

მანქანათმშენებლობა

**სფერული შვიდრგოლიანი მექანიზმის გამოყენება სფერულ
ზედაპირზე შესაზეთი ღარაკების მომჭრელ მოწყობილობაში**

ზაზა ჯორჯოლიანი

zaza.zhorzholiani@atsu.edu.ge

ეთერი ფოფხაძე

eteri.popkhadze@atsu.edu.ge

იზოლდა კვერნაძე

izolda.kvernadze@atsu.edu.ge

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქუთაისი, საქართველო

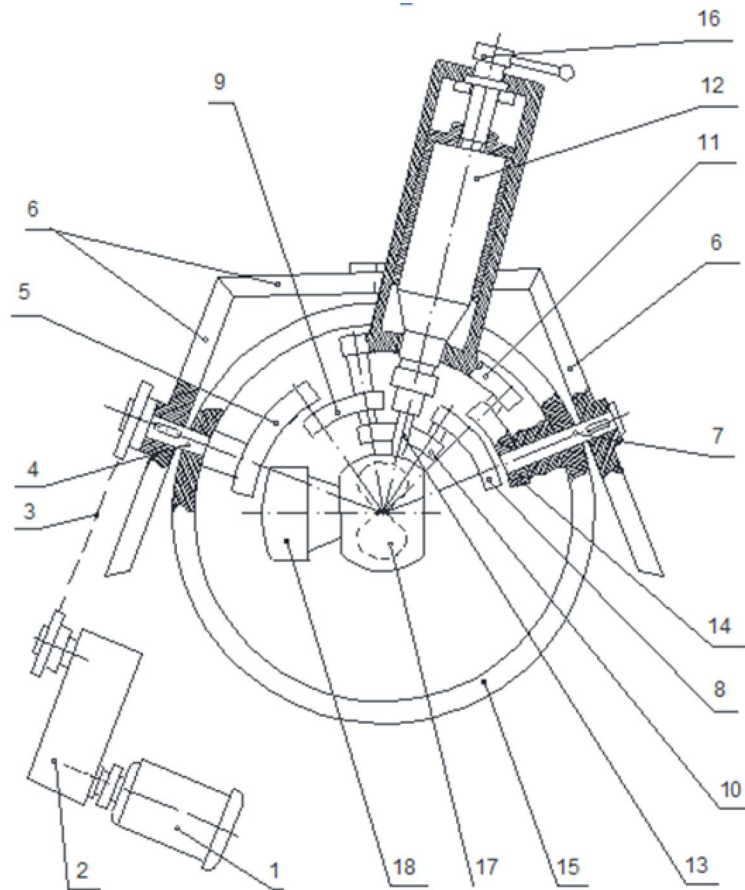
დაგეგმარებულია სფერულ ზედაპირზე მრუდწირული ღარაკების მომჭრელი მოწყობილობა, რომელშიც მჭრელი იარაღი წარმოდგენილია ორი თავისუფლების ხარისხის მქონე სფერული შვიდ-რგოლიანი სახსროვანი მექანიზმის სახით, რომლის ბარბაცა მექანიზმში ჩამონტაჟებულია მრავალ კბილიანი მჭრელი საიარაღო თავაკი. იგი ჭრის სიჩქარით ბრუნავს დასამუშავებელი სფეროს ცენტრზე გამავალი საკუთარი ღერძის გარშემო და უძრავად დამაგრებულ სფერულ ზედაპირზე მიწოდების სიჩქარით აღწერს წინასწარ ფიქსირებულ ჩაკეტილ ტრაექტორიას. მოწყობილობა საშუალებას იძლევა გაზარდოს მჭრელი იარაღის მანევრირება დასამუშავებელი სფერული ზედაპირის მიმართ. ასევე განსაზღვრულია მექანიზმის რგოლებ-ის ზომები, რაც საშუალებას იძლევა შემავალი რგოლების სინთეზის საშუალებით მიღწეული იყოს მისი სრული მობრუნება დგარის მიმართ.

