

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ჯ. ლომსაძე, ზ. ლომსაძე

სამჭედლო-საშტამპავი მანქანები

პირველი ნაწილი

ურთები



დამტკიცებულია სტუ-ს
სასწავლო-მეთოდური
საბჭოს მიერ

თბილისი – 2004

უპაკ 621.73.002.5(075.8)

განხილულია ძირითადი სამჭედლო-სამშენობითი მოწყობილობები (ურთები), მათი მოქმედების პრინციპები და კონსტრუქციები, აგრეთვე ძირითადი კვანძების გაანგარიშება.

განკუთვნილია 1204 (ლითონების წნევით დამუშავების მანქანები და ტექნოლოგია) სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

რეცენზენტები: პროფ. მ.მიქაუტაძე,
პროფ. ა.თუთბერიძე

© გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2004

ISBN 99928-78-33-9

შესავალი

ლითონის ნაკეთობათა მიღების ყველაზე პროგრესული ტექნოლოგია სამჭედლო-საშტამპავი წარმოებაა. მოცემული დეტალის ან ნამზადის მიღებისას, წნევით დამუშავების გზით, იგი ემყარება ლითონის მასის რაციონალურ გადანაწილებას და არა მისი გარკვეული ნაწილის მოცილებას ბურბუშელას სახით. ლითონის ეკონომიური გამოყენების გარდა, წნევით დამუშავებით მიღებული ნაკეთობები მაღალი მექანიკური თვისებებით ხასიათდება.

ლითონების წნევით დამუშავებით ნაკეთობათა მიღების ერთ-ერთი უძველესი ხერხი - სამჭედლო საქმე ჩვენს წელთაღრიცხვამდე გაცილებით ადრე წარმოიშვა. ჭედვისა და შტამპვის ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებასთან ერთად იქმნებოდა და ვითარდებოდა სამჭედლო-საშტამპავი მანქანები და იარაღები [1].

ტექნიკის განვითარების ისტორია გვიჩვენებს, რომ ენერჯის ამა თუ იმ წყაროს აღმოჩენას ყოველთვის ახლდა ლითონების წნევით დამუშავების ახალ-ახალი მანქანა-იარაღების შექმნა. ასე, მაგალითად, ორთქლის ენერჯის გამოყენებას მოჰყვა ორთქლქაერის სამჭედლო და საშტამპავი უროების შექმნა; პასკალის მიერ ჰიდროსტატიკური წნევის კანონის აღმოჩენამ წარმოშვა ჰიდრავლიკური წნეხები, ხოლო ელექტროძრავების შექმნამ განაპირობა სხვადასხვა სახის მრუდმხარა წნეხებისა და ავტომატების შექმნა. გარდა ამისა, უკანასკნელ პერიოდში შექმნილია საშტამპავი დანადგარები, რომელთა მოქმედება დამყარებულია აფეთქების, ლაზერის, ელექტრული განმუხტვისა თუ ელექტრომაგნიტური ველის ენერჯიების გამოყენებაზე.

XX საუკუნეში სამჭედლო-საშტამპავი მოწყობილობების წარმოებამ მნიშვნელოვანი მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი განიცადა; მარტივი მოქმედების სამჭედლო უროებისა და ხელის მაკრატლების დამზადებიდან იგი უნიკალური წნეხების, მრავალპოზიციური და მაღალმწარმოებლური ავტომატების, პროგრამული მართვის სამჭედლო-საწნეხი მანქანების, კომპლექსური ავტომატური და როტაციულ-კონვეიერული ხაზებისა და ა.შ. დამზადებაზე გადავიდა, რომლებიც აღჭურვილია თანამედროვე ავტომატიზებული მართვის სისტემებითა და სამრეწველო რობოტებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში სამჭედლო-საშტამპაჟი მოწყობილობების წარმოება დღემდე არ არსებობს, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ზოგიერთი მანქანათმშენებელი ქარხნის მიერ (თაეისი საჭიროებისათვის) დამზადებულ ტიპურ, მარტივ მოწყობილობებს.

„სამჭედლო-საშტამპაჟი მანქანები“ ერთ-ერთი ძირითადი სპეციალური დისციპლინაა. იგი წარმოდგენილი იქნება რამდენიმე ნაწილად: პირველი - უროები და იმპულსური მოქმედების მანქანები; მეორე - ჰიდრაულიკური წნეხები; მესამე - მრუდმზარა მანქანები.

სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების ზოგადი კლასიფიკაცია და სტრუქტურა

სამჭედლო-საშტამპავი მანქანები დიდი მრავალფეროვნებით ხასიათდება. ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდება მოქმედების პრინციპით, კონსტრუქციით, დანიშნულებით, სიმძლავრით და სხვ. აღნიშნული მანქანების მეცნიერული შესწავლის მიზნით საჭიროა ისინი დაიყოს მსგავს ჯგუფებად. ასეთ მსგავს ჯგუფთა ერთობლიობა, რომელიც შედგენილია გარკვეული ნიშნის მიხედვით და გარკვეული თანამიმდევრობით კლასიფიკაციას წარმოადგენს.

სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების პირველი მეცნიერული კლასიფიკაცია პროფესორმა ა. ზიმინმა მოგვცა (2) XX ს-ის 50-იანი წლების დასაწყისში. ზიმინისეულ კლასიფიკაციას საფუძვლად დაედო მანქანის მუშა შემსრულებელი ნაწილის სიჩქარის ცვლილების ხასიათი ნამზადის დეფორმაციის პროცესში ანუ მუშა სვლის პერიოდში.

იმისათვის, რომ უკეთ გავერკვეთ სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების კლასიფიკაციის აღნიშნულ ნიშანში, საჭიროა ზოგადად განვიხილოთ მანქანის მუშა ნაწილის დროში მოძრაობა.

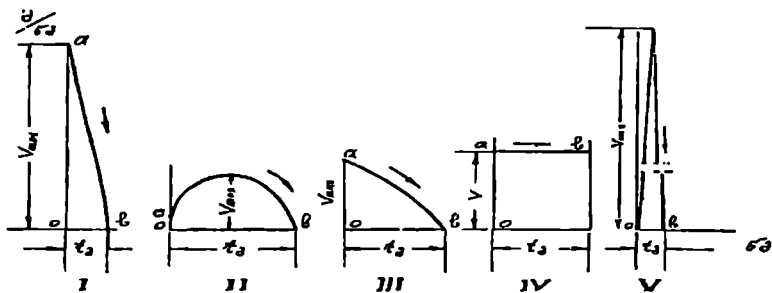
ნებისმიერი მანქანის ერთი მუშა ციკლის დრო

$$T_{\Sigma} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

სადაც t_1 მანქანის მუშა ნაწილის მოძრაობის დროა მისი საწყისი მდგომარეობიდან დასამუშავებელ ნამზადთან შეხებამდე ანუ პირველი უქმი სვლის დრო; t_2 - მუშა სვლის დრო, რომლის განმავლობაში წარმოებს ნამზადის (ნაჭედის) პლასტიკური დეფორმაცია; t_3 - მუშა ინსტრუმენტის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნების დრო ანუ მეორე უქმი სვლა; t_4 - მუშა ნაწილის დაყოვნების დრო (პაუზა).

სამჭედლო მანქანებში $t_2/T_{\Sigma} < 1$, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ისინი ეკუთვნიან წყვეტილ მოქმედ მანქანებს. რაც უფრო ახლოს იქნება ეს თანაფარდობა ერთთან, მით უფრო უახლოვდება უწყვეტი მოქმედების მანქანებს და მატულობს მათი გამოყენების კოეფიციენტი.

მუშა სვლის პერიოდში მადეფორმირებელი იარაღის სიჩქარის ცვლილების მიხედვით ა.ზიმიანმა სამჭედლო მანქანები დაყო ოთხ დიდ ჯგუფად (ნახ.1).



ნახ.1. სამჭედლო მანქანების მუშა სვლის სიჩქარეთა დიაგრამები:
 I - უროები; II - ჰიდრაულიკური წნეხები; III - მრუდმხარა მანქანები;
 IV - როტაციული მანქანები; V - იმპულსური მოქმედების მანქანები

პირველი ჯგუფის მანქანებში მადეფორმირებელი იარაღის (საცემი, ზედა შტამპი, პუანსონი) სიჩქარე მუშა სვლის დასაწყისში მაქსიმალურია - V_{max} . მუშა სვლის პერიოდში კი სწრაფად ეცემა ნულამდე (ab მრუდი). ასეთ მანქანებში ამძრავის ენერგიის უშუალო მოქმედება ნამზადის პლასტიკური დეფორმაციის პროცესზე თითქმის გამორიცხებულია და დეფორმაცია წარმოებს მანქანის მუშა ნაწილის იმ ენერგიით, რომელიც შეიძინა პირველი უქმი სვლის დროს. ისინი მიეკუთვნება დარტყმითი მოქმედების მანქანებს და მათ უროებს უწოდებენ. უროებში V_{max} აღწევს 7-9 მ/წმ-მდე, ხოლო მუშა სვლის დრო (tმ) გაიზომება წამის მეათედი ან მეათასედი ნაწილებით.

ab მრუდი მუდმივი არ არის. მისი პარამეტრები დამოკიდებულია ტექნოლოგიურ პირობებზე, როგორცაა ნაჭედის ზომა, მისი მასალა, ტემპერატურა, დარტყმის სიჩქარე და სხვ. უროს მუშაობის პროცესში იცვლება როგორც V_{max} , ისე t_2 , ხოლო მრუდის ხასიათი უცვლელია.

კლასიფიკაციის პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე ხრახუნულ-ფრიქციული წნეხები, რომლებიც ლითონზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით ახლოს დგას ურობთან. ამის გამო, მათ „ფრიქციული უროები“ ეწოდება.

მეორე ჯგუფის მანქანებში მადეფორმირებელი იარაღის საწყისი სიჩქარე ნულის ტოლია ან აქვს მცირე მნიშვნელობა. დეფორმაციის პროცესში მისი სიჩქარე იზრდება, მაქსიმუმს აღწევს, ბოლოს ნულს უტოლდება. პირველი ჯგუფის მანქანების ანალოგიურად, სიჩქარის ახ მრუდი მუდმივი არ არის. იგი დამოკიდებულია ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე, ხოლო მისი ხასიათი მუდმივია. ამ ჯგუფის მანქანებს მიეკუთვნება პიდრავლიკური წნეხები. პიდროწნეხებში

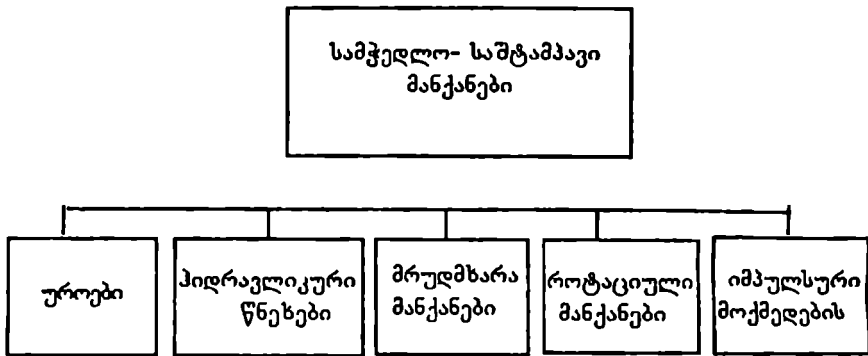
V_{max} აღწევს 0,4 მ/წმ-მდე, ხოლო l , განისაზღვრება წამებში.

მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება მრუდმხარა-ბარბაცამექანიზმიანი მანქანები, რომელთა მადეფორმირებელი იარაღის (ცოცხას) მოძრაობა წარმოებს მტკიცედ განსაზღვრული ახ მრუდით, რომელიც დამოკიდებულია ამძრავსა და შემსრულებელ მექანიზმს შორის არსებულ ხისტ კინემატიკურ კავშირზე და არა პროცესის ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე. ყოველ მრუდმხარა მანქანას აქვს თავისი ხისტი მახასიათებელი ახ მრუდი. მესამე ჯგუფში შედის ყველა ტიპის მრუდმხარა-ბარბაცამექანიზმიანი მანქანა. ამ მანქანებში V_{max} აღწევს 0,8 მ/წმ-მდე, ხოლო l , განისაზღვრება წამებში.

მეოთხე ჯგუფს განეკუთვნება ე.წ. როტაციული მანქანები, რომელთა მუშა ინსტრუმენტი ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას. ეს მანქანები მუშაობს საგლინაეი მანქანების პრინციპზე. ცხადია, კოორდინატთა ღერძის აბსცისის პარალელური ახ ხაზი (ნახ.1) გამოხატავს არა მუშა ინსტრუმენტის ლითონში შეჭრის სიჩქარეს, არამედ ასახავს მის ბრუნვის სიჩქარეს, რაც პირობითად მიღებულია როტაციული მანქანების მახასიათებლად.

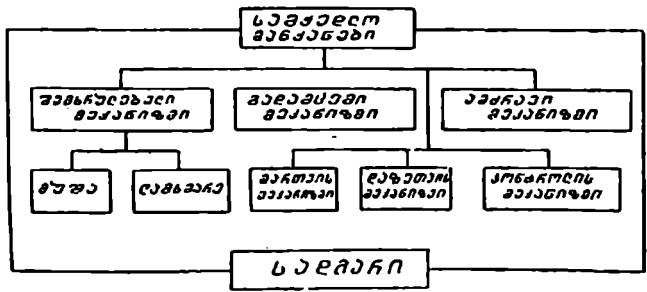
უკანასკნელ ორ-სამ ათეულ წლებში, სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის პირობებში, შეიქმნა და წარმოებაში დაინერგა ახალი ტიპის მანქანები, რომლებშიც ლითონის დეფორმაცია წარმოებს აფეთქების და იმპულსური ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიით, აგრეთვე პიდროსტატიკური მანქანები (პიდროსტატები) ძნელად დეფორმირებადი შენადნობების და ფხვნილების დასაწნეხად,

ხელოვნური ალმასის სინთეზისთვის და სხვ. აღნიშნული გარემოების გამო, ა. ზიბინის მიერ მოცემულმა კლასიფიკაციამ მოითხოვა დამატება და სრულყოფა, რათა მასში გაერთიანებულიყო ამჟამად არსებული ყველა ტიპის სამჭედლო-საშტამპავი მანქანა. ასეთ დამატებას წარმოადგენს კლასიფიკაციის მეხუთე ჯგუფი, რომელშიც ერთიანდება ყველა სახის იმპულსური მოქმედების მანქანა. აღნიშნულ მანქანებში დეფორმირების სიჩქარე V_{max} აღწევს 300 მ/წმ-მდე, ხოლო მუშა დრო t , განისაზღვრება წამის მეათასედ ერთეულებში.



ნახ.2. სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების კლასიფიკაციის სქემა

სამჭედლო-საშტამპავი მანქანები (მიუხედავად მათი მრავალფეროვნებისა) ხასიათდება საერთო სტრუქტურით. თითოეულს აქვს ამძრავი, გადამცემი და შემსრულებელი მექანიზმი, აგრეთვე სადგარი, რომელიც აერთიანებს მანქანის ყველა მექანიზმს (ნახ.3).



ნახ.3. სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების სტრუქტურა

ამძრავი შეიძლება იყოს გარკვეული წნევის ჰაერი ან სითხე, ელექტრო ან აფეთქების ენერჯია და სხვ.

