

***Proiectarea pieselor din mase plastice și a
matrițelor de injecție***

Student: Octavian CIUREA

Conducător: conf.univ., dr. hab. Sergiu MAZURU

Chișinău – 2020

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Programul de masterat „Ingineria Produselor și a Proceselor în
Construcția de Mașini”

Admis la susținere
Șef de dep.: conf. univ., doctor. Ciurperca Rodion
" - " _____ 2020

Proiectarea pieselor din mase plastice și a
matritelor de injecție

Teză de master

23.12.2019
Masterand: _____ (Ciurea Octavian)
Conducător: _____ (Mazuru Sergiu)

Chișinău – 2020

REZUMAT

Octavian CIUREA. Proiectarea pieselor din mase plastice și a matrițelor de injecție. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Tehnologia Construcțiilor de Mașini; 2020. Teză de master: pag. 76, desene – 32.

În această lucrare sunt puse problemele precum: proiectarea pieselor din mase plastice obținute prin injecție și alegerea materialelor. Problemele care pot apărea la turnare precum rezistența liniei de lipire, deformarea sau dificultățile la ejectarea pieselor din formele de turnare. Descrierea proprietăților fundamentale a materialelor din mase plastice. Eficiența combustibilului a devenit una dintre cele mai importante caracteristici în proiectarea vehiculelor auto datorită creșterii prețurilor la combustibil și a reglementărilor de mediu mai stricte. Acest lucru, combinat cu cererea mare de vehicule auto, precum și creșterea venitului disponibil în economiile emergente vor continua să impulsioneze cererea de materiale plastice în industria auto. Capitolele din această lucrare sunt structurate în modul de ciclul de viață a piese, de la idee și proiectare a piese, alegerea materialelor, problemele care pot apărea la turnare și soluționarea lor folosind softuri de simulare precum SolidWorks Plastic, proiectarea matrițelor de injecție cu ajutorul softului SolidWorks Mold Tools, pînă la apariția piesei în material și reciclarea ei.

SUMMARY

Iulian MAFTEI. Designing plastic parts and injection molds. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Machine Building Technology, 2020. Master thesis: page 76, drawings – 32.

In this paper, problems such as the design of injection molded plastic parts and the choice of materials are set. Problems that can occur in casting such as bond line strength, warping, or difficulty ejecting parts from molds. Description of the fundamental properties of plastic materials Fuel efficiency has become one of the most important features in automotive design due to rising fuel prices and stricter environmental regulations. This combined with high demand for automotive vehicles as well as rising disposable income in emerging economies will continue to drive demand for automotive plastics. The chapters in this work are structured in the way of the life cycle of the part, from the idea and design of the part, the choice of materials, the problems that may arise in casting and their solution using simulation software such as SolidWorks Plastic, the design of injection molds using the software SolidWorks Mold Tools, until the part appears in the material and its recycling.

Cuvinte-cheie: produs, polimeri, materie primă, industria auto, cerințe, gabarit, masa, industrial, strategii.

Keywords: product, polymers, raw material, automotive industry, requirements, gauge, mass, industrial, strategies.

