баз поставщиков.

При принятии решений по уменьшению веса следует учитывать все этапы проектирования и производства автомобиля (и, возможно, на протяжении всего жизненного цикла продукта), а также синергетический эффект на трансмиссию и шасси в результате снижения веса конструкции кузова. Для эффективного включения различных материалов в транспортное средство необходимо показать, что множество методов, исследованных для их соединения, являются надежными, экономически эффективными и долговечными при различных нагрузках и условиях окружающей среды. Это одна из самых больших проблем, с которыми сталкивается автомобильная промышленность при работе с разнообразием материалов.

Библиография

1. Martinsen, K.; Hu, S.J.; Carlson, B.E. Joining of dissimilar materials. *CIRP Ann.* 2015, 64, 679–699. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850615001456>
2. Seffer, O.; Pfeifer, R.; Springer, A.; Kaieler, S. Investigations on laser beam welding of different dissimilar joints of steel and aluminum alloys for automotive lightweight construction. *Phys. Procedia* 2016, 83, 383–395. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187538921630147X>
3. Coifu Iu., Nițulenco T., Bolunduț I.-L., Toca A. *Studiul și Ingineria Materialele (materiale metalice)*. Chișinău U.T.M., 2012. -467 p.
4. Coifu Iu., Nițulenco T., Bolunduț I.-L., Toca A. *Simbolizarea materialelor metalice în sistemele de standarde GOST (Rusia), STAS (România) și EN (Uniunea Europeană)* Editura Tehnica UTM, Chișinău, 2013. - 256 p.
5. Schwartz, M. *Soldering—Understanding the Basics*; ASM International: New York, NY, USA, 2014. <https://www.goodreads.com/book/show/41162534-soldering>
6. Ryabov, V.R.; Rabkin, D.M.; Kurochko, R.S.; Strizhevskaya, L.G. *Welding of Dissimilar Metals and Alloys*; Mashinostroenie Publishers: Moscow, Russia, 1984; p. 239
7. Coifu Iu., Nițulenco T., Bolunduț I.-L., Toca A. *Studiul și Ingineria Materialele (materiale nemetalice)*. Sticla. Chisinau, Editura UTM, 2014, 256 pag.
8. Smallman, R.E.; Bishop, R.J. *Metals and Materials*, 1st ed.; Butterworth-Heinemann: Birmingham, UK, 1995; p. 444. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750610933/metals-and-materials>
9. Kaviani, O.; Cooke, A.M. Atieh Diffusion welding Current Trends in Dissimilar Diffusion Bonding of Titanium Alloys to Stainless Steels, Aluminium and Magnesium. *J. Manuf. Mater. Process.* 2020, 4, 39. <https://www.mdpi.com/2504-4494/4/2/39>
10. Lee, S.J.; Takahashi, M.; Kawahito, Y.; Katayama, S. Microstructural evolution and characteristics of weld fusion zone in high speed dissimilar welding of Ti and Al. *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 2015, 16, 2121–2127. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12541-015-0274-z>
11. Kuryntsev, S.V. Microstructure, mechanical and electrical properties of laser-welded overlap joint of CP Ti and AA2024. *Opt. Lasers Eng.* 2019, 112, 77–86. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143816618307437>
12. Toca A., Nițulenco T., Ciuperca R. *Analiza sistemică și funcțională*. –Chisinau: Tehnica UTM, 2022.- 280 p.

13. Li, L.Q.; Xia, H.B.; Tan, C.W.; Ma, N.S. Effect of groove shape on laser welding-brazing Al to steel. *J. Mater. Process. Technol.* 2018, 252, 573–581.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924013617304740>
14. Meco, S.; Cozzolino, L.; Ganguly, S.; Williams, S.; McPherson, N. Laser welding of steel to aluminium: Thermal modelling and joint strength analysis. *J. Mater. Process. Technol.* 2017, 247, 121–133. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013617301310>
15. Meco, S.; Ganguly, S.; Williams, S.; McPherson, N. Design of laser welding applied to T joints between steel and aluminium. *J. Mater. Process. Technol.* 2019, 268, 132–139.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013619300032>
16. Yunfei, M.; Gong, M.; Shuai, Z.; Yazhou, Z.; Ming, G. Effects of oscillating laser offset on microstructure and properties of dissimilar Al/steel butt-joint. *Opt. Lasers Eng.* 2020, 128, 106037. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143816619317646>.
17. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 *Adv. Mat. Res.* 112 01026
18. Mazuru Sergiu, Vlase A and Scaticailov S 2014 *Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)*
19. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 *Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)*
20. Bostan I., Mazuru Sergiu *Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752*
21. Bostan I Dulgheru V Glușco C and Mazuru Sergiu 2011 *Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices)*
22. Mazuru S 2010 *Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a)*
23. Bostan I, Mazuru S and Botnari V 2011 *Cinetic process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România)*
24. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S *Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.*
25. Mazuru S.. *Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. Thesis for: Doctor of Technical Sciences.2019, UTM. DOI:10.13140/RG.2.2.19477.76005.*

26. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
27. Slătineanu L., Coteață M., Pop N., Mazuru S., Coelho A., Beșliu I. Impact phenomena at the abrasive jet machining. *Nonconventional technologies Review* , nr. 1, 2009, p.96-99.
28. Mazuru S. and Casian M., *Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system*, *Advanced Materials Research*, Vol. 1036 (2014) pp 286-291.;
29. Casian M. and Mazuru S., *A study concerning the workpiece profile after grinding process of precessional gear wheels*, *Advanced Materials Research*, Vol. 1036 (2014) pp 292-297.;
30. Chereches T, Lixandru P., Mazuru S., Cosovschi P. and Dragnea D. Numerical Simulation of Plastic Deformation Process of the Glass Mold Parts. *Applied Mechanics and Materials* Vol. 657 (2014) pp 126-132.;
31. Stanislav DUER, Radoslav DUER, Sergiu MAZURU. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a technical object" . *Nonconventional Tehnologies revive* volume XX no.2/2016 (2016). Timisoara Romania pp . 23-29, ISSN: 2359-8646;
32. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Processes generating non-standard profiles variable convex- concav of precessional gear. *Journal of Engineering Sciences and Innovation*. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
33. Slatineanu L., Toca A., Mazuru S., Dodun O., & Coteata M. Theoretical Model of the Surface Roughness at the End Milling with Circular Tips *Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium*, , Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2008, pp.1273-1274.
34. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. First part. *Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009*.
35. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. Second part. *Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009*.
36. Mazuru S. System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements. First part. *The 14th International Confercence Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2010*, 20-22 May, 2010 Slănic Moldova Romania.

37. Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation tehnology hardening chemical – heat. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX). Fasc. 2a 2010
38. Slătineanu, L., Gonçalves-Coelho, A., Coteață, M., Uliuliuc, D., Grigoraș (Beșliu), I., Mazuru, S. Teaching students the basics of designing experimental research equipment. ICAD 2011. Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design. Editor: Mary Kathryn Thompson, KAIST, Daejeon, Republic of Korea, pag. 195-203.
46. Мазуру С. Г. Математическое моделирование кинематики процесса зубошлифования. Машиностроение и техносфера XXI века Том 5. Donetsk, 2006.
47. Bostan I., Mazuru S., Contribuții la studiul stratul superficial în urma rectificării danturii (partea I.) Buletinul institutului politehnic Iași, Tomul LII, Fascicula Va, Secția Construcția de Mașini, Iași.
48. Bostan I., Mazuru S., Contribuții la studiul stratul superficial în urma rectificării danturii (partea II.) Buletinul institutului politehnic Iași, Tomul LII, Fascicula Va, Secția Construcția de Mașini, Iași.
49. P. Topala, V. Besliu, R. Surugiu, D. Luca, S. Mazuru. Applying graphite pellicles formed by electrical discharges in impulse to improve the exploitation performances of metal surfaces – FIZICĂ ȘI TEHNICĂ: Procese, modele, experimente, nr. 2, 2012.
50. V. IAȚCHEVICI, S. MAZURU. Mechanisms for stimulating innovation and technology transferin the Republic of Moldova. Revista Intellectus. 3/2014, p. 68-72.
51. P. Topală, V.Besliu, R. Surugiu, D. Luca, S. Mazuru. Applying graphite pellicles formed by electrical disharges în impulse to imrove the Republic of Moldova. Revista Intellectus. 3/2014, p.68-72.
52. Mazuru S., Botnari V., Mazuru A. Sculă abrazivă. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 622. BOPI nr. 4/2013.
53. Mazuru Sergiu, Mardari Alexandru, Procedeu de presare umedă a pulberilor metalice. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 452, 2016.04.20, 2017.03.31.
54. Mazuru Sergiu, Mardari Alexandru, Formă de presarea pulberilor metalice. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 676, 2013.09.30, 2014.04.30.
55. Mazuru S., Botnari V. Perie circulară cu pereți din metal. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 494. 2012.03.31 . B24D31/10.
56. Мазуру С. Г. Математическое моделирование кинематики процесса зубошлифования. Машиностроение и техносфера XXI века Том 5. Donetsk, 2006.
57. Mazuru S., Scaticailov S. , Mazuru A. Some aspects of the nitriding process of parts in machine construction. Conference: 11th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies. Bucuresti, Romania IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012011.

58. Mazuru S., Scaticailov S. The role of the friction process in abrasive grain micro cutting technology. Conference: 11th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies. Bucuresti, Romania IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012010.
59. Scaticailov S., Mazuru S., Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate /Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Dep. Tehnologia Construcțiilor de Mașini. – Chișinău : Tehnica-UTM, 2018. – 397 p. : fig., tab.
60. But Adrian, Mazuru Sergiu, Gal Lucian, Scaticailov Serghei. Fabricația Asistată de calculator. Editura Tehnica-UTM, ISBN: 978-9975-45-743-9, Vol. I, 2021, 179 p.
61. Mazuru Sergiu. Metode și procedee de fabricare aditivă. Editura Tehnica-UTM, ISBN: 978-9975-45-741-5, 2021, 144 p.
62. Bostan Ion, Mazuru Sergiu Processes generating non-standard profiles variable convex-concav of precessional gear. Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
63. Laurențiu Slătineanu¹, Margareta Coteață, Sergiu Mazuru. Requirements and solutions for a device for wire electrical discharge machining. Nonconventional Technologies Review. Vol. 25 No 1 2021, pp. 3-7. <http://www.revtn.ro/index.php/revtn/article/view/324/286>