შემსრულებელი მექანიზმი მოძრაობას იღებს ამძრავი მექანიზმიდან გადამცემი მექანიზმის მეშვეობით. ეს გადაცემა შეიძლება მოხდეს ხისტი ან დრეკადი კავშირებით. რაც შეეხება იმპულსური მოქმედების მანქანების ზოგიერთ სახეს, იქ გადამცემი მექანიზმი წარმოადგენს აგრეთვე შემსრულებელ მექანიზმს. ასეთ მანქანებში გადამცემი მექანიზმის როლს ასრულებს ჰაერი, სითხე ან მყარი სხეული, რომელიც ძალზე მცირე დროის შუალედში უშუალოდ ახდენს ლითონის დეფორმაციას.

მანქანის შემსრულებელი მექანიზმის ძირითადი დანიშნულებაა მუშა ოპერაციის შესრულება, ე.ი. ლითონის პლასტიკური დეფორმაცია. შემსრულებელ მექანიზმს მიეკუთვნება აგრეთვე დამხმარე ოპერაციები, როგორცაა ნამზადის მიწოდება, დამაგრება, დაშტამპვის შემდეგ მისი მოცილება და სხვ. შესრულებული მექანიზმები. თანამედროვე მანქანებში ამ როლს ძირითად შემსრულებელ მექანიზმთან ერთად სინქრონულად მოქმედი რობოტები ასრულებს.

გარდა ჩამოთვლილი მექანიზმებისა, სამჭედლო-საშტამპავ მოწყობილობებს აქვს აგრეთვე მართვის, საზეთი და საკონტროლო მექანიზმები.

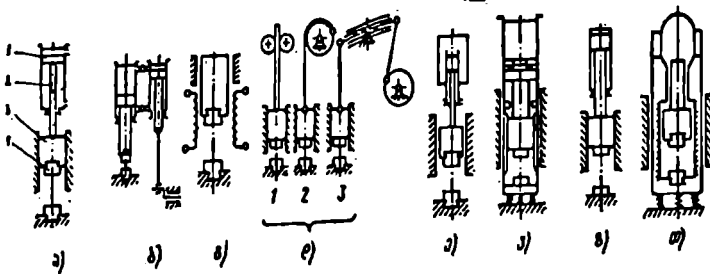
ყველაზე რთული სტრუქტურა აქვს თანამედროვე სამჭედლო-საშტამპავ ავტომატებს, სადაც ადამიანის შრომა თითქმის მთლიანად გამორიცხულია.

უროები

1 თავი. ზოგადი მონაცემები 1.1. უროების კლასიფიკაცია

უროები წარმოადგენს დარტყმითი მოქმედების სამჭედლო-სამშტამპავ მანქანებს, რომლებშიც ამძრავის ენერგია გარდაიქმნება უროს დამცემი ნაწილების კინეტიკურ ენერგიად. ეს უკანასკნელი კი ხმარდება ნამზადის (ნაჭედის) დეფორმაციისათვის საჭირო სასარგებლო მუშაობას.

მუშაობის აღნიშნული პრინციპი სხვადასხვა სახის უროებზე ზორციელდება, რომლებიც ერთმანეთისაგან მოქმედების პრინციპით, კონსტრუქციით, ამძრავის სახით, ტექნოლოგიური დანიშნულებით განსხვავდება. უროების ეს რთული ჯგუფი, თავის მხრივ, შეიძლება დაიყოს ცალკეულ ერთგვაროვან, მსგავს ჯგუფებად. პირველ რიგში განვიხილოთ უროების კლასიფიკაცია ამძრავის სახის მიხედვით (ნახ.4):



ნახ.4. უროების კლასიფიკაცია ამძრავის სახის მიხედვით

1. ორთქლ-ჰაერის უროები (ნახ.4,ა). ამ ტიპის უროებს ორთქლ-ჰაერის იმიტომ ეწოდება, რომ შეუძლია იმუშაოს როგორც ორთქლზე, ისე შეკუმშულ ჰაერზე. აქვს ორთქლ-ჰაერის ამძრავი, რომელიც შედგება მუშა ცილინდრისა და მანაწილებელი მექანიზმისაგან. უროს მანაწილებელ მექანიზმს მილგაყვანილობით ან საჭკაბედან მიეწოდება ორთქლი (4-12 ატმ წნევით) ან

საკომპრესორო დანადგარიდან - შეკუმშული ჰაერი (6-12 ატმ წნევით).

ორთქლ-ჰაერის უროს გადამცემ მექანიზმს წარმოადგენს დგუში (1) და ჭოკი (2), შემსრულებელ მექანიზმს - კუტი (3) ზედა საცემთან (4) ან შტამპთან ერთად. დგუში (1), ჭოკი (2), კუტი (3) და ზედა საცემი (4) ერთად აღებული წარმოადგენს უროს დამცემ ნაწილებს, რომელთა საერთო წონა (G) მიღებულია უროს სიმძლავრის მახასიათებლად.

2. პნევმატიკური უროები (ნახ.4,ბ). აქ დამცემი ნაწილი მოძრაობაში მოიყვანება შეკუმშული ჰაერით (0,4-0,6 მპა), რომელსაც იძლევა უროს კომპრესორი. კომპრესორის მიერ ატმოსფეროდან შეწოვილი ჰაერი, რომელიც მუშა სხეულს (ამპრავს) წარმოადგენს ასრულებს დრეკადი ბალიშის როლს მუშა დგუშა და კომპრესორის დგუშს შორის. კომპრესორის დგუშის გადაადგილებით, რომელიც მოძრაობაში მოიყვანება მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმით, იცვლება წნევა მუშა დგუშის ზედა და ქვედა სივრცეებში, რის შედეგადაც მოძრაობაში მოიყვანება უროს შემსრულებელი ორგანო - მუშა დგუში (დამცემი ნაწილი).

3. ელექტროუროები (ნახ.4, გ). დამცემი ნაწილი მოძრაობაში მოჰყავს ელექტრომაგნიტურ ველს 0,1-0,5 მპა კუთრი წვეის ძალით. აღნიშნული უროები ჯერ კიდევ დამუშავების პროცესშია და წარმოებაში არ გამოიყენება. ამის გამო, ამ ტიპის უროები არ განიხილება.

4. ელექტრომექანიკური უროები (ნახ.4,დ). მათში მუშა ნაწილების ასაწევად გამოიყენება ელექტროძრავა და ფრიქციული, ელასტიკური ან დრეკადი კვანძების მქონე გადამცემი მექანიზმი. ლითონის დეფორმირება ხდება მუშა ანუ დამცემი ნაწილების ვარდნის კინეტიკური ენერგიით. ამ ქვეჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე ფრიქციული ფიცრიანი უროები, რომლებშიც გადამცემი მექანიზმის როლი შეიძლება შეასრულოს ფიცარმა (ნახ.4,დ 1), ბაგირმა, ღვედმა, ჯაჭვმა (ნახ.4,დ 2) ან ზამბარა-რესორმა (ნახ.4,დ 3).

5. აირჰიდრავლიკური უროები (ნახ.4, ე) დამცემი ანუ მუშა ნაწილების ასაწევად და კინეტიკური ენერგიის შესაძენად გამოიყენება 1-5 მპა წნევის მქონე აზოტის ან ჰაერის შიგა ენერგია, ხოლო საწყის მდგომარეობაში მათ დასაბრუნებლად და აირის შესაკუმშად 2-10 მპა წნევის სითხე. ამავე ქვეჯგუფს მიეკუთვნება

მაღალი სიჩქარის აირჰიდრაულიკური უროები (ნახ.4,ვ), რომლებშიც აზოტი შეკუმშულია 10-20 მპა წნევით, ხოლო მუშა მასები ავითარებს 12-20 მ/წმ და მეტ სიჩქარეს.

6. ჰიდრაულიკური უროები (ნახ.4,ზ). ამ უროებში ენერგომატარებლის როლს ასრულებს 6-20 მპა წნევის სითხე (წყალი, ზეთი), რომელიც მიეწოდება ტუმბოებიდან ან აკუმულატორიდან. სითხის ენერგია გამოიყენება მუშა ნაწილებისათვის კინეტიკური ენერგიის მისანიჭებლად და საწყის მდგომარეობაში მათ დასაბრუნებლად. დარტყმის წინ მუშა ნაწილების სიჩქარე 4-6 მ/წმ აღწევს.

7. აირის უროები (ნახ.4,თ) მუშაობს შიგაწვის ძრავას პრინციპზე. ენერგომატარებლის როლს ასრულებს საწვავი აირი ან ნარევი, რომლის წვისას მუშა საკანში წნევა იზრდება 10-20 მპა-მდე, ხოლო დამცემი ნაწილების სიჩქარე 10 მ/წმ და მეტს აღწევს. ამავე ჯგუფს მიეკუთვნება აფეთქების უროები, რომელთა ენერგომატარებელი მყარი ასაფეთქებელი ნივთიერება ან მათი ნარევი, რომლის სწრაფი წვისას მუშა საკანში წნევა 20 მპა და მეტს აღწევს, მუშა ნაწილების სიჩქარე კი 20 მ/წმ აჭარბებს.

იმის მიხედვით, თუ როგორ ხდება ენერგომატარებლის გამოყენება მუშა ნაწილების ერთი თუ ორი მიმართულებით გადასადგილებლად, არჩევენ უბრალო და ორმაგი მოქმედების უროებს, უბრალო მოქმედების ვერტიკალურ უროებში დამცემი ნაწილების ქვემოთ სვლა ხორციელდება სიმძიმის ძალის მოქმედებით. ამ შემთხვევაში ენერგომატარებელი გამოიყენება მხოლოდ მათ ასაწევად. ორმაგი მოქმედების უროებში კი ენერგომატარებელს იყენებენ დამცემი ნაწილების როგორც ზემოთ, ისე ქვემოთ სვლისათვის. ამიტომ ორმაგი მოქმედების უროს დარტყმის ენერგია მეტია, ვიდრე იგივე წონის დამცემი ნაწილების მქონე, ერთმაგი მოქმედების უროსი.

გარდა ამძრავის სახისა, რაც ზემოთ განხილული კლასიფიკაციის ძირითად ნიშანს წარმოადგენდა, უროების დაყოფა შეიძლება მოხდეს აგრეთვე დანიშნულების, კონსტრუქციისა და სიმძლავრის მიხედვით.

დანიშნულების მიხედვით უროები სამ ტექნოლოგიურ ჯგუფად იყოფა - სამჭედლო, საშტამპავი და ფურცელ-საშტამპავი უროები; სადგარის, კონსტრუქციის მიხედვით - ერთსადგარიანი, ორსადგარიანი (თაღური ან ხიდური); დარტყმის მიმღები ძირითადი ნაწილის (შაბოტის) კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით - უძრავშაბოტიანი და მოძრავშაბოტიანი (უშაბოტო).

კლასიფიკაციის ბოლო ნაირსახეობა იყოფა დამცემი (მუშა) ნაწილების მასისა და დარტყმის კინეტიკური ენერჯიის მიხედვით; ყველაზე მძლავრშაბოტიანი უროები მზადდება 25000 კგ დამცემი ნაწილების მასით და 400 კჯ კინეტიკური ენერჯიით, ხოლო უშაბოტოები - 100000 კგ-მდე მასით და 1000 კჯ-მდე კინეტიკური ენერჯიით.

1.2. დარტყმის პროცესი და მისი მარჯი ქმედების კოეფიციენტი

დარტყმა უროს მოძრავი ე.წ. დამცემი ნაწილებით წარმოებს, რაც მოძრაობაში მოიყვანება სხვადასხვა სახის (ორთქლი, შეკუმშული ჰაერი, მაღალი წნევის სითხე, საწვავი ნარევი, ასაფეთქებელი ნივთიერება, ელექტრომაგნიტური ან გრავიტაციული ველები და სხვ.) ამძრავით.

ამძრავის დანიშნულებაა შეასრულოს მუშაობა (A) და უროს დამცემ ნაწილებს მიანიჭოს გარკვეული ენერჯია, რომელიც დარტყმის წინ გარდაიქმნება კინეტიკურ ენერჯიად (L_p) და მუშა სვლის პერიოდში ასრულებს სასარგებლო მუშაობას (A_p) - ნაჭედის დეფორმაციას.

$$A \rightarrow L_{\text{დარტყმა}} \rightarrow A_p \text{ ან}$$

$$A = \frac{L_{\text{დარტყმა}}}{\eta_s} = \frac{A_p}{\eta_s \cdot \eta_p}, \quad (1.1)$$

სადაც η_s, η_p შესაბამისად გაქანებისა და დარტყმის დეფორმაციის მქ კოეფიციენტებია. კინეტიკურ ენერჯიად გარდაქმნილი ამძრავის მუშაობა

$$A = \int_0^{s_p} P(S) ds = \frac{L_{\text{დარტყმა}}}{\eta_p}, \quad (1.2)$$

სადაც S_p გაქანების გზაა, $P(S)$ - გაქანების ძალა.

დეფორმაციის მუშაობად გარდაქმნილი კინეტიკური ენერგია

$$L_{\text{დარ}} = \frac{(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2)}{2} = \frac{A_{\text{დ}}}{\eta_{\text{დ}}}, \quad (1.3)$$

სადაც m_1 და m_2 მუშა მასებია; v_1 და v_2 - მუშა მასების სიჩქარეები; $A_{\text{დ}}$ - ნაჭედის დეფორმაციის მუშაობა, რომელიც ერთი დარტყმისას სრულდება.

$$A_{\text{დ}} = \int_0^{s_{\text{დ}}} P_{\text{დ}}(S) ds, \quad (1.4)$$

სადაც $S_{\text{დ}}$ ნაჭედის აბსოლუტური დეფორმაციაა მუშა მასების მოძრაობის მიმართულებით; $P_{\text{დ}}(S)$ - ნაჭედის დეფორმაციის წინაღობის ძალა.

(1.1) - (1.4) გამოსახულებების გათვალისწინებით

$$\int_0^{s_{\text{დ}}} P(S) ds \cdot \eta_{\text{დ}} = \frac{1}{2} (m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) = \frac{1}{\eta_{\text{დ}}} \int_0^{s_{\text{დ}}} P_{\text{დ}}(S) ds. \quad (1.5)$$

ამგვარად, მიღებულ იქნა უროს მთავარ კონსტრუქციულ და ტექნოლოგიურ პარამეტრებს შორის კავშირი, რომელიც უროს ძირითადი კონსტრუქციული განტოლებაა.

უძრავმაბოტიან უროს ($V_2 = 0$) დაგეგმარებისას ლითონების წნევით დამუშავების მეთოდებით უნდა განისაზღვროს დამცემი ნაწილების ერთი დარტყმისათვის საჭირო მაქსიმალური მუშაობა $A_{\text{დ}}$, დეფორმირების მქ კოეფიციენტის მიახლოებითი მნიშვნელობა - $\eta_{\text{დ}} = 0,7 \dots 0,8$ და მოცემული V_1 სიჩქარის დარტყმის კინეტიკური ენერგია (უროებში ჩვეულებრივ 5-7 მ/წმ შეადგენს, ზოგჯერ 9 მ/წმ აღწევს, ხოლო ჩქაროსნულ უროებში - 20 მ/წმ და მეტს).