CUPRINS

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducere..... | 1 |
| 2. Materiale plastice..... | 3 |
| 2.1 Materiale termoplastice..... | 3 |
| 2.2 Materiale termoreactive..... | 5 |
| 2.3 Reciclarea plasticului..... | 6 |
| 3. Instrucțiuni de proiectare a pieselor din plastic obținute prin injectare..... | 9 |
| 3.1 Grosimea peretelui și miezul..... | 9 |
| 3.2 Proiectarea colțurilor..... | 10 |
| 3.3 Trecerea de la un perete mai gros la unul mai subțire..... | 10 |
| 3.4 Nervuri..... | 11 |
| 3.5 Unghiul de îndepărtare..... | 13 |
| 4. Proiectarea bazată pe simulare pentru producția de piese din plastic..... | 15 |
| 4.1 Împărțirea modelului în elemente finite..... | 16 |
| 4.2 Adăugarea sistemului de răcire..... | 17 |
| 4.3 Specificarea materialului..... | 18 |
| 4.4 Alegerea materialului formei de injecție..... | 19 |
| 4.5 Parametrii de procesare..... | 19 |
| 4.6 Adăugarea locației de injecție..... | 22 |
| 4.7 Lansarea simulării..... | 23 |
| 4.8 Afișarea rezultatelor simulării..... | 23 |
| 5. Structura matriței pentru obținerea pieselor din mase plastic prin injecție.... | 27 |
| 5.1 Vederea externă a matriței..... | 28 |
| 5.2 Vederea matriței în timpul ejectării..... | 29 |
| 5.3 Estimarea costurilor matriței..... | 31 |
| 5.4 Proiectarea matriței..... | 35 |
| 5.5 Proiectarea sistemului de alimentare..... | 40 |
| 5.6 Proiectarea digurilor..... | 41 |
| 5.7 Proiectarea sistemului de răcire..... | 44 |
| 5.8 Proiectarea sistemului de ejectare..... | 52 |
| Concluzi..... | 53 |
| Bibliografie..... | 54 |

1. Introducere

În această lucrare sunt puse problemele precum proiectarea pieselor din mase plastice obținute prin injecție, și alegerea materialelor. Problemele care pot apărea la turnare precum rezistența liniei de lipire, deformarea sau dificultățile la ejectarea pieselor din formele de turnare. Descrierea proprietăților fundamentale a materialelor din mase plastice.

Turnarea prin injecție se referă la unul dintre cele mai comune procese tehnologice care sunt utilizate pentru fabricarea produselor din materiale polimerice (materiale plastice). Această metodă de fabricație are o flexibilitate atât de ridicată încât poate fi folosită atât pentru obținerea unor produse foarte mici utilizate în electronică și medicină, cât și pentru produsele mari utilizate în industria auto și a construcțiilor. Creșterea industriei de turnare prin injecție este determinată în mare măsură de apariția de noi tehnologii de formare prin injecție și de noi materiale polimerice.

Capitolele din această lucrare sunt structurate în modul de ciclul de viață a piese, de la idee și proiectare a piese, alegerea materialelor, problemele care pot apărea la turnare și soluționarea lor folosind softuri de simulare precum SolidWorks Plastic, proiectarea matrițelor de injecție cu ajutorul softului SolidWorks Mold Tools, pînă la apariția piesei în material și reciclarea ei.

Prezentare generală a procesului de turnare prin injecție

Turnarea prin injecție este uneori denumită un proces de fabricație „formă netă”, deoarece piesele turnate ies din procesul de turnare în forma lor finală, fără a fi necesară o prelucrare minimă necesară pentru modelarea suplimentară a produsului. În figura de mai jos este prezentată o mașină de turnare prin injecție și principiul ei de funcționare. Matrița este introdusă și fixată pe o placă mobilă și una staționară.

Cavitatea matriței este „inima” matriței în care se injectează și se solidifică polimerul pentru a produce piesele obținute prin injecție la fiecare ciclu de lucru a matriței. În timp ce procesele de formare prin injecție pot diferi substanțial în proiectare și funcționare, cele mai multe procese de formare prin injecție includ, în general, etapele de plastificare, injecție, compresare, răcire și evacuare. În timpul etapei de plastificare un arbore în formă de șurub în interiorul cilindrului se rotește transportînd peleții din plastic și formează o topitură de polimer. Topirea polimerului din granule sau peleți de plastic are loc datorită trecerii lor prin cilindrul încălzit și prin încălzirea internă provocată de deformarea polimerului care este forțat de-a lungul cilindrului.

