

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Asigurarea tehnologică a
multimaterialității caroseriei
automobilului**

Student: Marian Mihai

Conducător: conf. dr. Alexei Toca

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. dr. hab. Sergiu Mazuru

„ ” _____ 2023

Asigurarea tehnologică a multimaterialității caroseriei automobilului

Teză de master

Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini

Student: _____ (Marian Mihai)

Conducător: _____ (Alexei Toca)

Chișinău – 2023

Rezumat

MARIAN MIHAI. Asigurarea tehnologică a multimaterialității caroseriei automobilului. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricatiei; 2023. Teză de master: pag. 53, desene – 26, surse bibliografice – 89.

Structurile portante ale automobilelor se dezvoltă preponderent pe criteriul minimizării greutății, care se poate asigura prin proiecte de caroserii cu rezistență egală globală și locală. Utilizarea diferitelor materiale este o direcție care asigură reducerea greutății. Asigurarea tehnologică a acestor structuri este asigurată în principal prin sudare. Procesele de sudare a diferitelor materiale metalice cu fascicul Laser sunt foarte complexe și prevăd deplasarea punctului de aplicare a fascicului spre unul din materiale și acest fapt este determinat de raportul proprietăților fizice ale materialelor supuse sudării.

Summary

MARIAN MIHAI. Technological assurance of the multi-materiality of the car body. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2023. Master thesis: page 53; drawings – 26, bibliographic sources – 89.

The load-bearing structures of automobiles are mainly developed based on the criterion of weight minimization, which can be ensured through body projects with equal global and local resistance. The use of different materials is a direction that ensures weight reduction. The technological assurance of these structures is mainly realized by welding. The processes of welding different metal materials with a laser beam are very complex and involve moving the point of application of the beam towards one of the materials and this fact is determined by the ratio of the physical properties of the materials subjected to welding.

Cuvinte cheie: perfecționarea tehnologiei, caroserie, automobil, sudare, proprietăților fizice.

Key words: technology improvement, bodywork, automobile, welding, physical properties.

	pag
1. Introducere	7
2. Sudarea și sudabilitatea	10
3. Tehnologii multimateriale pentru formarea îmbinărilor permanente	15
3.1. Parametri luați în considerare la alegerea tehnologiilor de conectare	19
3.2. Provocări cheie în tehnologiile de îmbinare a multimaterialelor	22
4. Sudarea cu laser a materialelor diferite (Al/Fe, Al/Ti, Al/Cu) – metode și tehnici, microstructură și proprietăți	25
4.1. Proprietăți fizice și termofizice Al, Fe, Ti, Cu	29
4.2. Metode și tehnici de sudare cu laser a metalelor diferite	30
4.3. Sudarea cu laser a aliajelor de aluminiu pe oțel	32
4.4. Sudarea cu laser a aliajelor de aluminiu cu aliaje de titan	39
4.5. Sudarea cu laser a aliajelor de aluminiu cu cupru	45
5. Concluzii	55
Bibliografie	52

1. Introducere

Reducerea greutateii vehiculelor, numită și ușurare, este urmărită strategic de producătorii de automobile din întreaga lume pentru a atinge obiectivele de reglementare și de piață. Reducerea greutateii vehiculului se realizează în primul rând prin optimizarea designului, reducerea dimensiunilor sau reducerea grosimii și utilizarea materialelor cu densitate mai mică, cu rapoarte mai mari rezistență-greutate și/sau rigiditate-greutate mai mari. Noile generații de mașini sunt de așteptat să conțină un număr și o varietate tot mai mare de materiale inovatoare în componentele lor. Principalele materiale ușoare pentru structurile caroseriei includ oțeluri avansate de înaltă rezistență (AHSS), aluminiu, magneziu și compozite din plastic și polimer. Combinații inovatoare ale acestor materiale sunt disponibile în forme de produs, cum ar fi foi, plăci, matrițe/turnări și extrudate.

Principala tendință a ingineriei mecanice moderne este utilizarea materialelor și structurilor cu rezistență ridicată și greutate specifică scăzută, ceea ce permite reducerea greutateii produsului final [8, 13]. Un exemplu de astfel de materiale sunt structurile multimateriale sau hibride constând din mai multe aliaje metalice diferite îmbinate prin sudare, șuruburi sau lipire [11, 12].