(1.5) განტოლების მარჯვენა ნაწილის გამოყენებით შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს მუშა (დამცემი) ნაწილების მასა m_1 . მიღებული

სიდიდე უნდა დაემთხვეს უახლოესი სტანდარტული უროს დამცემი ნაწილის მასას. (1.5) განტოლების მარცხენა ნაწილით განისაზღვრება უროს მუშა ნაწილის გაქანების მანძილი, ე.ი. მისი მაქსიმალური სვლის სიდიდე - $H_m = S_g + S_p$, რომელიც უროს ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრია.

უროებში ლითონის პლასტიკური დეფორმაცია ზორციელდება დამცემი ნაწილების მიერ განვითარებული კინეტიკური ენერგიის ანუ როგორც ხშირად ხმარობენ - დარტყმის ენერგიის (მხოლოდ გარკვეული ნაწილის) ხარჯზე. დანარჩენი ნაწილი კი უქმად იხარჯება. დარტყმის მქ კოეფიციენტი

$$\eta_{\text{დარტყმა}} = \frac{L_{\text{დარტყმა}}}{L_{\text{ქ}},} \quad (1.6)$$

სადაც $L_{\text{დარტყმა}}$ დარტყმის ენერგიაა; $L_{\text{ქ}}$ - ნაჭედის პლასტიკურ დეფორმაციაზე დახარჯული ენერგია.

იმისათვის, რომ გაანგარიშებულ იქნეს უროს მქ კოეფიციენტი, საჭიროა (1.6) ფორმულის წევრთა მნიშვნელობის განსაზღვრა.

$L_{\text{დარტყმა}}$ დარტყმის ენერგია უძრავშაბოტიანი უროსათვის

$$L_{\text{დარტყმა}} = \frac{m_1 v_1^2}{2}. \quad (1.7)$$

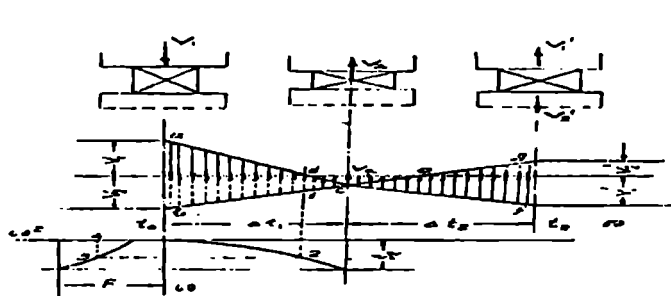
უშაბოტო უროსათვის, სადაც დარტყმისას ქვედა მოძრავი საცემიც მონაწილეობს, დარტყმის ენერგია გამოითვლება (1.3) ფორმულით.

$$L_{\text{დარტყმა}} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}. \quad (1.8)$$

აღნიშნული ფორმულებით განისაზღვრება სისტემის საწყისი კინეტიკური ენერგია. როგორც (1.6) ფორმულიდან ჩანს, დარტყმის მქ კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის საჭიროა აგრეთვე პლასტიკურ დეფორმაციაზე დახარჯული ენერგიის ცოდნა. ვინაიდან $L_{\text{ქ}}$ არის

$L_{\text{დარტყმა}}$ შემადგენელი ნაწილი, განვიხილოთ საკუთრივ დარტყმის კინეტიკური ენერგია.

პირველ რიგში დარტყმის პროცესი დაეყოს ორ ფაზად (ნახ.5). პირველ ფაზაში საცემები (შტამპები) ერთმანეთს უახლოვდება და სრულდება ნაჭედის დრეკადი და პლასტიკური დეფორმაციები.



ნახ. 5. მოძრავშაბოტიანი უროს დარტყმის სქემები

ფაზის დასასრულს ნაჭედის დეფორმაცია მთავრდება. ამ მომენტისათვის სისტემის ელემენტები - კუტი და შაბოტი ან ორი საცემი (უშაბოტო უროებში) ერთნაირ სიჩქარეს იძენს, რაც სისტემის საერთო სიმძიმის ცენტრის სიჩქარის ტოლია

$$V_1^I = V_2^I = V_x, \quad (1.9)$$

სადაც V_1^I დამცემი ნაწილის საბოლოო სიჩქარეა; V_2^I - შაბოტის ან ქვედა მოძრავი საცემის საბოლოო სიჩქარე; V_x - სისტემის სიმძიმის ცენტრის სიჩქარე.

ამის გამო, იცვლება სისტემის საწყისი კინეტიკური ენერგია $L_{კინ}$. იგი გარდაიქმნება ნაჭედის დრეკადი ($L_{დრ}$) და პლასტიკური დეფორმაციების ($L_{პლ}$) ენერგიად. გარდა ამისა, დარტყმის პირველი ფაზის შემდეგ სისტემას აქვს აგრეთვე ნარჩენი ენერგია L_1 (სისტემის პლასტიკური დეფორმაცია უგულვებელყოფილია).

საბოლოოდ, დარტყმის პირველი ფაზის დასასრულს

$$L_{\text{სრ}} = L_{\text{კ}} + L_{\text{სრ}} + L_1 = L_{\text{სრ}} + L_1, \quad (1.10)$$

სადაც $L_{\text{სრ}}$ დარტყმის პირველ ფაზაში დრეკად და პლასტიკურ დეფორმაციაზე დახარჯული ენერგიაა, რომელსაც დაკარგული ენერგია ეწოდება.

$L_{\text{კ}}$ უკან აღარ ბრუნდება, ხოლო $L_{\text{სრ}}$ იწვევს კუტისა და შაბოტის უკუცემას (არეკვლას). $L_{\text{სრ}}$ სიდიდე დამოკიდებულია გახურებული ნაჭედის დრეკადობაზე, რაც განისაზღვრება K აღდგენის კოეფიციენტით

$$v_1' - v_2' = k (v_2 - v_1), \quad (1.11)$$

L_1 -ის ანუ პირველი ფაზის ბოლოს ნარჩენი ენერგიის სიდიდის განსაზღვრისათვის ვიყენებთ მექანიკიდან ცნობილი მოძრაობის რაოდენობის შენახვის კანონს. თუ უროზე დარტყმის პროცესს წარმოვიდგენთ, როგორც ორი სხეულის ურთიერთცენტრული დარტყმის პროცესს, მაშინ (ზემოთ აღნიშნული კანონის თანახმად)

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' = (m_1 + m_2) v_x.$$

რადგან პირველი ფაზის ბოლოს მთელი სისტემის სიჩქარე v_x -ის ტოლია, ნარჩენი ენერგიის ფორმულას ექნება შემდეგი სახე:

$$L_1 = (m_1 + m_2) \frac{V_x^2}{2}. \quad (1.12)$$

თუ ფორმულიდან განვსაზღვრავთ v_x -ის მნიშვნელობას და შევიტანთ (1.12)-ში, უშაბოტო უროსთვის მივიღებთ:

$$L_1 = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}, \quad (1.14)$$

ზოლო უძრავი შაბოტის მქონე უროსთვის

$$L_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot L_{\text{კარ}}. \quad (1.15)$$

ამ შემთხვევაში $V_2 = 0$.

(1.14) და (1.15) და (1.10) ფორმულებით განსაზღვრავთ ენერჯიის დანაკარგს დარტყმის პირველ ფაზაში:

$$\text{უშაბოტო უროსათვის } L_{\text{კა}} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2}, \quad (1.16)$$

$$\text{უძრავშაბოტიანისათვის } L_{\text{კა}} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} L_{\text{კარ}}. \quad (1.17)$$

გარდა ამისა, (1.15) და (1.17) ფორმულებიდან უძრავშაბოტიანი უროსათვის

$$\frac{L_1}{L_{\text{კა}}} = \frac{m_1}{m_2}. \quad (1.18)$$

იმისათვის, რომ განესაზღვროთ $L_{\text{კა}}$ -ში $L_{\text{კარ}}$ -ის ანუ სასარგებლო მუშაობის ენერჯიის კუთრი წილი, განვიხილოთ დარტყმის მეორე ანუ განტვირთვის ფაზა.

განტვირთვის ფაზის არსებობა განპირობებულია დარტყმის პირველ ფაზაზე წარმოქმნილი დრეკადი ($L_{\text{კარ}}$) ენერჯიის არსებობით, რაც იწვევს კუტის უკუცემას ანუ ასხლეტას და სისტემის საერთო V_x სიჩქარის შეცვლას V_1' და V_2' საბოლოო სიჩქარეებად.

კუტისა და შაბოტის საბოლოო სიჩქარეები განისაზღვრება (1.11) და (1.12) ფორმულებით:

$$V_1' = V_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} (V_1 - V_2) \cdot (1 + k), \quad (1.19)$$

$$V_2' = V_2 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} (V_1 - V_2) \cdot (1 + k), \quad (1.20)$$

სადაც $0 < k < 1$.

თუ ნაკვები აბსოლუტურად პლასტიკურია ($k = 0$) (1.19) და (1.20) მიიღებს სახეს:

$$V_1' = V_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} (V_1 - V_2) = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = V_x, \quad (1.21)$$

$$V_2' = V_2 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} (V_1 - V_2) = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = V_x. \quad (1.22)$$

აქედან გამომდინარე $V_1' = V_2' = V_x$.

თუ კუტი და ნაკვები აბსოლუტურად დრეკადია ($k=1$), გვექნება:

$$V_1' = V_1 - \frac{2m_2}{m_1 + m_2} (V_1 - V_2), \quad (1.23)$$

$$V_2' = V_2 + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} (V_1 - V_2). \quad (1.24)$$

დარტყმის შემდეგ სისტემის კინეტიკური ენერგია

$$L_o = \frac{m_1 (v_1')^2}{2} + \frac{m_2 (v_2')^2}{2} \quad (1.25)$$

(1.19) და (1.20) ფორმულების გამოყენებით ქვედა მოძრავ-საცემიანი უროსათვის მივიღებთ:

$$L_o = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2 + k^2 m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}. \quad (1.26)$$

უძრავშაბოტიანი უროებისათვის, სადაც $V_2 = 0$, გვექნება:

$$L_0 = \frac{m_1^2 v_1^2 + k^2 m_1 m_2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_1 + k^2 m_2}{m_1 + m_2} L_{\text{კარ}}. \quad (1.27)$$

ნაკედის პლასტიკურ დეფორმაციაზე დახარჯული ენერგია

$$L_{\text{კ}} = L_{\text{კარ}} - L_0. \quad (1.28)$$

უძრავშაბოტიანი უროსათვის ($V_2 = 0$) (1.27) და (1.7) ფორმულების გათვალისწინებით (1.28)-ში მივიღებთ:

$$L_{\text{კ}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (1 - k^2) L_{\text{კარ}}. \quad (1.29)$$

ქვედა მოძრავი კუტის მქონე უროებისათვის, (1.8) და (1.26)-ის გათვალისწინებით:

$$L_{\text{კ}} = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2 \cdot (1 - k^2)}{2(m_1 + m_2)}. \quad (1.30)$$

სრული ენერგიის გამოსათვლელი (1.10) და (1.28) ფორმულების შეჯერებით მივიღებთ:

$$L_{\text{კარ}} = L_{\text{კ}} + L_{\text{კარ}} + L_1 = L_{\text{კვ}} + L_1 = L_{\text{კვ}} + L_1 = L_{\text{წთ}} + L_0.$$

$$\text{აქედან გამომდინარე} \quad L_0 = L_{\text{კარ}} + L_1. \quad 1.31$$

(1.29) და (1.7) ფორმულების გათვალისწინებით (1.6) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\eta_{\text{კარ}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (1 - k^2). \quad (1.32)$$

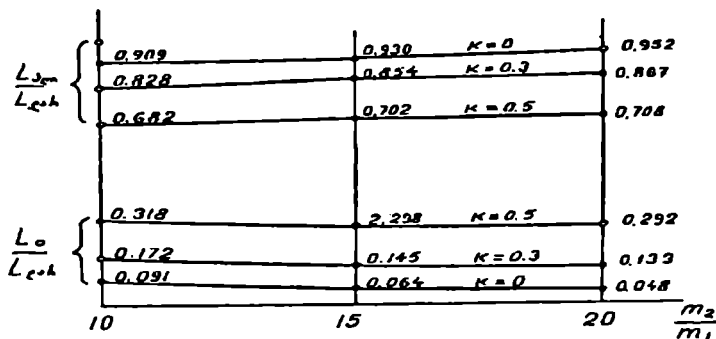
უძრავშაბოტიანი უროს მქ კოეფიციენტი

(1.30) და (1.8) ფორმულების გათვალისწინებით (1.6) ფორმულაში, მივიღებთ მოძრავ ქვედასაცემიანი უროს მქ კოეფიციენტის გამოსათვლელ ფორმულას:

$$\eta_{\text{დარ}} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2} (1 - k^2) = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2L_{\text{დარ}}} (1 - k^2). \quad (1.33)$$

როგორც (1.32) ფორმულიდან ჩანს, უძრავშაბოტიანი (1.33) უროს მქ კოეფიციენტი დამოკიდებულია შაბოტისა და კუტის მასების თანაფარდობისა (m_2 / m_1) და K აღდგენადობის კოეფიციენტის სიდიდეზე.

(1.32) ფორმულით აგებულ იქნა ენერგიის გარდაქმნის გრაფიკები მასში შემავალი სიდიდეების სხვადასხვა ($m_1 / m_2 = 10-15-20$ და $k=0,5-0,3-0$) მნიშვნელობისათვის (ნახ.6)



ნახ.6. დარტყმის მქ კოეფიციენტის და ენერგიების დიაგრამები უძრავშაბოტიანი უროებისათვის

აღმოჩნდა, რომ შაბოტის (m_2) მასის გაზრდით უმნიშვნელოდ იზრდება უროს მქ კოეფიციენტი. ის საგრძნობლად იზრდება ნაჭედის პლასტიკურობის გაზრდით ანუ K კოეფიციენტის შემცირებით (ნაჭედის გახურების შემთხვევაში $K=0,3$).

ის ფაქტი, რომ შაბოტის წონის გაზრდა მქ კოეფიციენტს საგრძნობლად ვერ ზრდის, არ ნიშნავს ჭედვის ტექნოლოგიურ პროცესზე მისი ზეგავლენის უგულებელყოფას.

აქ გათვალისწინებულია დარტყმის სიხისტე ანუ სისტემის დამყოლობა დარტყმის პროცესში. რაც განისაზღვრება V_x და V_2' სიჩქარეებით.

რაც უფრო მცირეა V_x სისტემის სიმძიმის ცენტრის და შაბოტის საბოლოო V_2 სიჩქარეები და L_1 ენერგია, მით უფრო ხისტია დარტყმა. შესაბამისად იზრდება მიღებული ნაჭედის და შტამპვის სიმკვეთრე. ამის გამო, ხშირად შტამპვის სიზუსტის გაზრდის მიზნით იყენებენ $m_2/m_1=20-30$ თანაფარლობას.