საკვანძო სიტყვები: მრუდხარა. მხრეული, ღარაკი, ბარბაცა, თავაკი.

მანქანათმშენებლობის ტექნოლოგიაში ფართოდ გამოიყენება შეუღლებული სფერული ზედაპირებისაგან შედგენილი ბურთულა სახსროვანი შეერთებები. ეს შეერთებები მძიმედ დატვირთულ რეჟიმში მანქანების მუშაობისას ხშირად გამოდის მწყობრიდან. მათი შრომისუნარიანობის, საიმედოობისა და ხანგამძლეობის გაზრდისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები.

სფერული შვიდრგოლიანი სახსროვანი მექანიზმის კვლევისას მიღებული შედეგებით შემუშავებულია სფერულ ზედაპირზე შემზეთი ღარაკების დამუშავების მეთოდი და მოწყობილობა მის განსახორციელებლად (Кинцупрашвили, Оцхელი 1992).

1-ელ სურათზე გამოსახულია სფერულ ზედაპირზე შესაპოხი ჩაკეტილი ღარაკების მოსაჭრელი მოწყობილობის სქემა.



სურ. 1. სფერულ ზედაპირზე რთული ფორმის ღარაკების მოსაჭრელი მოწყობილობის სქემა.

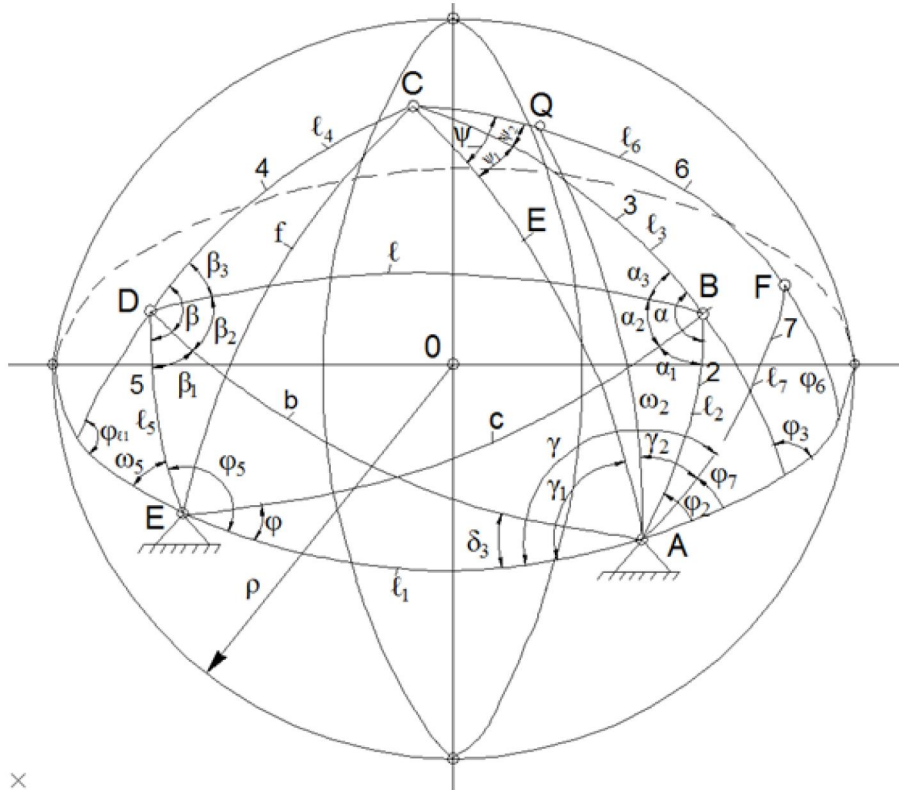
მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად (სურ. 1): კორპუსზე 15, კრონ-შტეინის 18 დახმარებით უძრავადაა დამაგრებული დასამუშავებელი დეტალი 17. ძრავიდან 1 სიჩქარეთა კოლოფისა 2 და ჯაჭვური გადაცემის საშუალებით ბრუნვა გადაეცემა ლილვს 4, საიდანაც, თავის მხრივ, ბრუნვას მიიღებს წამყვანი მრუდხარა 5, შეცვლადი კონუსური კბილანა თვლების გიტარა 6 და წამყვანი მხრეულას 8 ლილვი 7. მოძრაობა მრუდხარებიდან 5 და 8 შუალედური ბარბაცების 9 და 10 გავლით გადაეცემა გამომავალ ბარბაცას 11, რომელიც საიარალო თავაკსა 12 და მრავალკბილიან საჭრელ იარაღთან 13 ერთად დასამუშავებელი სფეროს 17 ზედაპირზე აღწერენ წინასწარ განსაზღვრულ ტრაექტორიას. ამასთან, საიარალო თავაკი გამხოლოებული ამძრავიდან ჭრის სიჩქარით ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას

თავისი ღერძის ირგვლივ. ღარაკის სიღრმის უზრუნველსაყოფი მიწოდება ხორციელდება საიარაღო თავაკის რადიალური გადაადგილების მექანიზმის 16 საშუალებით. დასამუშავებელ სფერულ ზედაპირზე მჭრელი იარაღის 13 მიწოდების სიჩქარის რეგულირების შესაძლებლობას იძლევა სიჩქარეთა ცვლის კოლოფი 2.

ამოჭრილი ღარაკის ფორმა დამოკიდებულია საწყის ფაზურ კუთხეებზე, გადაცემათა რიცხვზე, შემავალი მრუდხარების ბრუნვის მიმართულებაზე, მხრეულას 14 ბრუნვის ცენტრების ადგილმდებარეობაზე და შვიდრგოლიანი სფერული ბურთულა მექანიზმის რგოლების სიგრძეებზე. მაგალითად, „რვიანი“-ს ფორმის ღარაკების მოსაჭრელად შემავალი მრუდხარები 5 და 8 და შუალედური ბარბაცები 9 და 10 წყვილ-წყვილად აღებული უნდა იყოს ერთნაირი ზომის, მაგალითად, 38° და 90° , ხოლო გამომავალი ბარბაცას 11 და მხრეულას 14 ზომები აიღება ორმრუდხარიანი მექანიზმის არსებობის პირობიდან, მაგალითად, გამომავალი ბარბაცას ღეროს ზომა 105° , ხოლო მხრეულის ზომა 90° . საიარაღო თავაკი მონტაჟდება გამომავალი ბარბაცას ღერძზე, მაგალითად, შუალედური ბარბაცების ბოლოდან 30° , მხრეულა კი - შემავალი მრუდხარას 8 ლილვზე. წამყვან მრუდხარებს შორის კუთხე უნდა იყოს 140° . მრუდხარების საწყისი კუთხეები არის 0° . მრუდხარებს შორის გადაცემითი დამოკიდებულება ტოლია $+1$, ე.ი. ისინი ბრუნავენ ერთი და იმავე მიმართულებით.

სფერულ ზედაპირებზე სხვადასხვა ფორმის ჩაკეტილი ღარაკების მოჭრისათვის, პირველ რიგში საჭიროა შვიდრგოლიანი სფერული მექანიზმის რგოლების სიგრძეების გადაანგარიშება, ლილვებს შორის საწყისი კუთხეების, გადაცემათა რიცხვის, შემავალი მრუდხარების ბრუნვის მიმართულების შერჩევა და მხრეულას ბრუნვის ცენტრის მდებარეობის განსაზღვრა (Волинский 1947). ამ პარამეტრების შესაცვლელად კორპუსში 15 განსაზღვრულია კუთხეების შესაბამისად განლაგებული ბუდეები, სადაც შესაძლებელი იქნება ამძრავი ლილვების 4 და 7, გიტარის 6 შეცვლადი კონუსური კბილანა თვლების და მხრეულას 14 ლილვების დამაგრება. ფაზური კუთხის შესაცვლელად უნდა დაიშალოს მრუდხარებს შორის მოთავსებული შეცვლადი კონუსური კბილანა თვლების გიტარის 6 ჯაჭვი, მრუდხარები დავაყენოთ შესაბამისი საწყისი კუთხეებით და ხელახლა ჩაიკეტოს კინემატიკური ჯაჭვი შუალედში კბილანების სასურველი რიცხვითა და შემავალი მრუდხარების სასურველი ბრუნვის მიმართულებით. ეს უკანასკნელი რეგულირდება გიტარის შეცვლადი კონუსური კბილანა თვლების რაოდენობით.