Utilizarea acestor materiale avansate creează nevoia de a dezvolta soluții fiabile și rentabile pentru îmbinarea pieselor și ansamblurilor din diferite materiale. Producătorii aplică expertiza unei game de soluții robuste care depășesc cu mult sudarea oțel-oțel cu rezistență convențională (RSW) realizată de obicei de roboți pe o linie de asamblare. Pe măsură ce noile lanțuri de aprovizionare evoluează, utilizarea de noi materiale ușoare în componentele auto critice pentru siguranță necesită adesea testarea calității producției lor, inclusiv a calității conexiunilor atunci când sunt integrate în proiectare.

Proiectarea conexiunii este un proces de inginerie iterativ care, cel puțin, necesită luarea în considerare a unei varietăți de factori și proprietăți ale materialelor și conexiunilor, cum ar fi absorbția de energie, oboseala, integritatea structurală, calitatea suprafeței, formabilitatea și zgomotul, vibrațiile și duritatea. Conectarea materialelor avansate necesită o bază solidă de cunoștințe de inginerie și instrumente virtuale pentru modelarea articulațiilor. Selectarea materialelor și proiectarea folosind aceste materiale diferite necesită luarea în considerare a interacțiunilor chimice și termodinamice ale componentelor adiacente, cum ar fi coroziunea galvanică și nepotrivirea termică.

Pentru a spori încrederea producătorilor de vehicule în îmbinarea mai multor materiale, piesele critice pentru siguranță sunt adesea testate offline în operațiuni care necesită multă muncă și adesea redundante, folosind atât tehnici de evaluare distructivă, cât și nedistructivă. Astfel, aplicarea cu succes a diverselor materiale în vehiculele viitoare trebuie să ia în considerare și aspecte ale ciclului

de viață, cum ar fi dezasamblarea, repararea și reciclarea la sfârșitul vieții materialelor amestecate. Aceste provocări interdisciplinare sunt cel mai bine abordate prin colaborare și co-dezvoltare care implică producătorii de automobile și bazele lor de aprovizionare pe mai multe niveluri.

Atunci când se iau decizii de reducere a greutății, ar trebui să se ia în considerare toate etapele de proiectare și producție a vehiculului (și, potențial, pe parcursul ciclului de viață al produsului), precum și efectul sinergic asupra grupului de propulsie și șasiului rezultat din greutatea redusă a structurii caroseriei. Pentru a încorpora în mod eficient diferite materiale într-un vehicul, este necesar să se demonstreze că varietatea de metode explorate pentru a le îmbina sunt fiabile, rentabile și durabile într-o varietate de sarcini și condiții de mediu. Aceasta este una dintre cele mai mari provocări cu care se confruntă industria auto atunci când are de-a face cu o varietate de materiale.

Conexiunea este o considerație importantă pentru vehiculele cu materiale mixte și prezintă provocări diferite în comparație cu lipirea materialelor monolitice - exemplele includ; rentabilitate, dilatare termică, coroziune, durabilitate și compatibilitate cu procesele. Considerațiile pentru selecția materialelor sunt largi și pot include considerații precum; absorbția de energie, integritatea structurală, rigiditatea transferului de sarcină, calitatea suprafeței, formabilitatea, ciclul de viață și factorii de mediu, infrastructură, modelare și multe altele.

Bibliografie

1. Ciofu Iu., Nițulenco T., Bolunduț I.-L., Toca A. Studiul și Ingineria Materialele (materiale metalice). Chișinău U.T.M., 2012. -467 p.
2. Ciofu 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.
3. Ciofu Iu., Nițulenco T. ,Bolunduț I.-L. , Toca A. . Studiul și Ingineria Materialele (materiale nemetalice). Sticla. Chisinau, Editura UTM, 2014, 256 pag.
4. Kavian, 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>
5. 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>
6. 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>
7. 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>
8. 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>
9. 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>
10. 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>
11. 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
12. Schwartz, M. Soldering–Understanding the Basics; ASM International: New York, NY, USA, 2014. <https://www.goodreads.com/book/show/41162534-soldering>