რაც შეეხება მოძრავი ქვედა საცემის მქონე ანუ უშაბოტო უროებს, მათი მქ კოეფიციენტი დამოკიდებულია კუტების მასათა თანაფარლობასა და მათი საწყისი მოძრაობის რაოდენობაზე. არსებობს სამი ვარიანტი:

$$1. m_1 = m_2 \text{ და } m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0;$$

$$2. m_2 = \alpha m_1 \text{ და } m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0, \alpha > 1$$

$$3. m_2 = \alpha m_1 \text{ და } m_1 v_1 + m_2 v_2 \neq 0, \alpha > 1$$

პირველ ვარიანტში $V_1 = -V_2$ და $V_x = 0$. რაც ნიშნავს, რომ დარტყმის პირველი ფაზის შემდეგ სისტემა ჩერდება. დრეკადი ენერგიის არსებობის გამო ადგილი აქვს მეორე ანუ განტვირთვის ფაზის არსებობას, როდესაც კუტები იძენს V_1 და V_2 სიჩქარეებს. ამასთან

$$V_1' = -V_2'$$

როგორც მქ კოეფიციენტების შედარებამ აჩვენა, I-ლი ვარიანტის უშაბოტო უროების მქ კოეფიციენტი უფრო მაღალია, ვიდრე $m_2=20m_1$ უძრავშაბოტიანი (დარტყმის ენერგიის მიხედვით ისინი ეკვივალენტურია) უროსი. გარდა ამისა, დარტყმის პირველი ფაზის ბოლოს უშაბოტო უროებში $L_1=0$; აქედან გამომდინარე, დარტყმა უფრო ხისტია, ვიდრე უძრავშაბოტიანი უროს შემთხვევაში.

მეორე ვარიანტი მქ კოეფიციენტისა და დარტყმის სიხისტის მიხედვით პირველის ანალოგიურია.

მესამე ვარიანტში მოძრაობის რაოდენობათა ჯამი არ არის 0-ის ტოლი. თუ ჩავთვლით, რომ $m_2 v_2 > m_1 v_1$, ამ დროს $m_1 v_1 + m_2 v_2$ ჯამური მოძრაობის რაოდენობას ექნება ისეთივე ნიშანი, რაც $m_2 v_2$ - ქვედა კუტის მოძრაობის რაოდენობას. v_x -საც ექნება v_2 -ის ნიშანი. ე.ი. პირველი ფაზის ბოლოს ორივე კუტს ექნება ერთი და იგივე სიჩქარე, რომლის მიმართულება v_2 სიჩქარის მიმართულებას ემთხვევა.

მეორე და მესამე ვარიანტის უროების შედარებამ აჩვენა, რომ ამ უკანასკნელის მქ კოეფიციენტი უფრო დაბალია. დაბალია აგრეთვე დარტყმის სიხისტი.

როგორც წარმოდგენილი ვარიანტების ანალიზი გვიჩვენებს, მქ კოეფიციენტისა და დარტყმის სიხისტის მიხედვით, საუკეთესოა პირველი ორი ვარიანტი.

K აღდგენის კოეფიციენტის მნიშვნელობის დადგენა

K-ს რიცხვითი მნიშვნელობის დადგენას დიდი მნიშვნელობა აქვს დარტყმითი პლასტიკური დეფორმაციის შესწავლისას. მისი დადგენა ხდება გლუვი ფილიდან ბურთულის ასხლეტის ექსპერიმენტის მეშვეობით. ბურთულის მასასთან შედარებით ფილის მასას უსასრულოდ დიდად თვლიან. ამ შემთხვევაში $V_0=0$ და $V'_2=0$ ბურთულის (საცემის)

h_0 სიმაღლიდან ვარდნის შემთხვევაში $v_1 = \sqrt{2gh_0}$.

h_1 სიმაღლეზე ასხლეტისას $v'_1 = \sqrt{2gh_1}$. აქედან გამომდინარე

$$\frac{v'_1}{v_1} = k = \sqrt{\frac{h_1}{h_0}}. \quad (1.34)$$

1.3. უროს დამცემ ნაწილებზე მოქმედი ძალები

უროს დამცემი ნაწილების მოძრაობა ხორციელდება ამა თუ იმ ამძრავის ზემოქმედებით, რომელიც მათ ანიჭებს დარტყმის გარკვეულ ენერგიას. უროების დაპროექტებისას საწყისი მონაცემად სწორედ დარტყმის ენერგია ითვლება. ამ ენერგიის სიდიდეს კი დამცემი ნაწილების მასასთან ერთად განაპირობებს მისი სიჩქარე დარტყმის მომენტში. ამ უკანასკნელს განსაზღვრავს დამცემ ნაწილებზე მოქმედი ძალების ხასიათი.

უროს დამცემი ნაწილების (მაგალითად, კუტის) მოძრაობის პროცესის დინამიკა განისაზღვრება დალამბერის პრინციპით, რომლის თანახმად, თუ მექანიკური სისტემების წერტილებზე მოქმედ აქტიურ ძალებს და რეაქციებს მიუვმატებთ ინერციის ძალებს მიიღება ძალთა გაწონასწორებული სისტემა.

ურობის შემთხვევაში მოქმედ ძალად ითვლება კუტზე მოქმედი ყველა აქტიური და რეაქტიული ძალების საერთო ტოლქმედი Q , რომლის მეშვეობით კუტის მოძრაობის ნებისმიერ მომენტში ადვილად განისაზღვრება კუტის ნამდვილი აჩქარების სიდიდე.

განვსაზღვროთ მოქმედი ძალა Q კუტის ქვემოთ და ზემოთ მოძრაობისას.

განვიხილოთ კუტის მოძრაობა ქვემოთ. ამ დროს კუტზე მოქმედი ჯამური ძალა Q_{\downarrow}

$$Q_{\downarrow} = P'_{\downarrow} + G - P''_{\downarrow} - R = mj_{\downarrow} = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1.35)$$

სადაც P'_{\downarrow} დგუშზე მოქმედი აქტიური ძალაა; G - კუტის წონა (აქტიური ძალა); P''_{\downarrow} - დგუშზე მოქმედი წინაღობის ძალა; R - ხახუნის ძალა; m - კუტის მასა; j - კუტის აჩქარება; x - კუტის გადაადგილება; t - კუტის მოძრაობის დრო.

ამოცანის გამარტივების მიზნით დასაშვებია მივიღოთ:

$P'_{\downarrow} = P''_{\downarrow} = 0$; $R = 0, 1G$, მაშინ მივიღებთ (1.35) განტოლების გამარტივებულ სახეს:

$$Q_{\downarrow} = G - R = 0,9G = mj_{\downarrow} = m \frac{d^2x}{dt^2}. \quad (1.36)$$

ამ უკანასკნელის ინტეგრირებით მიიღება:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{0,9G}{m}t + c.$$

მოძრაობის დასაწყისში $t = 0$; $\frac{dx}{dt} = 0$, $c = 0$.

$$\text{აქედან} \quad v = \frac{dx}{dt} = \frac{0,9G}{m}t = 0,9gt, \quad (1.37)$$

სადაც $g = \frac{G}{m}$ არის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება

$$(g = 981 \text{ სმ} / \text{წმ}^2).$$

უკანასკნელის ინტეგრირებით

$$x = \frac{0,9gt^2}{2} + c.$$

საწყისი პირობების თანახმად $t=0$; $x=0$; $c=0$.

აქედან $x = 0,45gt^2$. (1.38)

(1.37) და (1.38)-დან გამოვრიცხოთ t , მაშინ

$$v = \frac{dx}{dt} = \sqrt{1,8gx}. \quad (1.39)$$

თუ ხახუნს გამოვრიცხავთ, გვექნება

$$v = \frac{dx}{dt} = \sqrt{2gx}. \quad (1.40)$$

კუტის მაქსიმალური სვლა x_{\max} აღენიშნოთ H_m , მაშინ უბრალო მოქმედების უროებისათვის ($P'_x = 0$; $P''_x = 0$) დარტყმის მომენტში სიჩქარე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_{\text{სიჩქარე}} = \sqrt{1,8gH_m}, \quad (1.41)$$

ხოლო დარტყმის ენერგია

$$L_{\text{სიჩქარე}} = \frac{mv_{\text{სიჩქარე}}^2}{2}. \quad (1.42)$$

კუტის სვლა ზემოთ. ამ დროს მოქმედი ძალები:

$$Q_x = P'_x - G - P''_x - R = mj_x = m \frac{d^2x}{dt^2}. \quad (1.43)$$

კუტის წონა ითვლება წინააღობის ძალად. იმისათვის, რომ კუტის აწევის დრო შემცირდეს, საჭიროა გაიზარდოს აქტიური ძალა P'_x .

უროს დარტყმათა რიცხვი წუთში

$$n = \frac{60}{T_u}, \quad (1.44)$$

სადაც T_0 ერთი სრული მუშა ციკლის დროა, წმ.

დარტყმათა რიცხვი n ითვლება უროს ერთ-ერთ ძირითად ჩქაროსნულ პარამეტრად, რომელიც სტანდარტებითაა განპირობებული.

როგორც წესი, ჩქაროსნული უროები ორმაგი მოქმედებისაა, ე.ი. ამბრავის ენერგია დამცემ ნაწილზე მოქმედებს როგორც ზემოთ, ასევე ქვემოთ სვლის დროს.

1.4. მასისა და სიჩქარის გავლენა დარტყმის ეფექტურობაზე

როგორც ცნობილია, უბრალო მოქმედების უროებში დამცემი ნაწილის მიერ დაგროვილი ენერგია დარტყმის მომენტში შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$L_{\text{დარ}} = \frac{mv^2}{2},$$

სადაც V დამცემი ნაწილების სიჩქარეა ნაკვდთან შეხების მომენტში, m - დამცემი ნაწილების მასა.

დარტყმის ენერგია ორი გზით იზრდება: m მასის ან v სიჩქარის გაზრდით. ორმაგი მოქმედების უროების შემოღება სწორედ დარტყმის სიჩქარის ზრდას ითვალისწინებს. იგი ხორციელდება ენერგომატარებლის მოქმედებით დგუშის ზედა ფართობზე მისი ვარდნის მომენტში. ამ დროს დარტყმის სიჩქარე V დაახლოებით 1,5-ჯერ იზრდება. აქედან გამომდინარე, ორმაგი მოქმედების უროს დარტყმის ენერგია

$$L_{\text{დარ}} = \frac{m(1,5v)^2}{2} = 2,25 \frac{mv^2}{2} \quad (1.45)$$

ორმაგი მოქმედების უროების შემოღებამ უროების სიმაღლის შემცირების საშუალება მოგვცა და, მასასადაამე, საამქროს სიმაღლისაც. უბრალო მოქმედების უროებში სიჩქარე

$v = 4,5 - 6$ მ/წმ, ორმაგი მოქმედების უროებში კი

$v_1 = 6 - 9$ მ/წმ.

უნდა აღინიშნოს, რომ ერთი და იგივე დარტყმის ენერგიის შემთხვევაში ჭედვის ეფექტურობა სხვადასხვაა იმის მიხედვით, თუ ენერგია რის ხარჯზეა მიღებული, მეტი მასით და ნაკლები სიჩქარით თუ პირიქით. რაც მეტია მოძრავი ნაწილების მასა, მით უფრო უკეთესად, ღრმად იჭედება ლითონი. რაც მეტია დარტყმის სიჩქარე, მით ნაკლებ სიღრმეზე ვრცელდება დარტყმის მოქმედება დეფორმირებულ ლითონში. ეს აიხსნება დარტყმის მოქმედების (მუშა დრო) სხვადასხვა სიდიდით.

ვთქვათ, m და v ერთი უროს პარამეტრებია, ხოლო m_1 და v_1 - მეორესი ისე, რომ $m > m_1$ და $v < v_1$.

დარტყმის ენერგია ერთი და იგივეა:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{m_1v_1^2}{2}. \quad (1.46)$$

პირველი უროს შემთხვევაში ნაჭედის წინალობა (მუშა დროის განმავლობაში) მუდმივია, $R = \text{const}$. მაშინ მისი მოძრავი ნაწილების

აჩქარება $j = \frac{R}{m}$. მუშა დრო პირველი უროსათვის

$$t = \frac{v}{j} = \frac{vm}{R}, \quad (1.47)$$

მეორე უროსათვის

$$j = \frac{R_1}{m_1}, \quad t = \frac{v_1}{j_1} = \frac{v_1 m}{R_1}, \quad (1.48)$$

სადაც $R_1 > R$, ვინაიდან სიჩქარის გაზრდით მატულობს დეფორმაციის წინალობა.

(1.47) განტოლება გავყოთ (1.48)-ზე, მივიღებთ:

$$\frac{t}{t_1} = \frac{v m R_1}{v_1 m_1 R}. \quad (1.49)$$

ვინაიდან $\frac{m}{m_1} = \frac{v_1^2}{v^2}$, ამიტომ (1.49)-ში $\frac{v_1}{v}$ -ს მაგივრად ჩავსვით

მისი ტოლი მნიშვნელობა - $\sqrt{m / m_1}$, მაშინ

$$\frac{t}{t_1} = \frac{m \sqrt{m_1} R_1}{R \cdot m_1 \sqrt{m}} = \frac{\sqrt{m} R_1}{\sqrt{m_1} R} \quad (1.50)$$

ე.ი. $t > t_1$, რადგან პირობის თანახმად $\sqrt{m} R_1 > \sqrt{m_1} R$.

მაშასადამე, ერთი და იგივე დარტყმის ენერგიისას დამცემი ნაწილების დარტყმის დრო მეტია იმ შემთხვევაში, როცა გვაქვს დიდი მასა და ნაკლები სიჩქარე, ვიდრე პირიქით. ამიტომ უროების ძირითად მახასიათებლად ითვლება არა დარტყმის ენერგია, არამედ მისი დამცემი ნაწილების წონა.

II თავი

ორთქლჰაერის უროები

2.1. ორთქლჰაერის უროების დანიშნულება და გამოყენების არე

ორთქლჰაერის უროებს ფართოდ იყენებენ სამჭედლო, სამჭედლო-საწნეხ და სამჭედლო-საშტამპავ საამქროებში. გარდა ამისა, მათ ფართოდ იყენებენ ცივად შტამპვის საამქროებში ფურცლოვანი მასალებისაგან დაშტამპული დეტალების მისაღებად.

თავისუფალი ჭედვისათვის განკუთვნილ უროებს სამჭედლო უროებს უწოდებენ, რომელთა დამცემი ნაწილების წონა 500-5000 კგ-ია. უფრო ნაკლები ტონაჟის უროები შეცვლილია პნევმატიკური უროებით, ხოლო 5000 კგ-ზე მეტი ტონაჟისა - სამჭედლო-ჰიდრაულიკური წნეხებით.

სამჭედლო უროებზე დამუშავებული ნაჭედის მაქსიმალური წონაა 5000 კგ, ფასონური ნაჭედებისა - დაახლოებით 750 კგ, ხოლო გლუვი ლილვებისა - 1500 კგ.

2.2. ენერგომატარებელი და მისი მახასიათებლები

ორთქლჰაერის უროების ენერგომატარებელს ანუ მუშა სხეულს წარმოადგენს ორთქლი ან ჰაერი, რომელთა მახასიათებლებია: წნევა P , ტემპერატურა t და მოცულობა V .

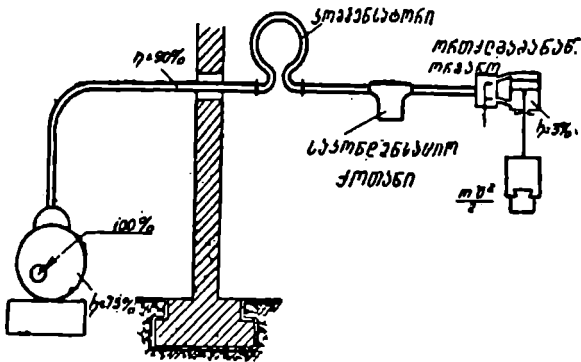
უროების დაპროექტებისას ლებულობენ: ორთქლის წნევას 0,7-0,9 მპა (7-9 ატმ); ჰაერის წნევას - 0,6-0,8 მპა (6-8 ატმ),

გადახურებული ორთქლის ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 573 K, ხოლო ჰაერის გახურება 473 K-ს (საცხი ზეთების აალების თავიდან ასაცილებლად).