შემოთავაზებული სქემის საფუძველზე დამზადდა სფერულ ზედაპირებზე ჩაკეტილი შემხეთი ღარაკების მოსაჭრელი მოწყობილობა, რაც უზრუნველყოფს ამ ზედაპირების მომსახურების ვადის გაზრდას.



სურ. 2. შვიდრგოლიანი სფერული მექანიზმის კინემატიკური სქემა.

ამ მექანიზმის დაპროექტების ამოცანა ასევე გულისხმობს რგოლების მიღებული ზომების დადასტურებას, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მიღებული სინთეზის შედეგები აძლევს თუ არა შესაძლებლობას შემაჯალ რგოლებს სრულად შემობრუნდნენ დგარის მიმართ.

მიღებული მნიშვნელობების გამოყენებით ამოცანის გადასაჭრელად აუცილებელია, სფეროს ზედაპირზე სფერული ლემნისკატას აღმწერი მჭრელი იარაღის საიარაღო თავაკი დამაგრდეს მექანიზმის გამომავალ ბარბაცაზე C წერტილიდან 30° ტოლი კუთხით (სურ. 2). გარდა ამისა, დამატებით გამოყენებულია მექანიზმის შემდეგი პარამეტრები: შემაჯალი რგოლების 2 და 5 ზომები: $l_2 = l_5 = 38^\circ$, $l_3 = l_4 = 90^\circ$, შემაჯალ რგოლებს შორის გადაცემის რიცხვი $i_{52} = +1$, ე.ი. $P=1$, $q=1$ და შემაჯალი რგოლების საწყისი მდებარეობები $\alpha_0 = \beta_0 = 0$, M წერტილის კოორდინატები: $U_3 = l_1 = 140^\circ$ და $V_3 = 0$, სფეროს რადიუსი $\rho = 0.35$ მ (Artobolevsky 1988).

მე-2 სურათზე ნაჩვენებია სფერული შვიდრგოლიანი ბურთულა მექანიზმი ABCDEF. ბარბაცაზე მდებარე Q წერტილი სფერულ ზედაპირზე

აღწერს მრუდე წირს - ლემნისკატას. ამ შემთხვევაში ცვალებადი მანძილი l განისაზღვრება გამოსახულებიდან:

$$l = \arccos[\cos l_1 + \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 l_2 \cdot (1 - \cos l_1)] \quad (1)$$

მანძილის α კოსპორიენტალური მნიშვნელობების დასადგენად აუცილებელია, რომ $\frac{dl}{d\alpha} = 0$. გარკვეული მოსაზრებებიდან გამომდინარე გამო-სახულება (1) მიიღებს ფორმას:

$$2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 l_2 (1 - \cos l_1) = 0 \quad (2)$$

განტოლების (2) ანალიზი აჩვენებს, რომ ერთი ციკლისთვის $\alpha_u = 2\pi q = 2\pi$, ის კმაყოფილდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა $2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = 0$, ე.ი. როდესაც

$$\alpha = 0^\circ, \alpha = 180^\circ, \alpha = 90^\circ, \alpha = 270^\circ \text{ (ამასთან } l_2 \neq 0^\circ \text{ и } l_1 \neq 90^\circ).$$