13. Seffer, O.; Pfeifer, R.; Springer, A.; Kaierle, 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>
14. 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>
15. Toca A., Nitulenco T., Ciuperca R. *Analiza sistematica si functionala*. –Chisinau: Tehnica UTM, 2022- 280 p.
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. STRONCEA A. , MAZURU, S. Componentele unui sistem complex de activități inovatoare.. *Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. In culegerea de lucrări științifice ale conferinței internaționale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chișinău, 2005, V. 5, p. 542 – 544.
18. BOSTAN, I., MAZURU, S., PEREU, E. Повышение нагрузочной способности зубчатых колес технологической комбинированной обработкой. *В сборнике трудов 13-й международной научно-технической конференции Машиностроение и Техносфера XXI века*. Том 1. Донецк, 2006, с. 156 - 160.
19. SLĂTINEANU, L., DODUN, O., MAZURU, S. Some geometrical considerations concerning the applying of the facing test for the machinability studying. *Proceedings. The 5th International Conference on advanced manufacturing technologies. ICAMaT 2007. 12th-14th July 2007. Sibiu. AGIR Publishing House. Academy of Technical Science of Romania. ISSN 1843-3162, paginile 21-24.*
20. BOSTAN, I., MAZURU, S., TOCA, A., SCATICAILOV, S. Unele particularități de rectificare de rectificare a suprafețelor întrerupte. *In culegerea de lucrări științifice ale conferinței internaționale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chișinău, 2001, V. 3, p. 284 - 287.
21. SCATICAILOV, S., MAZURU, S., CRETU, Ș., Sporirea preciziei de danturare prin alegerea corectă a dinților lirei de divizare. *In culegerea de lucrări științifice ale conferinței internaționale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chișinău, 2001, V. 3, p. 368 - 372.
22. BOSTAN, I., MAZURU, S., TOCA, A., SCATICAILOV, S. Modelul imitațional al procesului de rectificare a danturilor. *In culegerea de lucrări științifice ale conferinței internaționale*

- Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chişinău, 2001, V. 3, p. 275 - 279.
23. OLEVSCII A. , MAZURU, S. Procedeu de prelucrare a roţilor dinţate precesionale. *Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. In culegerea de lucrări ştiinţifice ale conferinţei internaţionale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chişinău, 2005, V. 3, p. 331 – 334.
 24. BOSTAN, I., MAZURU S., BOTNARI VI. Kinetic process of teeth grinding. *In proceedings of the 15th International Conference “Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2011”*, Vadu lui Vodă, RM, ModTech Publishin house Iassy, 2011, vol. 2, pp.121-124.
 25. METELISKI V., MAZURU S. Обеспечение точности базирования интегрированием погрешностей технологической базы. В сборнике трудов 18-й международной научно-технической конференции Машиностроение и Техносфера XXI века Том 2. Донецк, 2011, с. 171 - 175.
 26. BOSTAN, I., MAZURU S. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. First part. *In proceedings of the 13th International Conference “Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2009”*, Iaşi, Romania, Politehnum Publishing House "Gh. Asachi" Technical University of Iasy, 2009, pp. 391 – 394.
 27. BOSTAN, I., MAZURU S., VACULENCO M. System reability and optimization processing parameters for its accuracy elements. Second part,. *In proceedings of the 14th International Conference “Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2010”*, Slanic Moldova, Romania, Politehnum Publishing House "Gh. Asachi" Technical University of Iasy, 2010, pp. 143 – 146.
 28. MAZURU, S. Analiza mecanismului formării componentelor erorii cinematice ale roţilor dinţate. Partea I. *Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. In culegerea de lucrări ştiinţifice ale conferinţei internaţionale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chişinău, 2007, V. 1, p. 73 – 80.
 29. TOCA, A., MAZURU, S., RUSICA, I., MARINESCU, O. Fenomena and effects of errors compensation on conditions of the sizes’ machining accuracy *In proceedins of 32nd Interanational Scientific Conference “Modern Technologies in the XXI Century”*. 6 -. Technology, Bucureşti, ATM, 2007, pp. 61-68.
 30. METELISKI V., MAZURU S., MARDARI VI. Газотермическое напыление порошковых материалов для получения защитных покрытий с заданными свойствами. В сборнике трудов 17-й международной научно-технической конференции Машиностроение и Техносфера XXI века Том 2. Донецк, 2010, с. 179 - 183.