ორთქლი. უროებში გამოიყენება მშრალი გაჯერებული, ტენიანი გაჯერებული და გადახურებული ორთქლები. უროს მუშაობა მხოლოდ მშრალი გაჯერებული ორთქლით გამორიცხულია. უროები, როგორც წესი, მუშაობენ ტენიან გაჯერებულ ორთქლზე.

ტენიანი ორთქლის მუშა პროცესები (გაფართოება და კუმშვა) ახლოსაა ადიაბატურ პროცესებთან, რომლებიც ხასიათდებიან განტოლებით:

$$PV^k = const, \quad (2.1)$$

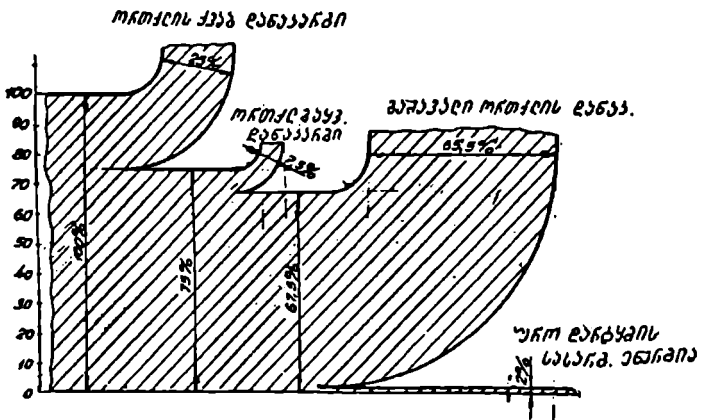


ნახ.7. ორთქლზე მომუშავე უროდანადგარის სქემა

სადაც $K=1,035-0,1x$. x - საწყის მდგომარეობაში ორთქლის შემცველობა (ორთქლის სიმშრალე).

მშრალი გაჯერებული ორთქლისათვის $x=1$ და $K=1,135$, გადახურებისათვის $K=1,3$. ორთქლზე მომუშავე უროების თბური გაანგარიშების გამარტივებისათვის მიღებულია, რომ $K=1$.

ჰაერი. ორთქლჰაერის უროებს მუშაობა შეუძლია აგრეთვე



ნახ. 8. ენერჯის ბალანსი უროს ორთქლზე მუშაობისას

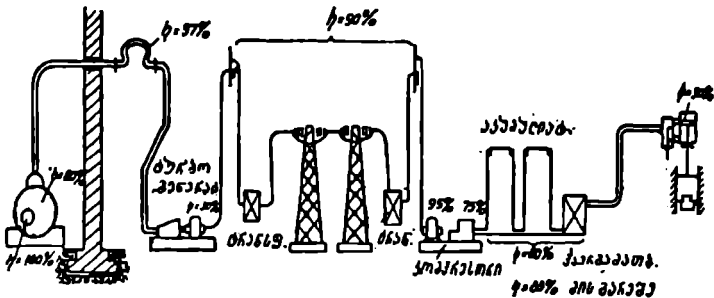
შეკუმშულ ჰაერზე. ამისათვის საჭიროა საკომპრესორო სადგურის არსებობა. მუშა პროცესში ჰაერის მდგომარეობის ცვლილებები განისაზღვრება იგივე განტოლებით, მხოლოდ $K=1,4$.

ორთქლისა და ჰაერის გაფართოებისა და კუმშვის პერიოდები სხვადასხვანაირად მიმდინარეობს. ორთქლის გაფართოება მიმდინარეობს კანონით $pV=const$, ხოლო გახურებული ჰაერისა - $pV_k = pV_{1,4} = const$. ამიტომ 1 კგ მშრალი გაჯერებული ორთქლი იძლევა უფრო მეტ მუშაობას, ვიდრე 1 კგ შეკუმშული ჰაერი. ეს იმით აიხსნება, რომ საწყის მდგომარეობაში მშრალი გაჯერებული ორთქლის კუთრი მოცულობა (V_2) მეტია, ვიდრე შეკუმშული ჰაერისა (V_1). გარდა ამისა, ერთი და იგივე ხარისხით გაფართოებისას ორთქლის წნევა (p_2) მეტია, ვიდრე ჰაერისა (p_1).

2.3. ორთქლზე მომუშავე უროს დანადგარის სქემა

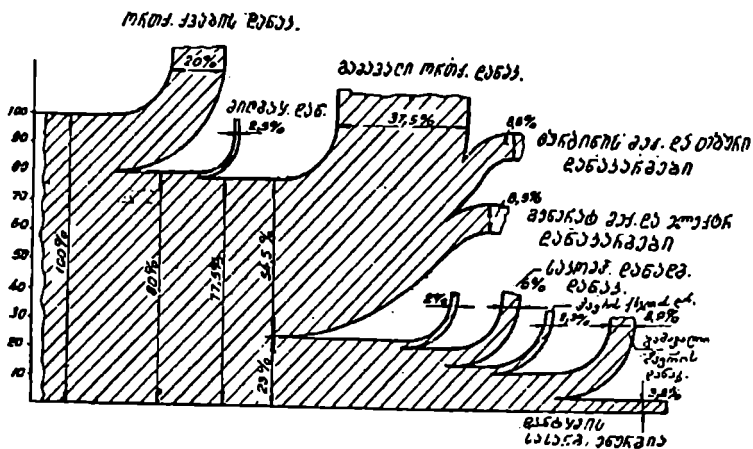
ორთქლის ქვების საცეცხლურს სათბობის წვისას სითბოს სახით მიეწოდება 100 % ენერგია (ნახ.7). უროების არათანაბარი მუშაობის გამო ორთქლი პიკურად იხარჯება. ამიტომ აუცილებელია ისეთი

ქანდაკა 3308



ნახ.9. შეკუმშულ ჰაერზე მომუშავე უროს დანადგარის სქემა

ქვაბების გამოყენება, რომლებსაც აქვთ დიდი აკუმულაციის უნარი, ე.ი. წყლის დიდი სივრცე.



ნახ.10. ენერჯის ბალანსი უროს შეკუმშულ ჰაერზე მუშაობისას

იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ კონდენსირებული წყალი მილგაყვანილობაში დაყენებულია საკონდენსაციო ქოთანნი. მილგაყვანილობის ტემპერატურული გაფართოების შთანთქმის მიზნით დანადგარს კომპენსატორი აქვს.

საშუალოდ საქვაბე დანადგარის მქ კოეფიციენტი შეიძლება მივიღოთ 0,75, ორთქლგაყვანილობისა— 0,9. საბოლოოდ სასარგებლოდ გამოიყენება უროსთან მისული ორთქლის მხოლოდ 3 %.

ამრიგად, მთელი დანადგარის ეკონომიკური მქ კოეფიციენტი

$$\eta = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,03 = 0,02 \text{ ანუ } 2\%$$

მე-8 ნახ-ზე მოცემულია ორთქლზე მომუშავე უროს ენერჯის ბალანსი.

გამავალ ორთქლს მიაქვს სათბობის ენერჯის 65%, აქედან დაბრუნებული დანაკარგი კონდენსაციის სახით 22% შეადგენს. მთელი დანადგარის მქ კოეფიციენტის გაზრდის მიზნით ნამუშევარ ორთქლს იყენებენ შენობების გასათბობად, საშხაპეებში წყლის გასაცხელებლად და სხვ. ასევე იყენებენ დაბალი წნევის ტურბინებში, მაგრამ შედეგი არაღამაკმაყოფილებელია.

2.4. შეკუმშულ ჰაერზე მომუშავე უროს დანადგარის სქემა

ორთქლსა და შეკუმშულ ჰაერზე მომუშავე უროების ენერგეტიკული მხარეების სწორი შედარებისათვის აქაც ენერჯის საწყის წყაროდ მივიღოთ თბური ელექტროსადგურის ორთქლის ქვაბის სატეცხლურში მიწოდებული სათბობის წვის სითბოს 100%. მიღებულია მქ კოეფიციენტის შემდეგი მნიშვნელობები (ნახ.9): ქვაბის - 0,80; ორთქლგაყვანილობის - 0,97; ტურბოგენერატორის - 0,30; ელექტროქსელისა და ტრანსფორმატორის - 0,9; ელექტროძრავის - 0,95; კომპრესორის - 0,75; აკუმულატორისა და ჰაერსათბობის - 0,8 (ჰაერსათბობის გარეშე - 0,85), უროსი - 0,3. მამასადამე მთელი დანადგარის ეკონომიკური მქ კოეფიციენტი

$$\eta = 0,8 \cdot 0,97 \cdot 0,30 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,3 = 0,038 = 3,8\%.$$

ეს მეტია ორთქლზე მომუშავე უროს მქ კოეფიციენტზე. მე-10 ნახ-ზე მოცემულია შეკუმშულ ჰაერზე მომუშავე ენერჯის ბალანსი.

ცხრილი 1

№	დახარჯული ენერჯია	ორთქლზე მუშაობა	შეკუმშულ ჰაერზე მუშაობა
1.	უროს სასარგებლო ენერჯია	2,0%	3,8%
2.	ენერჯის დანაკარგი რომლის გამოყენებაც შეიძლება	65,5%	37,5+8,9=46,4%
3.	ენერჯის დაუბრუნებელი დანაკარგი	25+7,5=32,5%	2,0+2,5+2+6+2,3+8,5+8,5=49,8%

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საწყისი კაპიტალური დანახარჯი ამ შემთხვევაში მეტია, ვიდრე ორთქლზე მომუშავე უროს დროს.

შეკუმშულ ჰაერზე მომუშავე უროს დანადგარი მოითხოვს ქსელში ჰაერის გასათბობ მოწყობილობას, რომლის აუცილებლობაც

გამოწვეულია უროს მუშაობის დასაწყისში ცილინდრის გადაციების თავიდან ასაცილებლად. ცილინდრში ტემპერატურის დაცემა ჰაერის გაფართოებისას ხდება. განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ, ჰაერის საწყისი პარამეტრებია: ტემპერატურა $T_1 = 300\text{K}$ (27°C) და წნევა $P_1 = 0,6 \text{ ჰგ/მ}^2$ (6 ატმ). გაფართოების შემდეგ $P_2 = 0,2 \text{ ჰგ/მ}^2$ (2 ატმ). გამოვთვალოთ მისი ტემპერატურა T_2 . ვინაიდან უროს ცილინდრში ჰაერი ფართოვდება ძალზე მცირე დროში, სითბოს მიწოდება ან წართმევა პრაქტიკულად არ ხდება, ამიტომ გაფართოების პროცესი შეიძლება აღიარებოდეს ადიაბატურად ჩაითვალოს. თერმოდინამიკიდან ადიაბატური პროცესისათვის წნევებსა და ტემპერატურებს შორის გვაქვს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{x-1}{x}}, \text{ აქედან } T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{x-1}{x}} \quad (2.2)$$

სადაც ჰაერისათვის $x=1,4$. გავალოგარიტმოთ

$$\ln T_2 = \ln T_1 + \frac{0,4}{1,4} (\ln P_2 - \ln P_1)$$

$$\ln T_2 = \ln 300 + 0,286 (\ln 2 - \ln 6) = 5,38958$$

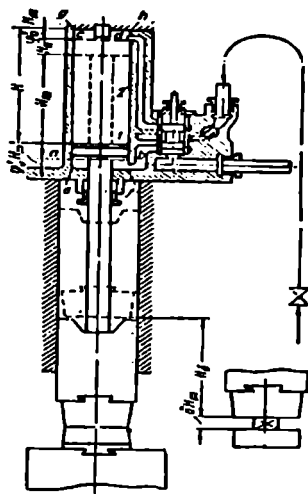
$$T_2 = 219\text{K}; \quad t = 219 - 273 = -54^\circ\text{C}.$$

მაშასადამე (სითბოს მიწოდების გარეშე) ცილინდრში ჰაერის გაფართოებისას ტემპერატურა შეიძლება დაეცეს -54°C -მდე, ე.ი. $27+54=81^\circ\text{C}$ -ით.

ჰაერის გასათბობად ხშირად იყენებენ მახურებელი ღუმელებიდან გამომავალი ნამწვი აირების ტემპერატურას. თუ შევადარებთ ორთქლსა და ჰაერზე მომუშავე უროთა ენერგეტიკულ მხარეს, ვნახავთ, რომ უსარგებლოდ წასული ორთქლის ან ჰაერის გამოყენების შემთხვევაში უკეთესი ეფექტის მოცემა შეუძლია ორთქლზე მომუშავე დანადგარს, რაც 1-ლი ცხრილშია მოცემული.

უსარგებლოდ წასული ორთქლის ან ჰაერის ენერჯის გამოყენება ყოველთვის არ არის შესაძლებელი. ამიტომ ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა საკითხი გადაიჭრას საერთო ეკონომიური მაჩვენებლების მიხედვით, ადგილობრივი პირობების

გათვალისწინებით. მაგალითად, თუ ქარხანა მარაგდება ელექტროენერგიით, რომელსაც ჰიდროელექტროსადგური გვაძლევს, მაშინ მიზანშეწონილია უროები ვამუშაოთ შეკუმშულ ჰაერზე და არა ორთქლზე.



ნახ.11. ორთქლჰაერის სამჭედლო უროს სქემა

2.5. ორთქლჰაერის უროების მოქმედების პრინციპი და ინდიკატორული დიაგრამა

ორთქლჰაერის უროებში დამცემი ნაწილები მოძრაობაში მოიყვანება ორთქლით ან ჰაერით. ორთქლით მომუშავე უროებში ორთქლის წნევა 4-დან 12 კგ/სმ²-მდე იცვლება, ხოლო ჰაერით მომუშავე უროებში ჰაერის წნევა 6-12 კგ/სმ²-მდე. იმის გამო, რომ შეკუმშული ჰაერისა და ორთქლის გაფართოება სხვადასხვანაირად მიმდინარეობს, უროს ორთქლიდან ჰაერზე გადაყვანისას საჭიროა ორთქლჰაერმანაწილებელი ორგანოს შესაბამისი დარეგულირება.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, უროები არის უბრალო და ორმაგი მოქმედების. უბრალო მოქმედების ეწოდება ისეთ უროებს, რომლებშიც ენერგომატარებელი (ორთქლი ან ჰაერი) გამოიყენება მხოლოდ დამცემი ნაწილების ასაწევად. ამ შემთხვევაში მისი ქვემოთ სვლა ხდება მხოლოდ საკუთარი წონის ზემოქმედებით.

დარტყმის ენერგიის გაზრდის მიზნით შეიქმნა ისეთი კონსტრუქციის უროები, რომლებშიც ენერგომატარებელი დამცემი ნაწილზე მოქმედებს როგორც ზემოთ, ასევე ქვემოთ სვლისას. ასეთი სახის უროებს ორმაგი მოქმედების ეწოდება.

უბრალე მოქმედების უროებში დარტყმის სიჩქარე აღწევს 4,5-6 მ/წმ, ხოლო ორმაგი მოქმედების უროებში 6-9 მ/წმ-ს.

ორმაგი მოქმედების ორთქლქაერის უროს მოქმედების პრინციპის ნათელსაყოფად განვიხილოთ სქემა (ნახ.11). სქემაზე მოცემულია უროს დამცემი ნაწილები (დგუში, ჭოკი, კუტი, ზედა საცემი), ორთქლმანაწილებელი მექანიზმისა და მუშა ცილინდრის ჭრილები.