მიღებული მნიშვნელობების ($\alpha = 0^\circ$ და $\alpha = 180^\circ$) გამოსახულებაში (1) ჩასმით მიიღება $\cos l_{\max} = \cos l_1$, ე.ი. $l_{\max} = 140^\circ$. $\alpha = 90^\circ$ და $\alpha = 270^\circ$, $l_{\min} = 95^\circ 32' 46''$. შვიდრგოლიანი სფერული მექანიზმის სინთეზისას მიღებული რგოლების 3 და 4 ზომები $l_3 = 90^\circ$ და $l_4 = 90^\circ$ იძლევა პირობის (2) დაცვის შესაძლებლობას, $0 < l_3 + l_4 + l_{\min} < 2\pi$, გვაქვს

$$90^\circ + 90^\circ > 140^\circ; |90^\circ - 90^\circ| < 95^\circ 32' 46'';$$

$$0 < 90^\circ + 90^\circ + 140^\circ < 360^\circ; 0 < 90^\circ + 90^\circ + 95^\circ 32' 46'' < 360^\circ.$$

ამრიგად, შვიდრგოლიანი სფერული მექანიზმის ABCDEF რგოლების 1, 2, 3, 4, 5 ზომები, ასევე პარამეტრები $\alpha_0 = \beta_0 = 0$, $i_{52} = +1$ საშუალებას იძლევა შემაჯავლი რგოლები 2 და 5 ასრულებდნენ მრუდხარების ფუნქციას.

ლიტერატურა

- Artobolevsky, I.I. 1988. *TEOREMA ME any mov.* M. Nauka.
 Волинский, В.А. 1947. *Сферическая тригонометрия.* М.
 Кинцурашвили, О.Д., Оцхელი, В.Н. 1992. *Устройство для нарезания замкнутых криволинейных канавок на сферической поверхности деталей.* Авторское свидетельство №1808514. 1992.
 Кинцурашвили, О.Д., Имедашвили, К. А., Елиава, Ш. К., Кинцурашвили, Д. О. 1991. *Устройство для обработки замкнутых криволинейных канавок на сферических поверхностях.* Свидетельство на изобретения № 1649744 для служебного пользования экз. № 0269. 1991.

Mechanical Engineering

Using a spherical seven-link mechanism in a device for cutting the lubrication grooves at a spherical surface

Zaza Zhorzholiani

zaza.zhorzholiani@atsu.edu.ge

Eteri Popkhadze

eteri.popkhadze@atsu.edu.ge

Izolda Kvernadze

izolda.kvernadze@atsu.edu.ge

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

A device for processing the curvilinear grooves on a spherical surface is designed with builder mechanism made in the form of a spherical seven-link articulated mechanism with two degrees of freedom, in the output connecting rod of which a tool head is mounted with a multi-tooth cutting tool, rotating at a cutting speed around its axis passing in the center of the processed sphere, and describing the given locked trajectory with a feed rate at a rigidly fixed, processed spherical surface. The device allows to increase the maneuverability of the cutting tool relatively to the processed spherical surface. The dimensions of the links of the mechanism are determined, which allow the input links to obtain full rotation relatively to the stand.

Keywords: crank, rocker, groove, connecting rod, articulated mechanism.

Ball joints of the mating spherical surfaces are widely used in machine-building technology. These joints often fail during operation of heavily loaded machines. Different methods are used to improve the performance, reliability and durability of such joints.

Based on the results obtained in the design of the spherical seven-link, the way for processing lubrication grooves on the spherical surface and devices for its implementation were developed.

Figure 1 shows a scheme of the device for cutting the locked lubrication grooves on the spherical surfaces.

The device works as follows (Fig. 2). The workpiece 17 is rigidly fixed to the body 15 with the help of the bracket 18. From the engine 1 through the gearbox 2 and the chain drive 3, the rotation is transmitted to the shaft 4, from which in its turn the rotation is transmitted to the driving crank 5, the change bevel gear box 6 and the shaft 7 with a driving crank 8. Motion from the cranks 5 and 8,

through the intermediate connecting rods 9 and 10, is transmitted to the outlet connecting rod 11, which together with a tool head 12 and multi-toothed cutting tool 13 describes the given trajectory at the surface of the processed sphere 17. The tool head does rotary motion around its axis from a separate drive at a cutting speed. The feed movement to the depth of the groove is carried out by means of the radial movement mechanism of the tool head 16. The gear box 2 makes it possible to regulate the feed rate of the cutting tool 13 to the processed spherical surface.