Bibliografie

- [1] David O. Kazmer, *Injection Mold Design Engineering*, 2nd edition, Hanser Publisher, Munich;
- [2] *Engineering Polymers, Part and Mold Design*;
- [3] *Basic Injection Molding Design Guidelines*;
- [4] *SOLIDWORKS 2016: Learn by Doing – Part 2*, Tutorial Books, Copyright © 2016 Tutorial Books;
- [5] *3D QuickMold, Training Manual*,
https://www.3dquicktools.com/white_paper/3DQMTrainingManual.pdf
- [6] Robert A. Malloy, *Plastic Part Design for Injection Molding*, Hanser Publisher, Munich;
- [7] <https://fimmtech.com/knowledgebase/molding-defects/>
- [8] <https://www.iem.com/product-development/blog/21003954/how-gate-design-affects-plastic-parts>
- [9] <https://www.youtube.com/watch?v=vikdpp0DB-8>
- [10] <https://en.wikipedia.org/wiki/Plastic>
- [11] <https://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>
- [12] <https://prosto-remont.com/blog/vidy-plastika>
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Plastic_recycling
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoplastic>
- [15] <https://www.scottstool.com/thermoplastic.htm>
- [16] Ion Bostan, Mihai Topa, Mazuru Sergiu. L'engrenage precessionnel a profil modifie. In Cul. The 32st Internationally attended scientific conference „Modern tehnologies in the XXI century”, Bucharest 01-02 novembre 2007, p. 168-171.
- [17]. Alexei Toca, Mazuru Sergiu, Rusica Ivan, Marinesco Olga. Fenomena and effects of errors compensation on conditions of the sizes machining accuracy In Cul. The 32st Internationally attended scientific conference „Modern tehnologies in the XXI century”, Bucharest 01-02 novembre 2007, p. 147-155.
- [18]. Mazuru S. Analiza mecanismului formării componentelor erorii cinematice ale roților dințate. Partea I. În cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii moderne, calitate, restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007.
- [19]. Mazuru S. Analiza mecanismului formării componentelor erorii cinematice ale roților dințate. Partea II. În cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii moderne, calitate, restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007.
- [20]. Mazuru S., Vaculenco M., Madan I. Erori cinematice ale roților dințate. Partea II. În cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii moderne, calitate, restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007.
- [21]. Mazuru S., Pavel Cosovschi. Examenarea nivelului de poluare a mediului ambiant la rectificarea dinților roților dințate (Partea I). În cul. CȘI Iași-Chișinău „Tehnologii moderne, calitate, restructurare”, 31 mai-3 iunie 2007.

22. Мазуру С.Г. Оценка точности обработки зубьев зубчатых колес с нестандартным профилем. Proiecte independente. Город Севастополь, сборник трудов XV, Машиностроение и техносфера XXI века, Том 2. Doneţk, 2008
23. Мазуру С.Г. Оценка уровня надежности обработки и оптимизации параметров точности элементов технологических систем. În cul Трудов XIII conferinţei tehnico-ştiinţifice internaţionale „Техносфера XXI века”, Doneţk, 2007, volumul 2, p.183-186,
24. Мазуру С.Г. Оценка точности обработки зубьев зубчатых колес нестандартным профилем. Город Севастополь, сборник трудов XV, Машиностроение и техносфера XXI века, Том 2. Doneţk, 2009.
25. Бостан И., Мазуру С.Г. Повышение нагрузочной способности зубчатых колес с нестандартным и профилем технологическим способностям. Город Севастополь, сборник трудов XV, Машиностроение и техносфера XXI века, Том 2. Doneţk, 2009 ISBN 966 – 7907-25-2.
26. 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.
27. 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.
28. Mazuru S. System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements. First part. The 14th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2010, 20-22 May, 2010 Slănic Moldova Romania.
29. *Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation tehnology hardening chemical – heat. Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iaşi Tomul LVI (LX). Fasc. 2a 2010.*
30. *Мазуру С.Г., Скатицайлов С.В., Ботнаръ. В. А. Моделирования процесса шлифования с оценкой производительности, стойкости инструмента и качества обработки. Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XVII международной научно-технической конференции. Том 2, 2010, Донецк,.*
31. Bostan I., Mazuru S., Botnari V. Cinetic process of teeth grinding. The 15th International Confercencce Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2011, 25-27 May, 2011, Vadul lui Voda, Moldova – România,.