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

H_m - დამცემი ნაწილების (ანუ დგუშის) მაქსიმალური სვლა, სმ;

$\varphi_1 H_m$ - ცილინდრის ქვედა მავნე სივრცის abef სიმაღლე, სმ;

$\varphi_2 H_m$ - ცილინდრის ზედა მავნე სივრცის cdhg სიმაღლე, სმ;

$\varphi_3 H_m$ - ქვედა არხის I დაყვანილი სიმაღლე, რომელიც ტოლია მისი მოცულობის ფარდობისა დგუშის ქვედა რგოლურ ფართობზე, სმ;

$\varphi_0'' H_m$ - ზედა არხის II დაყვანილი სიმაღლე, რომელიც ტოლია მისი მოცულობის ფარდობისა დგუშის ზედა მთლიან ფართობზე სმ;

$\varphi_u H_m$ - მთელი ქვედა მავნე სივრცის სიმაღლე, სმ

$$\varphi_u H_m = (\varphi_u^I + \varphi_0'') H_m;$$

$\varphi_o H_m$ - მთელი ზედა მავნე სივრცის სიმაღლე, სმ

$$\varphi_o H_m = (\varphi_o^I + \varphi_0'') H_m;$$

h_r - დგუშის სიმაღლე, სმ;

h_u - ცილინდრის სრული სიმაღლე, სმ

$$h_u = h_r (1 + \varphi_u^I + \varphi_o'') H_m;$$

H - კუტის სამონტაჟო სელა, რომელიც აითვლება ცილინდრის ზედა სახურავიდან დგუმის ზედა სიბრტყემდე, როცა მას უკავია ქვედა უკიდურესი მდგომარეობა ნაჭედის გარეშე, სმ;

$$H = H_m(1 + \varphi_0).$$

F - დგუმის ზედა ფართობი, სმ²;

α - დგუმის ქვედა რგოლური ფართობი, სმ²;

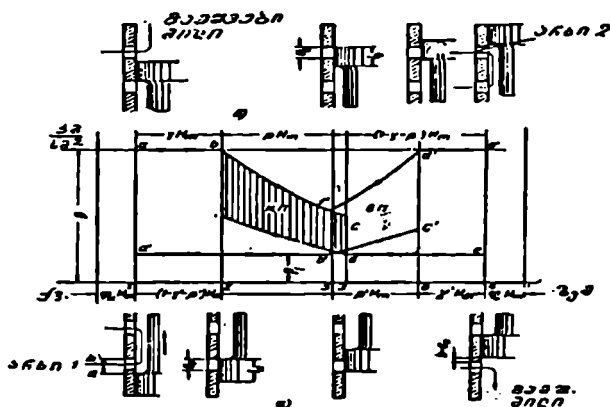
P - საღი ორთქლის წნევა, კგ/სმ²;

P_1 - ცილინდრში ნამუშევარი ორთქლის წნევა, კგ/სმ²;

P_0 - ატმოსფერული წნევა, კგ/სმ²; (1ატმ);

P_{01} - ორთქლის წნევა ღუმელში, კგ/სმ²;

δH_m - ნაჭედის სიმაღლე, სმ.



ნახ.12. თეორიული ინდიკატორული დიაგრამა

ნაჭედის შემთხვევაში ქვედა მანვე სივრცე იზრდება ნაჭედის სიმაღლით

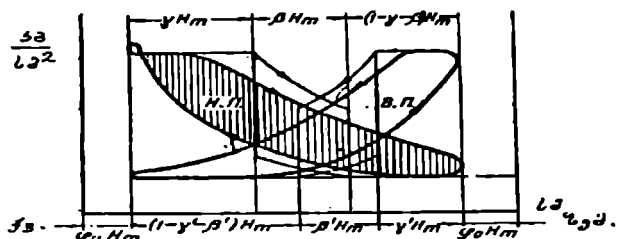
$$\varphi_{u, \delta} = (\varphi_u + \delta) H_m,$$

ხოლო დამცემი ნაწილების მაქსიმალური სელა

$$H_\delta = (1 - \delta) H_m.$$

მუშაობის დაწყების წინ უროს დამცემ ნაწილებს, ე.ი. დგუმს უკავია ქვედა უკიდურესი მდგომარეობა (ნახ.11). მართვის მექანიზმით ამავე

მდებარეობას აძლევენ მკვეთარას 3, რომელიც საღი ორთქლის მატარებელ სივრცეს 4 შეუერთებს I არხს. ამ არხის გავლით P წნევის



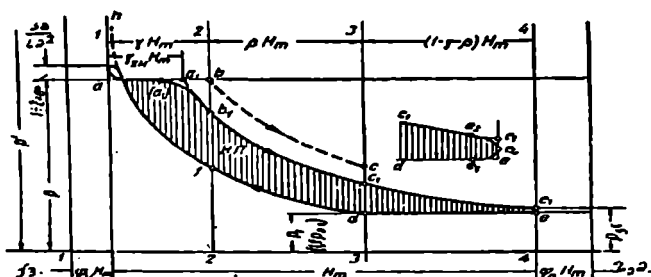
ნახ.13. თეორიული და ნამდვილი ინდიკატორული დიაგრამები

მქონე საღი ორთქლი მიეწოდება ცილინდრის ქვედა მავნე სივრცეს, იმოქმედებს დგუმის 5 ქვედა რგოლურ ფართობზე და განავითარებს ამწვევ ძალას

$$P_5 = p \cdot \alpha F, \text{ კგ} \quad (2.3)$$

უროს დგუმის ზემოთ სვლა იმ შემთხვევაში დაიწყება, როცა P_5^1 ამწვევი აქტიური ძალა გადააჭარბებს წინაღობის ყველა ძალას (დამცემი ნაწილის წონა G, ხახუნის ძალა R და ზედა ორთქლის წინაღობის ძალა P_5'').

უროს მოქმედების პრინციპის თვალსაჩინოებისათვის პარალელურად განვიხილოთ მისი ინდიკატორული დიაგრამა (ნახ.12), რომელიც აგებულია კოორდინატებში - ორთქლის წნევა-დგუმის სვლა.



ნახ.14. ქვედა ორთქლის სავარაუდო ინდიკატორული დიაგრამა

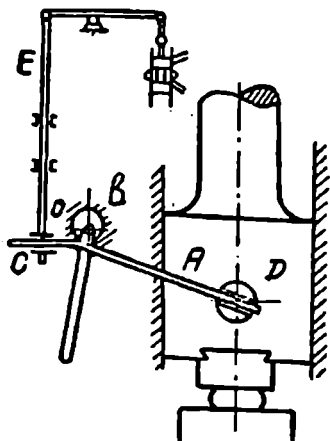
მასზე უკვე მოქმედებს ზედა ორთქლი. ed უბანზე კვლავ გრძელდება ქვედა ორთქლის გაშვება, ვიდრე მკვეთარა არ გადაკეტავს I არხს. I არხის გადაკეტვის შემდეგ დგუშის ქვემოთ მოქცეული ქვედა ორთქლი ჩაკეტილ მდგომარეობაში აღმოჩნდება. რადგან დგუში ქვემოთ მიემართება, ქვედა ორთქლის მოცულობა მცირდება, ხოლო წნევა მატულობს $pV = \text{const}$ კანონით. ამ პერიოდს დიაგრამაზე df უბანი შეესაბამება. დგუშის ქვემოთ სვლასთან ერთად მკვეთარაც ქვემოთ მიემართება, აღებს I არხს და უერთებს საღ ორთქლს (წერტილი f) და დგუშის ქვემოთ წნევას ზრდის. ამრიგად, fb ხაზი შეესაბამება ქვედა I არხში საღი ორთქლის შეშვების დაწყების მომენტს, რომელიც ოდნავ უსწრებს დამცემი ნაწილების ქვედა უკიდურეს წერტილში მოსვლის მომენტს, ე.ი. დარტყმას. დარტყმის შემდეგ (დგუშის ქვეშ გრძელდება საღი ორთქლის შეშვება) დამცემი ნაწილები სწრაფად ბრუნდება ზემოთ. შემდეგ კვლავ მეორდება პროცესი. რაც შეეხება ზედა ორთქლს, ის ქვედას ანალოგიურად მუშაობს, ამიტომ აღარ განვიხილავთ.

მე-12 ნახ-ზე მოცემული დიაგრამა წარმოადგენს თეორიულ ინდიკატორულ დიაგრამას და შეესაბამება თანამიმდევრულ დარტყმებს უროს ავტომატური მართვისას (ქვედა და ზედა ორთქლის მუშაობის იდენტური პირობებისას).

თუ თეორიულ ინდიკატორულ დიაგრამას შევადარებთ უშუალოდ უროს ცილინდრიდან ინდიკატორებით ჩაწერილ ნამდვილ დიაგრამას, ვნახავთ, რომ ისინი (ნახ-ები 13, 14, 15) მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

თეორიული ინდიკატორული დიაგრამა არ ითვალისწინებს ისეთ რეალურ ფაქტორებს, როგორცაა წნევის დაცემა მილგაყვანილობასა და ორთქლმანაწილებელში, მკვეთარას მიერ ცილინდრში შემავალი არხების თანდათანობით დაკეტვა-გაღება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დგუშის ქვემოთ წნევა ორთქლის შეშვების γH_m პერიოდში (ახ უბანი) რეალურად ვერ ინარჩუნებს მაქსიმალურ P მნიშვნელობას, როგორც ეს ინდიკატორულ დიაგრამაზეა (ნახ.12) ნაჩვენები.

ქვედა ორთქლის წნევის მუდმივი მნიშვნელობა შეიძლება შენარჩუნებულ იქნეს მხოლოდ გარკვეულ $[a_1]$ წერტილამდე და შემდეგ იწყებს შემცირებას (ნახ.13). შემცირება გრძელდება 2-2 ვერტიკალის b_1 წერტილამდე, როცა თავდება γH_m შეშვების

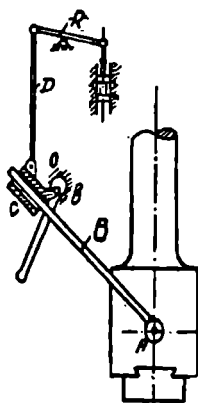


ნახ.16 . უროს ავტომატური მართვის პირველი ვარიანტი

პერიოდი. შემდეგ 2-2 და 3-3 ვერტიკალებს შორის მიმდინარეობს ორთქლის გაფართოება $pV = \text{const}$ კანონით. გაფართოების მრუდი b_1c_1 მდებარეობს თეორიული ინდიკატორული დიაგრამის bc მრუდის ქვემოთ. ორთქლის გაშვების ბოლო

$(1 - \gamma - \beta)H_m$ უბანზე I არე თანდათან იღება და ამიტომ წნევა უცხად კი არ ეცემა d წერტილამდე, არამედ გრძელდება დგუშის აწევის ბოლომდე (ვერტიკალი 4-4).

დამცემი ნაწილების შემდგომი მოძრაობისას, ქვემოთ გაშვების უბანზე $(1 - \gamma - \beta)H_m$ ქვედა ორთქლის წნევა მუდმივია (ნახ.13,cd), ხოლო



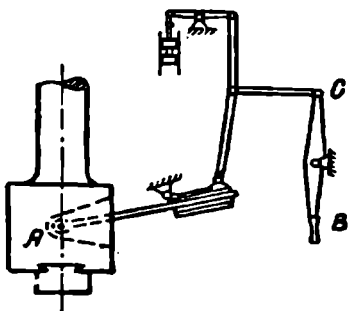
ნახ. 17. უროს ავტომატური მართვის მეორე ვარიანტი

βH_m უბანზე იცვლება $pV = \text{const}$ მრუდით. ბოლო უბანზე გაღებას იწყებს ქვედა არხი, საიდანაც დგუშის ქვემოთ მიეწოდება საღი ორთქლი. არხის გაღება თანდათანობით ხდება, ამიტომ წნევა უცხად არ ავარდება P მნიშვნელობამდე, არამედ თანდათანობით აიწევს (მრუდი fh), ვიდრე დარტყმა მოხდება.

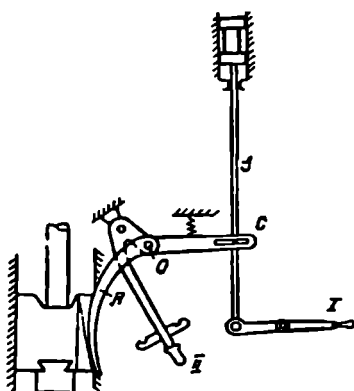
როგორც ვხედავთ, მიღებული ქვედა ორთქლის ინდიკატორული დიაგრამის $a[a_1]b,c,e,d,f,h$ დიაგრამის $[a_1]b,b_1,c_1,c,e,f,h$ უბნები არ ემთხვევა თეორიული ინდიკატორული დიაგრამის უბნებს.

ანალოგიურად შეიძლება ავაგოთ ზედა ორთქლის ინდიკატორული დიაგრამა $a'b'c'h'[a_1]d'f_1'a'$ (ნახ.14).

მე-14—15 ნახაზებზე მოცემულ ინდიკატორულ დიაგრამებს საეარაუდო ანუ მოსალოდნელი ინდიკატორული დიაგრამები ეწოდება. ისინი უროების თბურ გაანგარიშებას უდევს საფუძვლად.



ნახ. 18. უროს ავტომატური მართვის მესამე ვარიანტი



ნახ.19. უროს შერეული მართვის სქემა

2.6. ორთქლჰაერის უროების მართვა

ორთქლჰაერის უროების მართვა ხდება ორთქლმანაწილებელი მექანიზმით, რომლის მეშვეობით მუშა ცილინდრში პერიოდულად წარმოებს საღი ორთქლის შეშვება და ნამუშევარი ორთქლის გამოშვება. სამი ტიპის ორთქლმანაწილებელი მექანიზმი არსებობს: 1) მკვეთარიანი, 2) სარქველიანი და 3) ონკანიანი. ყველაზე მეტად გაამართლა მკვეთარიანმა სისტემამ. ონკანიანი გამოიყენება მხოლოდ დამხმარე სისტემაში.

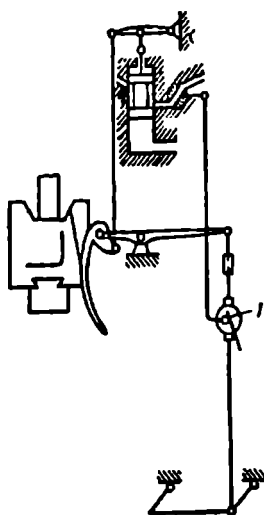
ორთქლმანაწილებელი მექანიზმის მუშაობა ხდება ავტომატურად, ნახევრად ავტომატურად ანუ შერეულად და ხელით.