31. TOCA A., MAZURU, S., STOICEV P., AJDER V., USANLÎ D., PODBORSCHI V. Cadrul calificărilor în domeniul de formare profesională 521- inginerie și tehnologii industriale. Partea II. Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. *In culegerea de lucrări științifice ale conferinței internaționale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chișinău, 2007, V. 4, p. 419 – 424.
32. BOSTAN, I., MAZURU, S., PEREU, E., SCATICAILOV S. Mandrină pentru centrarea și fixarea roților dințate conice. Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. *In culegerea de lucrări științifice ale conferinței internaționale Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare*. Chișinău, 2007, V. 2, p. 33 – 36.
- 33.
34. BOSTAN I., SCATICAILOV S. ,MAZURU S. Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției.. Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul LVI, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași Fasc. Vc, 2004, pp. 749-752.
35. CHERECHES T., LIXANDRU P., MAZURU S., COSOVSKI P. Numerical simulation of plastic deformation process of the glass molds cast iron. *Прогрессивные технологии и системы машиностроения*. Международный сборник научных трудов. Выпуск 2(65), Донецк, 2019, с. 83 - 94.
36. IAȚCHEVICI V., MAZURU S.. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. *Revista Intellectus*. AGEPI, Chișinău, 3/2014, p. 68-72.
37. TOPALA P., BESLIU V., SURUGIU R., LUCA D., MAZURU S. 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.
38. 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 & proceedings*, 01/2008, pp. 1273 - 1275.
39. METELSKI V. , MAZURU S. Constructive methods to ensure the accuracy of technological-quality indicators gears. *In proceedings of the 16th International Conference “Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2011”*, Sinaia, România, ModTech Publishing house Iassy, 2012, Vol 2, pp.541-544.
40. BOSTAN I. , MAZURU S., CASIAN M., MAZURU A. Оптимизация параметров точности элементов технологических систем операций зубообработки. *В сборнике трудов 19-й международной научно-технической конференции Машиностроение и Техносфера XXI*

века. Том 2. Донецк, 2012, с. 109 - 112.

41. BOTNARI, VI., MAZURU S., SCATICAILOV, S., MAZURU A., Sposob i ustroistvo dlia uprociniaiuşei obrabotchi s naneseniem pocrîtii poverhnostnogo sloia yubiev yubcatih coles. *B сборнике трудов 19-й международной научно-технической конференции Машиностроение и Техносфера XXI века*. Том 3. Donetsk, 2013, с. 98 - 103.
42. BOSTAN I., MAZURU S., VACULENCO M., SCATICAILOV S. Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating. IX international congress "Machines, Technologies, Materials 2012", Varna, Bulgaria, 2012, Vol. I.
43. TOPALĂ, P., MAZURU S., BEŞLIU V. , COSOVSCII P., Ojegov A.. Application of edi in increasing durabilty of glass molding poansons. *In procedings of the 15th International Conference "Modern Technologies, Quality and Innovation – ModTech 2011"*, Vadu lui Vodă, RM, ModTech Publishin house Iassy, 2011, vol. 2, pp.1093-1096.
- 44.
45. BOSTAN I., MAZURU S., CASIAN M., TOCA, A., Axial adjustment method for precessional transmissions, *TEHNOMUS jurnal*. Nr. 24. 2017. Suceava. ISSN-1224-029X. p. 30-36.
46. BOSTAN I., MAZURU S., CASIAN M., Method of axial adjustment for precessional transmissions. *Mechanical and Manufacturing Equipment Devices and Instrumentation.*, Volume 178, 2018.
47. CASIAN, M., MAZURU S. *A study concerning the workpiece profile after grinding process of precessional gear wheels. Advanced Materials Research*, Vol. 1036 (2014) pp. 1022-1030.
48. MAZURU S., CASIAN, M. *Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system. Advanced Materials Research*, Vol. 1036 (2014) pp. 286-291.
49. CHERECHES T., LIXANDRU P., MAZURU S., and DRAGNEA D. Numerical simulation of the operation of a plasma gun in mission to mars planet. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies* ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 2 / 2015, pp. 27 - 31;
50. DUER S., DUER R., MAZURU S. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a tehcnical object". *Neconventional Tehnologies revive* volume XX no.2/2016 (2016).
51. POSTOLACHI A., PASINCOVSCHI V. , MAZURU S. The method of the bevel cog-weels plastic deformation. *Buletinul Institutului Politehnic Iaşi, Tomul LVII, Universitatea Tehnică*