32. Мазуру С.Г., Скатицайлов С.В., Мазуру А. С. Экспериментальные исследования поверхностного слоя зубьев зубчатых колес в зависимости от условий шлифования, стойкости инструмента и качества обработки. *Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIX международной научно-технической конференции. Том 2, 2012, Донецк.*
 33. Мазуру С.Г., Метельский В. Обеспечение точности базирования интегрированием погрешностей технологической базы. *Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIX международной научно-технической конференции. Донецк.*
 34. V. IAȚCHEVICI, S. MAZURU. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. *Revista Intellectus. 3/2014, p. 68-72.*
 35. P. Topală, V. Besliu, R. Surugiu, D. Luca, S. Mazuru. Applying graphite pellicles formed by electrical discharges in impulse to improve the Republic of Moldova. *Revista Intellectus. 3/2014, p. 68-72.*
 36. MAZURU, S.; TOCA, A.; SCATICAILOV, S. Teoria, metode și procedee avansate de fabricație a roților dințate cu profil nestandard al angrenajelor precesionale. raport șt. UTM. Ch., 2014. 219 p.
 37. Mazuru S., Botnari V., Mazuru A. Sculă abrazivă. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 622. BOPI nr. 4/2013.
 38. 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.
 39. Mazuru Sergiu, Mardari Alexandru, Formă de presarea pulberilor metalice. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 676, 2013.09.30, 2014.04.30.
 40. Mazuru S., Botnari V. Perie circulară cu pereți din metal. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 494. 2012.03.31 . B24D31/10.
- Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM).
15. 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.*
 16. Sergiu Mazuru, Metode și procedee de fabricare aditivă: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, – 144 p.

41. Adrian BUT, Sergiu MAZURU, Serghei Scaticailov Fabricația asistată de calculator: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, – 179 p.
42. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
43. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
44. Vlase A Mazuru Sergiu, and Scaticailov S 2014 Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM).
45. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
46. 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.
47. Bostan I. Dulgheru V. Glușco C. and Mazuru S. 2011 Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices)
48. 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)
49. 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)
50. 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.
51. Sergiu Mazuru. 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
52. Iațhevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista ”Intellectus” nr. 3/2014.
53. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.
54. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change. Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.

55. 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.
56. 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.;
57. 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.;
58. 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.
59. 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" . *Neconventional Tehnologies revive* volume XX no.2/2016 (2016). Timisoara pp . 23-29.
60. 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.
61. 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.
62. 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*.
63. 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*.
64. Mazuru S. System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements. First part. *The 14th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2010*, 20-22 May, 2010 Slănic Moldova Romania.
65. *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*

66. 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.
67. 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.
68. 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.
69. 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.
70. Бостан И.А., Переу Е.К., Мазуру С. Повышение нагрузочной способности зубчатых колес технологической комбинированной обработкой. Машиностроение и техносфера XXI века Том 5. Donețk, 2006.
71. Мазуру С. Математическое моделирование кинематики процесса зубошлифования. Машиностроение и техносфера XXI века Том 5. Donețk, 2006.
72. 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, paginile 21-24.
73. Мазуру С. Оценка уровня надежности обработки и оптимизации параметров точности элементов технологических систем. În cul. Трудов XIII conferinței tehnico-științifice internaționale „Техносфера XXI века”, Donețk, 2007, volumul 2, p.183-186,
74. Mazuru S., Trifan N. , Mazuru A. Device for hardening the teeth of bevel gears. <http://cris.utm.md/bitstream/5014/2507/1/Brevet%204811.pdf>
75. Mazuru S., Trifan N. , Mazuru A. Procedeu de durificare a pieselor din oțel . <http://repository.utm.md/handle/5014/21261>.
76. Mazuru S., Botnari V., Mazuru A. Sculă abrazivă. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 622. BOPI nr. 4/2013.

77. 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.
78. Mazuru Sergiu, Mardari Alexandru, Formă de presarea pulberilor metalice. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 676, 2013.09.30, 2014.04.30.
79. Mazuru S., Botnari V. Perie circulară cu pereți din metal. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 494. 2012.03.31. B24D31/10.
80. Мазуру С. Г. Математическое моделирование кинематики процесса зубошлифования. Машиностроение и техносфера XXI века Том 5. Donetsk, 2006.
81. 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.
82. 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.