2.6.1. უროების ავტომატური მართვის მოწყობილობა

უროები წარმოებაში ავტომატური მართვით თითქმის არ გამოიყენება. არსებობს ექსპერიმენტული სისტემები მცირე ტონაჟის უროებზე. ავტომატური მართვის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ ორთქლმანაწილებელი ორგანოების გადაადგილება წარმოებს დამცემი ნაწილების კუთთან კავშირში მყოფი ბერკეტთა სისტემით (ნახ.16). უროს კუთზე სახსრულადაა დამაგრებული მილისა D , რომელშიც გაყრილია A ორმხარა ბერკეტის ერთი ბოლო. უროს სადგარში ჩამაგრებული B ექსცენტრიკის და სახელურის მეშვეობით შესაძლებელია O ბერკეტის საყრდენი წერტილის გადაადგილება. ამით საშუალება გვეძლევა დავარეგულიროთ მკვეთარას საწყისი მდებარეობა და მამასადამე დარტყმის ენერჯიაც. A ბერკეტის მეორე ბოლო გაყრილია C მილისაში, რომელიც E წვევარით მკვეთარასთანაა დაკავშირებული. ამრიგად, გადაადგილდება რა კუტი ზემოთ, ბერკეტს აბრუნებს O წერტილის ირგვლივ, C ბოლო და მასთან ერთად წვევარა E იწევს ქვემოთ, ხოლო ორთქლმანაწილებლის მკვეთარა ზემოთ, აღებს ზედა არხს და კუტი იწყებს ქვემოთ სვლას. კუტის ვარდნისას კი პირიქით, მკვეთარა მოძრაობს ქვემოთ, ქვედა არხში უშვებს საღ ორთქლს და დარტყმის შემდეგ ზემოთ მიემართება.

გარდა აღნიშნულისა, არის აგრეთვე ავტომატური მართვის სხვა ანალოგიური სისტემებიც (ნახ.17 — 18), რომლებსაც თითქმის არ იყენებენ, ვინაიდან უროს მუშაობის მძიმე პირობებში მოსალოდნელია

მათი მწყობრიდან გამოსვლა და, მაშასადამე, მომსახურე პერსონალის დაზიანებაც.



ნახ.20. საშტამპავი უროს ორთქლმანაწილებელი მოწყობილობის პრინციპული სქემა

2.6.2. უროს შერეული მართვა

შერეული მართვის სისტემაში მართვა ხდება როგორც ხელით, ისე ავტომატურად. შერეული მართვის ყველაზე გავრცელებულ კონსტრუქციას წარმოადგენს მართვა ხმლისმაგვარი ბერკეტის მეშვეობით (ნახ.19).

I სახელურის აწევისას ორმხარა ხმლისმაგვარი A ბერკეტი სცილდება კუტის დახრილ ღარს და გადადის ხელით მართვაში. უროს მუშაობის პროცესში ავტომატური მართვისას “ხმალი” სრიალებს კუტის დახრილ ღარზე, შემობრუნდება O წერტილის ირგვლივ და C მოკლე მხარის S წვევართი მკვეთარას გადაადგილებს. ავტომატური მართვისას დარტყმის ენერგია შეიძლება ეცვალოს II სახელურის გადაადგილებით, რომლის მეშვეობით შეიძლება

შეიცვალოს 0 “ზმლის“ სახსრის მდებარეობა. ეს კი განსაზღვრავს მკვეთარას მდგომარეობას, რაც, თავის მხრივ, ორთქლის შეშვების და გაშვების პერიოდებს არეგულირებს და, მაშასადამე, დარტყმის ენერგიასაც.

2.6.3. უროს ხელით მართვა

ხელით მართვისას მკვეთარას წვევარა უშუალოდ დაკავშირებულია მართვის ბერკეტთან. ხელით მართვა მოითხოვს მემანქანის დიდ გამოცდილებას, ვინაიდან ქვედა არხში საღი ორთქლის არადროული გადაკეტვით შეიძლება აუარია მოხდეს და უროს ცილინდრის სახურავი დააზიანოს. ხელით მართვა არასაიმედოა და ამიტომ შემოღებულ იქნა ნახევრად ავტომატური მართვა, რომლის დროსაც საღი ორთქლის გადაკეტვა ავტომატურად წარმოებს, ხოლო დამცემი ნაწილების აწევიდან ვარდნაზე გადასვლა - ხელით.

2.6.4. საშტამპავი უროების მართვის თავისებურება

სამჭედლო უროებზე მუშაობისას უროს მართვას მემანქანე აწარმოებს, მჭედელი კი-მხოლოდ ნაჭედის მანიპულირებას. საშტამპავ უროებზე მუშაობისას მჭედელმა (მშტამპავმა) უნდა შეასრულოს ორივე მოვალეობა. მხოლოდ უროებს (10 ტ და მეტი დამცემი ნაწილებით) ჰყავს მემანქანე. ვინაიდან მშტამპავს ორივე ხელი დაკავებული აქვს, მართვას სატერფულით ახორციელებს. საშტამპავი უროების დროსელი (ნახ.20) დაკავშირებულია პედალთან და მისი მდებარეობა დაკავშირებულია ამ უკანასკნელის მდებარეობაზე. მკვეთარას ახასიათებს ორი გადაადგილება:

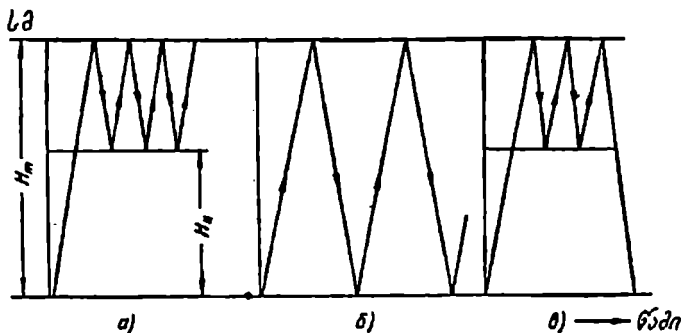
h_m კუტისაგან და h_n პედალისაგან. პედალზე დაჭერით მკვეთარა ზემოთ იწევს, დროსელი ზრდის საღი ორთქლის შემშვები ფანჯრის ფართობს. თავისუფალი პედალის შემთხვევაში იგი მინიმალურად იღება.

დროსელის ფანჯრის გაღების სრული ფართობი დაახლოებით

$f_{\text{ფრ}} = 0,05F = f_f$ ტოლია, სადაც f_f შემშვები მილის განივკვეთის ფართობია. თავისუფალი პედალის დროს დროსელის გაღება $0,025F$ -მდე მცირდება.

საშტამპავი უროების კუტი პაუზის დროს ზედა უკიდურეს მდგომარეობაში უძრავად არ არის, როგორც ეს სამჭედლო უროებშია (ამ დროს მკვეთარას ორივე არხი გადაკეტილია), არამედ ასრულებს რხევით მოძრაობას, რასაც რხევის ციკლი ეწოდება.

რხევის დროს კუტი ზედა წერტილამდე აღწევს, ქვემოთ სვლისას კი არ ჩამოდის ქვედა შტამპამდე. კუტის მაქსიმალური სვლის ქვედა წერტილამდე (უროს ზომების მიხედვით) დაახლოებით 200-500 მმ რჩება. რხევის ციკლი მიმდინარეობს თავისუფალი პელების დროსაც.



ნახ.21. საშტამპავი უროს დამცემი ნაწილის რხევის ციკლი

დარტყმის პროცესის წარმართვისათვის მჭედელმა პედალი უნდა დააჭიროს. მასზე დაჭერა ემთხვევა კუტის ზედა მდებარეობასთან მიახლოების მომენტს. თუ დარტყმის შემდეგ სატერფულზე დაჭერა გაგრძელდება, მაშინ კუტი უძრავად რჩება.

დარტყმის შემდეგ კუტის ზემოთ სვლისას საჭიროა პედალი გავათავისუფლოთ. ზედა მდგომარეობის მიღწევისთანავე კუტი იწყებს რხევით ციკლს (ნახ.21,ა).

დარტყმის სერიების შესასრულებლად საჭიროა კუტის ყოველი ზემოთ ასვლისთანავე პედალს დავაჭიროთ (ნახ.21,ბ). თუ მას გარკვეული დროით არ შევეხებით, დარტყმებს შორის კვლავ გაგრძელდება რხევის ციკლი (ნახ.21,გ).

პელების დაშვების სიმაღლის მიხედვით ვლებულობთ სხვადასხვა სიმძლავრის დარტყმებს. მის მაქსიმალურ დაშვებას

($S_n \approx 150\text{მმ}$) შეესაბამება დარტყმის მაქსიმალური ძალა.

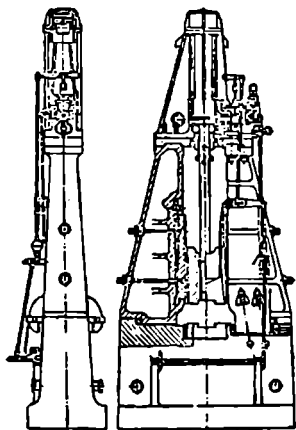
2.7. ორთქლქაერის უროების კონსტრუქცია და ძირითადი დეტალები

ორთქლქაერის უროები მუშა მანქანებია, ამიტომ მათი კონსტრუქცია, ცალკეული კვანძები და დეტალები უნდა ასახავდეს წარმოების, კერძოდ, ჭედვისა და შტამპვის ტექნოლოგიური პროცესების ზოგად მოთხოვნებს. ეს მოთხოვნები განსაზღვრავს სწორედ ორთქლქაერის უროების ძირითად პარამეტრებს, მათ კონსტრუქციას.

დანიშნულების მიხედვით ისინი იყოფა სამჭედლო და საშტამპავ უროებად. მათი კონსტრუქციული სხვაობა ძირითადად გაპირობებულია სხვადასხვა სიხისტისა და სიზუსტის აუცილებლობით. ამ მხრივ მეტ მოთხოვნებს საშტამპავ უროებს უყენებენ. ამიტომ საშტამპავ უროებში შაბოტის წონა 20-30 - ჯერ აღემატება დამცემი ნაწილების წონას, მაშინ, როცა სამჭედლო უროებში იგი იცვლება 10-20 ზღვრებში. ვინაიდან საშტამპავ უროებში მეტი ძალები აღიძვრება, ვიდრე სამჭედლოში და ამავე დროს მოეთხოვება მეტი სიზუსტე საბოლოო პროდუქციის (ნაჭედის) მისაღებად, ამიტომ სიხისტის გაზრდის მიზნით მათი სადგარები უშუალოდ შაბოტზეა დაყრდნობილი (ნახ.22).

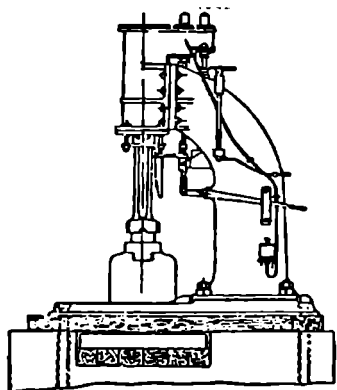
საშტამპავ უროებს უფრო ზუსტი მიმმართ-ველები აქვს, ვიდრე სამჭედლოს.

სამჭედლო უროების ტექნოლოგიური დანიშნულება განსაზღვრავს მათ საერთო კონსტრუქციულ ფორმას. იმის გამო, რომ აღნიშნულ უროებზე სხვადასხვა წონის, გაბარიტებისა და ზომების დეტალები იჭედება, პრაქტიკულად შემუშავებულ იქნა (სამჭედლო უროების სადგარის ფორმის მიხედვით) სამი



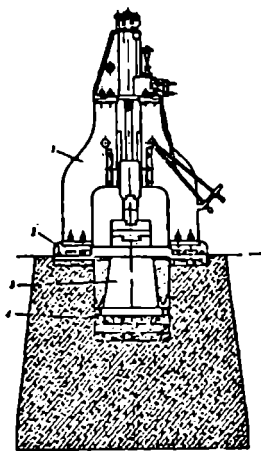
ნახ.22. ორთქლქაერის საშტამპავი ურო

ძირითადი კონსტრუქციული სახესხვაობა: ერთსადგარიანი (ნახ.23),



ნახ.23. ორთქლპაერის ერთსადგარიანი
სამჭედლო ურო
(მიმმართველების გარეშე)

წონის დამცემი ნაწილებით. მათი მოშსახურება შეიძლება მხოლოდ ორი მხრიდან - წინა და უკანა მხრიდან. უროს სადგარები (1) და შაბოტი (3) (როგორც ერთსადგარიან უროებში) დაყენებულია ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად ერთ საერთო საძირკველზე.



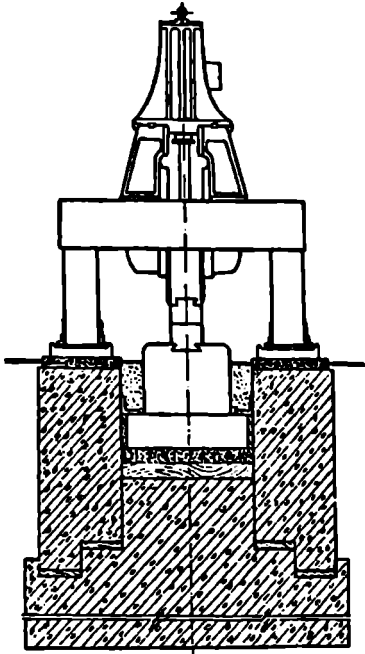
ნახ.24. ორთქლპაერის ორსადგარიანი (თალური)
სამჭედლო ურო

ორსადგარიანი თალური (ნახ.24) და ორსადგარიანი ხილური (ნახ.25).

ერთსადგარიანი უროები მზადდება 1000 კგ-მდე წონის დამცემი ნაწილებით, აქვს მსხვილი ჭოკი, მოხერხებულია მისადგომად სამივე მხრიდან შეიძლება მოშსახურება. უროს სადგარი (1) და შაბოტი (2) ერთ საძირკველზეა დამაგრებული.

ორსადგარიანი თალური უროები ძირითადად მზადდება 1000-5000 კგ

ორსადგარიანი ხილური უროები იგივე სიმძლავრით მზადდება, როგორც თალური უროები. მათი სადგარები (1) დაყენებულია განზე, რაც ნაჭედის ყოველმხრივ მიდგომის საშუალებას იძლევა. შაბოტს (2) და სადგარებს (1) ცალ-ცალკე საძირკველი აქვს. სადგარის საძირკველი შაბოტის საძირკველს ეყრდნობა, მათ შორის კი იდება ზეთგაყლენთილი მუყაო. ამ შემთხვევაში უროს



ნახ.25. ორთქლქაერის ორსადგარიანი (ხიდური) სამჭედლო ურო

დარტყმისას მხოლოდ შაბოტის საძირკველი მუშაობს.

სამჭედლო უროების საერთო დამახასიათებელი ნიშანია შაბოტისა და სადგარების ცალცალკე არსებობა. როგორც წესი, შაბოტს ათავსებენ მუხის ძელების წყობაზე, რომელიც ე.წ. ამორტიზატორის როლს ასრულებს და დარტყმისას გამოწვეული რყევა გრუნტს ნაკლებად გადაეცემა.

სამჭედლო უროებიდან ყველაზე უფრო ორსადგარიანი თაღური უროებია გავრცელებული.

საშტამპავი უროს საერთო ზედი მოცემულია 22-ე ნახ-ზე. ისინი წარმოადგენენ ცხლად საშტამპავი საამქროების ძირითად მოწყობილობას. საშტამპავი უროები მზადდება 500-30000 კგ წონის დამცემი ნაწილებით. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია საშტამპავი

უროები 500-10000 კგ წონის დამცემა ნაწილებით.