- „Gh. Asachi” din Iași Fasc. 5b, 2006, pp. 587-591. ISSN: 1011-2855.
52. 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, Timisoara Romania pp . 96-99.
 53. CHERECHES T., LIXANDRU P., MAZURU S., COSOVSCI 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.
 54. BOTNARI VI., MAZURU S. Influence of Processing Parameters on the Quality of the Superficial Layer after Processing Surfaces with Plastic Deformation Processes. *Applied Mechanics and Materials* Vol. 657 (2014) pp 147-152.
 55. BOSTAN I., MAZURU S., VACULENCO M. Method, standards and the equipment for energetic indexes research of the rectification process. *Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul XLVIII, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași Fasc. Supliment I, 2002, pp. 37-40.*
 56. BOSTAN I., TOCA A., SCATICAILOV S., MAZURU S. Cercetarea variației secțiunii transversale teoretice a așchiilor dintre sculă și roată dințată conică recesională la rectificare și frezare.. *Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul LVI, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași Fasc. Vc, 2004, pp. 753-756.*
 57. RUȘICA I., MAZURU S., TOCA A ., BOTNARI VI., ROSCA A. Исследование точности позиционирования инструментальной головки токарно винторезного станка с ЧПУ. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Departamentul editorial-poligrafic al UTM. 2013, 21 p.
 58. TOCA, Alexei; RUȘICA, Ivan; MAZURU, Sergiu; CIUPERCĂ, Rodion; NIȚULENCO, Tatiana; STRONCEA, Aurel; CASIAN, Maxim; SCATICAILOV, Sergiu. Tehnologia construcțiilor de mașini. Indicații metodice privind lucrările de laborator. Partea 2 - Departamentul editorialpoligrafic al UTM Chisinau, 2019.
 59. SCATICAILOV S. MAZURU S. și., MAZURU A. Some aspects of the nitriding process of parts in machine construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1018, 2020.*
 60. MAZURU S. și., SCATICAILOV S. New technological solution for manufacturing precessional gears with non-standard profile. *Acta Technica Napocensis. Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering.* Vol. 66, No 5, October, 2023, pp. 265-272.

61. 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.
62. MAZURU S., SCATICAILOV S. , STÎNGACI I. Grinding of the gears with high depth processing. 21st Innovative Manufacturing Engineering & Energy International Conference – IManE&E 2017, MATEC Web of Conferences, Volume 112, 2017.
63. SCATICAILOV S. MAZURU S., , CASIAN M. The processing accuracy of the gear. 21st Innovative Manufacturing Engineering & Energy International Conference – IManE&E 2017, MATEC Web of Conferences, Volume 112, 2017.
64. BOSTAN I., MAZURU S., 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.
65. MAZURU S. SCATICAILOV S. The role of the friction process in abrasive grain micro cutting technology. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1018, 2020.
66. SLĂTINEANU L., COTEAȚĂ M., BOSOANCA Gh., DODUN O., HRIȚUC A., BEȘLIU I., MAZURU S. Requirements and solutions for a device for wire electrical discharge machining. Nonconventional Technologies Review Romania, March, 2021. Vol 25 no 1, p. 3-7.
67. BOSTAN I., MAZURU S., SCATICAILOV S. Technologies for precessional planetary transmissions toothing generation. TEHNOMUS jurnal. Nr. 20. 2013. Suceava. ISSN-1224-029X. p. 226-233.
68. Sergiu MAZURU. Metode și procedee de fabricare aditivă. Editura tehnica-UTM, 144 p. 2021.
69. Adrian BUT, Sergiu MAZURU, Serghei Scaticailov. Fabricația asistată de calculator. Editura tehnica-UTM, 179 p. 2021.
70. Vlase A., Mazuru S. și Scaticailov S. Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat – Chișinău. Tehnica-U.T.M. 2014. -248 p.
71. MAZURU, S., TOCA, A., STÎNGACI, I., SCATICAILOV, S., ROȘCA, A., METELSKI V. *Indicații metodice pentru lucrări de laborator la disciplina Tehnologia Presării la Rece*. UTM, 2012 - 66 pag.
72. TOCA, A., RUȘICA, I., MAZURU, S., CIUPERCĂ, R., UȘANLÎ, D., SCATICAILOV, S., STRONCEA, A., NIȚULENCO, T., ROȘCA, A., CASIAN, M., SOMNIC, R. *Programul*