The shape of the cut groove depends on the initial phase angles, the gear ratio, the direction of rotation of the input cranks, the location of the location of the centers of rotation of the rocker and the lengths of the links of the spherical seven-link articulated mechanism. For example, for grooving in the shape of eights, the input cranks 5 and 8 and the intermediate connecting rods 9 and 10 in pairs should be the same length, for example, 38° and 90° , and the length of the output connecting rod 11 and the rocker 14 are taken from the condition for the existence of a two-crank mechanism, for example, the length of the output connecting rod is 105° , and the length of the rocker is 90° . The tool head is installed on the output connecting rod, for example, 30° from the end of the intermediate connecting rods, while the rocker is on the shaft of the input crank 8. The angle between the drive cranks is 140° . The initial angles of the cranks are equal to 0 degrees, the gear ratio between the cranks is +1, that is, they rotate in the same direction.

In case of the necessity of cutting various locked grooves on the spherical surfaces, it is necessary first to make recalculations of the lengths of the links of the seven-link spherical mechanism, to select the starting angles, the gear ratio, the direction of rotation of the input cranks and to identify the location of the center of rotation of the rocker. To change the angle between the shafts, the gear ratio, the direction of rotation of the input cranks and the location of the center of rotation of the rocker, in the body 15, there are provided the sockets corresponding to this angle for mounting the drive shafts 4 and 7, the shafts of the replaceable change gear box 6 and the rocker 14. To change the phase angle, let us break the chain of the replaceable change gear box between the cranks, install the cranks with the corresponding initial angles, and lock the kinematic chain again with the desired intermediate number and direction of rotation of the input cranks. The latter is governed by the number of the replaceable change gear boxes.

Based on the proposed scheme (Fig. 1), the device for cutting the locked lubrication grooves on the spherical surfaces is manufactured, in order to increase

their service life.

The problem of designing this mechanism also involves confirming the obtained dimensions of the links, that is to say, it should be established whether the results of the synthesis allow the input links to obtain full rotation relatively to the stand.

To solve this problem, using the obtained values, it was necessary to install a tool head with a cutting tool that describes a spherical lemniscate according to the surface of the sphere, on the output connecting rod of the mechanism at an angle of 30° from point C (Fig. 2). In addition, the following parameters of the mechanism were additionally used: the dimensions of the input links 2 and 5: $l_2 = l_5 = 38^\circ$, $l_3 = l_4 = 90^\circ$, gear ratio between the input links: $i_{52} = +1$, that is. $P=1$, $q=1$, and the initial positions of the input links $\alpha_0 = \beta_0 = 0$, the coordinates of the point M: $U_3 = l_1 = 140^\circ$ and $V_3 = 0$, the radius of the sphere: $\rho = 0,35m$.

Figure 2 shows a spherical seven-link articulated mechanism ABCDEF, the point Q of the connecting rod will describe on the surface of the sphere a connecting rod wing - a lemniscate.

The variable distance l in this case is determined from the expression: Figure 2 shows a spherical seven-link hinge mechanism ABCDEF, the point Q of the connecting rod will describe the connecting rod - lemniscate at the surface of the sphere.

The variable distance l in this case is determined from the expression:

$$l = \arccos[\cos l_1 + \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 l_2 \cdot (1 - \cos l_1)] \quad (1)$$

To find the value of α , which give the experimental values of the distance, it is necessary that $\frac{dl}{d\alpha} = 0$. After some transformations, the expression (1) will take the following form:

$$2\sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \sin^2 l_2 (1 - \cos l_1) = 0 \quad (2)$$

Thus, the dimensions of links 1, 2, 3, 4, 5, as well as the parameters $\alpha_0 = \beta_0 = 0$, $i_{52} = +1$ of the seven-link spherical mechanism ABCDE allow input links 2 and 5 to be the cranks.