- Inginerie Inovațională și Transfer Tehnologic. Stagii de practică. Indicații metodice.* Chișinău, Editura „Tehnica–UTM”, 2018, 10 pag.
73. TOCA, A., RUȘICA, I., MAZURU, S., CIUPERCĂ, R., UȘANLÎ, D., SCATICAILOV, S., STRONCEA, A., NIȚULENCO, T., ROȘCA, A., CASIAN, M., SOMNIC, R. *Programul Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Stagii de practică. Indicații metodice.* Chișinău, Editura „Tehnica–UTM”, 2018, 10 p.
74. TOCA, A., MAZURU, S., CIOBANU, A., RUȘICA, I., MOCREAC, S., STRONCEA, A. *Reglarea mașinii de frezat vertical pentru prelucrarea aplanării: îndrumar metodic pentru lucrarea de laborator nr 6. Erori de orientare la instalarea pieselor cu suprafețe cilindrice pe prisme: îndrumar metodic pentru seminare.* UTM, 2004. - 16 pag.
75. CIOBANU, A. TOCA, A. MAZURU, S. UȘANLÎ, D. *Stagii de practică. Program și indicații metodice.* UTM, , 2004. - 36 pag.,
76. MAZURU, S., TOCA, A., DOHOTARU, I., RUȘICA, I. MARDARI, A., ROȘCA, A., STÎNGACI, I. BOTNARI, V., METELSKI, V. *Indicații metodice pentru lucrări de laborator la disciplina Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Partea I.* UTM, 2011. - 52 pag.
77. MAZURU S., PEREU I. *Proiectarea dispozitivelor și verificatoarelor. Programul cursului, sarcinile și indicațiile metodice pentru elaborarea lucrării de verificare* - Departamentul editorial-poligrafic al UTM Chisinau, 2006.
78. Toca, A Ciobanu, S Mazuru *Ingineria sistemelor de producere. Lucrări practice.* - Departamentul editorial-poligrafic al UTM Chisinau, 2004.
79. TOCA, A. STRONCEA, A. MAZURU, S. CIOBANU, A. MOCREAC, S. RUȘICA, I. *Achiziționarea și prelucrarea datelor experimentale: Îndrumar metodic pentru lucrări de laborator. Repartiții experimentale și teoretice: îndrumar metodic pentru seminare.* UTM, 2004. - 26 pag.
80. BOSTAN I. , DULGHERU V., GLUȘCO C., MAZURU S., VACULENCO M. *Antologia invențiilor. Vol.2. Transmisii planetare precesionale.* Chișinău: Bons Offices, 2011. 542 p.
81. BOSTAN Ion, MAZURU Sergiu, VACULENCO Maxim, TRIFAN Nicolae. *Procedeu de prelucrare prin electroeroziune a pieselor cu contur complicat si suprafete oblice.* Brevet MD 2674, CIB B24B 1/00.
82. BOSTAN Ion, MAZURU Sergiu, VACULENCO Maxim. *Procedeu de prelucrare prin electroeroziune a suprafețelor roților dințate ale transmisiei precesionale.* Brevet MD 2609, CIB

B23H 1/00.

83. BOSTAN Ion, MAZURU Sergiu, VACULENCO Maxim. Dispozitiv pentru rodarea prin electroeroziune a elementelor conjugate ale masinilor. Brevet MD 2494, CIB B23H 1/00.
84. SUBOTIN Iurie, MAZURU Sergiu, TOPALA Pavel, SCATICAILOV Serghei, COSOVSKI Pavel, STÎNGACI Ion, MARDARI Alexandru, BOTNARI Vlad. Lichid de ungere și răcire. Brevet MD 418, CIB C03B 9/32, C03B 9/36.
85. BOSTAN Ion, MAZURU Sergiu, SLĂTINEANU Laurențiu; STÎNGACI Ion, COSOVSKI Pavel. Procedeu de formare a microreliefului regulat pe suprafața dinților roții dințate. Brevet MD 374, CIB B23F 19/00, B23F 19/06.
86. TOPALA Pavel, MAZURU Sergiu, BEȘLIU Vitalie, COSOVSKI Pavel. Procedeu de durificare a suprafețelor metalice. Brevet MD 4184, CIB B23H 1/00, B23H 1/06.
87. TRIFAN Nicolae, MAZURU Sergiu, MAZURU Alexandru, CIOTU Andrei. Dispozitiv pentru durificarea dinților roților dințate conice. Brevet MD 4811, CIB B21H 5/00, B24B 39/00.
88. TRIFAN Nicolae, MAZURU Sergiu, MAZURU Alexandru. Procedeu de durificare a pieselor din oțel. Brevet MD 4813, CIB C23C 8/24, C23C 10/08.
89. Sergiu MAZURU. Bazele proiectării dispozitivelor. Editura tehnica-UTM, 181 p. 2001.