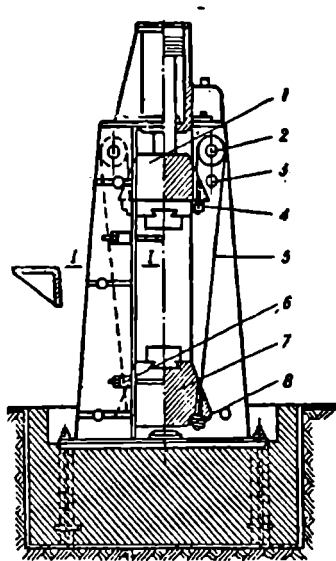
ჩვეულებრივი საშტამპავი უროები კონსტრუქციით ოდნავ განსხვავდება სამჭედლო უროებისაგან. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საჩისტის გაზრდის მიზნით მათი სადგარები უშუალოდ შაბოტზეა დამაგრებული და ზამბარებული ჭანჭიკებით. შაბოტიც უფრო მასიურია, აქვს უფრო ზუსტი, რეგულირებადი მიმართებულები.

გარდა განხილული კონსტრუქციის: უროებისა, ბოლო პერიოდში შეიქმნა განსხვავებული კონსტრუქციის ორთქლქაერის უროები, რომელთა შექმნის ძირითადი მიზანია უროებისაოვის დამახასიათებელი სუსტი მხარეების გამოსწორება. მაგალითად, ქვედა მუხის ცილინდრების მქონე უროების შექმნა მიზნად ისახავდა მათი

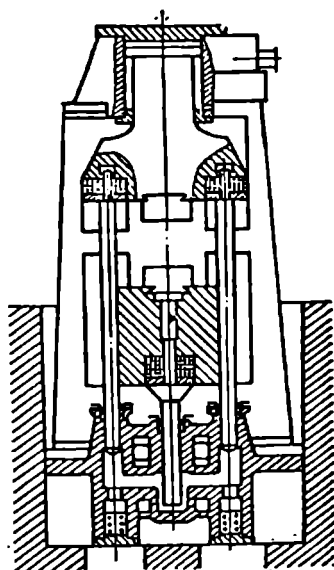
სიმაღლის შემცირებას, რაც შეამცირებდა აგრეთვე საამქროს სამშენებლო სიმაღლეს, გრუნტის რყევის შემცირების მიზნით შეიქმნა უშაბოტო უროების კონსტრუქცია, ჭოკის გამძლეობის გაზრდის მიზნით - სქელჭოკიანი უროები და სხვ.

განვიხილავთ მხოლოდ უშაბოტო უროებს, რომლებმაც, მიუხედავად მრავალი უარყოფითი მხარისა, შედარებით გაამართლა.

როგორც ცნობილია, ორთქლჰაერის უროების ერთ-ერთი ძირითადი ნაკლია მუშაობის პროცესში გრუნტის საგრძნობი რყევა, რაც უარყოფითად მოქმედებს ახლომდებარე შენობებზე, ხელსაწყოებზე და სხვ. გრუნტის რყევის შემცირების მიზნით კონსტრუქტორებმა შექმნეს ე.წ. უშაბოტო უროების რიგი კონსტრუქციები, რომლებშიც მუშაობის პროცესში საცემები

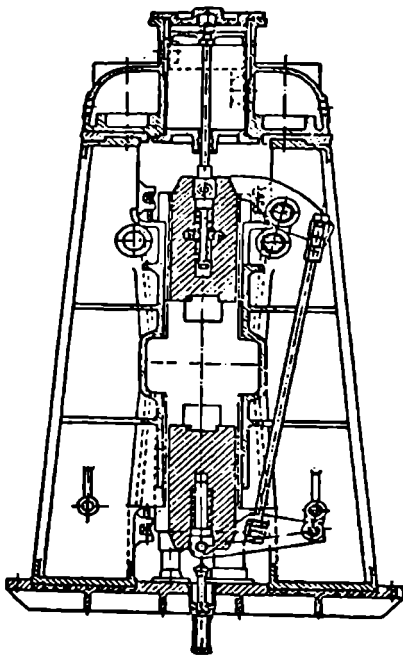


ნახ.26. ლენტურაკეშირიანი უშაბოტო უროს სქემა



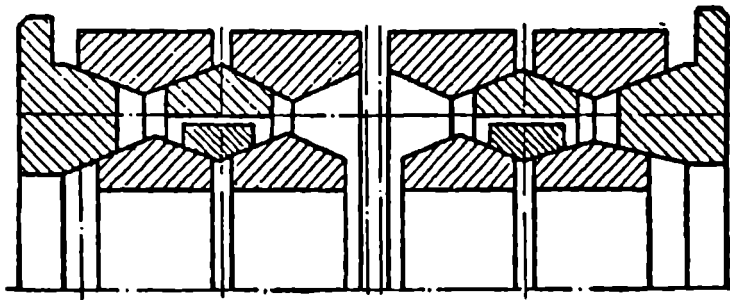
ნახ.27. უშაბოტო უროს სქემა პიღრავლიკური კაეშირით

ერთმანეთის შესახვედრად მიემართება. უროები დამზადებულ იქნა საცემებს შორის სხვადასხვა სახის კაეშირით: ლენტით (ნახ.26),



ნახ.28. უმაბოტო უროს სქემა

ჰიდრაულიკითა (ნახ.27) და ბერკეტებით (ნახ.28). ყველაზე მეტად ამართლებს ბერკეტული კავშირი, „ხახუნის ზამბარების“ (ნახ.29) დრეკადი კვანძის გამოყენებით. საცემების დაჯახების პროცესში აღძრულ რხევებს სწრაფად აქრობს „ხახუნის ზამბარა“, რომელიც შედგება შიგა და გარე კონუსური ზედაპირების მქონე რგოლებისაგან. დარტყმისას გარე რგოლები იჭიმება, ხოლო შიგა იკუმშება რადიალური მიმართულებით.



ნახ.29. ხახუნის ზამბარის სქემა

2.7.1. ორთქლჰაერის უროების დეტალები

ორთქლჰაერის უროების დეტალები მათზე მოქმედი დატვირთვის ხასიათისა და სიდიდის გამო მუშაობს საკმარისად მძიმე პირობებში.

უროს დეტალების გეომეტრიული ფორმები, კვეთისა და საკონტაქტო ფართობის ზომები ყალიბდებოდა წლების განმავლობაში საწარმოო გამოცდილების საფუძველზე. გაითვალისწინებოდა ისეთი ფაქტორები, როგორცაა სიმტკიცე, ცვეთამდეგობა, სიხისტე, ვიბრომდეგობა და ა.შ.

უროს დეტალების სიმტკიცის გაანგარიშებისათვის საჭიროა დარტყმის პროცესში აღძრული P მაქსიმალური ძალის ცოდნა. როგორც ცნობილია, ეს ძალა G უროს დამცემი ნაწილების წონის ყოველ I ტონაზე 1000 ტონის ეკვივალენტურია, ე.ი. $P=1000 G$. ამ დატვირთვის მხედველობაში მიღებით შეიძლება განისაზღვროს როგორც საკონტაქტო სიბრტყეებში, ასევე უროს დეტალების განივკვეთებში აღძრული ძაბვები, რაც გარკვეულ წარმოდგენას მოგვცემს უროს დეტალების დამაბულ მდგომარეობაზე.

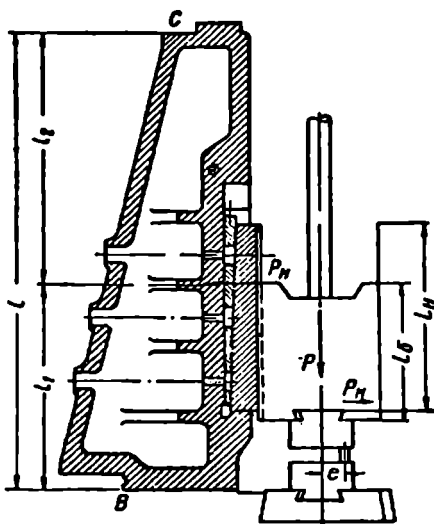
პირველყოვლისა, P დარტყმის ძალა გადაეცემა შტამპების კუდის საკონტაქტო სიბრტყეებს, რომელთა ზომებიც მოცემული ტონაჟის უროსათვის ცნობილია. სახელმწიფო სტანდარტით, საშტამპავი უროს ტონაჟის მიხედვით შტამპის კუდის (ნახ.30) ზომები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 2

G ტონა	ტ	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3	4	5:6	8	10	12	15
L	მმ	350	400	450	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1500
B_1	მმ	160	200	200	200	200	300	300	300	400	400	400	400

აღნიშნული ზომებიდან გამომდინარე, შტამპების კუდის ფართობზე მოსული საკონტაქტო ძაბვა იცვლება $1000-2500$ კგ/სმ² ზღვრებში, რაც მათი მუშაობის მძიმე პირობებზე მეტყველებს. ცხადია ცვეთა გარდაუვალია. ძვირად ღირებული მრავალტონაჟიანი შაბოტის

P_0 ძალა საფუძვლად უდევს დგარის სიმტკიცის გაანგარიშების ღუნვას. იგი განიხილება, როგორც შეყურსული ძალა, რომლის მოღების წერტილიდან დგარის საყრდენ სიბრტყემდე მანძილები l_1 და l_2 აღვნიშნოთ (ნახ.31).



ნახ.31. ექსცენტრული დარტყმის სქემა

B და C საყრდენში რეაქციის ძალები

$$P_B = P_0 \frac{l_2}{l_1 + l_2} = 400G \frac{l_2}{l_1 + l_2}, \text{ კგ} \quad (2.6)$$

$$P_C = P_0 \frac{l_1}{l_1 + l_2} = 400G \frac{l_1}{l_1 + l_2}, \text{ კგ} \quad (2.7)$$

უროს დგარი. უროს დგარი არა მარტო კუტის მოძრაობის მიმმართველია, არამედ თავის თავზე ღებულობს აგრეთვე უროს მუშაობის პროცესში დარტყმით დატვირთვებსაც.

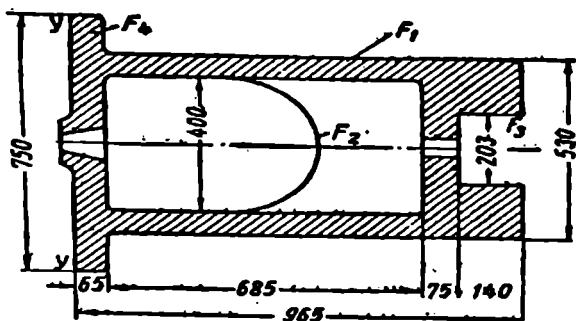
როგორც აღვნიშნეთ, ექსცენტრული დატვირთვებისას უროებს

განსაკუთრებით მძიმე პირობებში უხდება მუშაობა. ამ დროს წარმოიქმნება გადამყირავებელი მომენტი, რომელსაც ძირითადად დგარი აბალანსებს. P_B ძალის მოდების სიბრტყეში სადგარის მღუნავი მომენტი

$$M_{\pi} = P_B \cdot l_1 = 400G \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1 - l_2}, \text{ კგ სმ} \quad (2.8)$$

მაგალითი. განესაზღვროთ საშტამპავი უროს ($G=2500$ კგ) სადგარში აღძრული მღუნავი ძაბვა.

უროს ნახაზის მიხედვით $l=2850$ მმ, $l_1=1140$ მმ, $l_2=1710$ მმ.



ნახ.32. სადგარის განიკვეთი

სადგარის განიკვეთი კოლოფის ფორმისაა (ნახ.32). განიკვეთი დავეყოთ ნაწილებად:

$$F_1 = 53,0 \cdot 96,5 = 5114,5 \text{ სმ}^2;$$

$$F_2 = 40,0 \cdot 68,5 = 2740,0 \text{ სმ}^2;$$

$$F_3 = 20,3 \cdot 14,0 = 284,2 \text{ სმ}^2;$$

$$F_4 = (75,0 - 53,0) \cdot 6,5 = 1430 \text{ სმ}^2.$$

სადგარის განიკვეთის ფართობი

$$F = F_1 - F_2 - F_3 + F_4 = 2233 \text{ სმ}^2$$

სადგარის კვეთის სიმძიმის ცენტრის კოორდინატი y -ის მიმართ

$$\bar{x} = \frac{F_1x_1 - F_2x_2 - F_3x_3 + F_4x_4}{F} = 49,4 \text{ სმ}.$$

განვსაზღვროთ ცალკეული ელემენტების ინერციის მომენტები y ღერძის მიმართ

$$I_{yn} = I_{yn} + F_n X_n^2,$$

სადაც I_{yn} კვეთის n -ური ნაწილის სიმძიმის ცენტრის მიმართ ინერციის მომენტია.

განვსაზღვროთ კვეთის ჯამური ინერციის მომენტი $\sum I_{yn}$. ე.ი.

$I_{yn} = 7964000 \text{ სმ}^4$. სადგარის კვეთის ინერციის მომენტი სიმძიმის ცენტრის მიმართ

$$I_y = I_y - F_x^2 \text{ სმ}^4 = 2514260 \text{ სმ}^4$$

სადგარის წინაღობის მომენტი

$$W = \frac{I_y}{x} = 50900 \text{ სმ}^3.$$

მღუნავი მომენტი

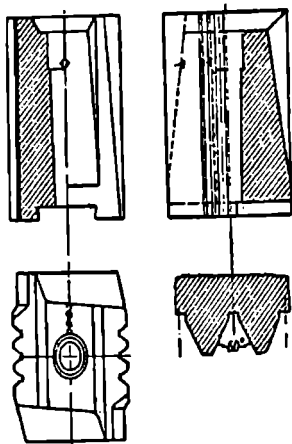
$$M_s = 400G \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1 + l_2} = 70000000 \text{ კგ სმ}.$$

სადგარებში აღძრული მღუნავი ძაბვა (მაქსიმალური ექსცენტრისიტეტის პირობებში)

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W} = 1375 \text{ კგ/სმ}^2.$$

რაც ფოლადის სხმულისაგან დამზადებული სადგარებისათვის სავსებით დასაშვებია.

როგორც 31-ე ნახ-დან ჩანს, დგარებს აქვს ცელადი განივკვეთი, რომელიც ზემოთ მცირდება. კვეთს აქვს ყუთისებრი ფორმა, რაც მის მდგომარეობას ზრდის.



ნახ.33. უროს კუტი

თანამედროვე საშტამპავი უროების დგარები მზადდება ფოლადის სხმული-საგან $c = 0,30 \dots 0,40\%$ ნახშირბადის შემცველობით, ხოლო სამჭედლო უროები-თუჯისაგან.

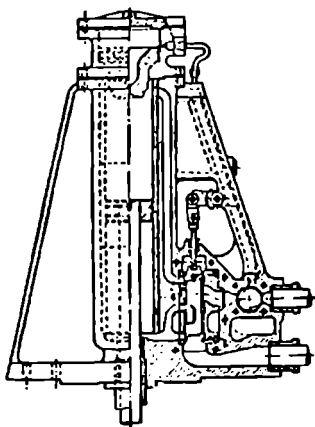
კუტი (ნახ.33). სამჭედლო და საშტამპავი უროების კუტის ფორმა მარტივია, რაც მთავარია, მისი სიმძიმის ცენტრი ემთხვევა ჭოკის ღერძს.

იყენებენ როგორც ნაჭედ, ისე ჩამოსხმულ კუტებს. 5 ტონამდე დამცემი ნაწილების მქონე უროებში ნაჭედ კუტებს იყენებენ. უფრო მძლავრ უროებს, რომლებსაც საკმარისად მძიმე კუტი აქვს, ჩამოსხმით ამზადებენ. ჩამოსხმისას კუტის ზედა ნაწილი ქვემოთ უნდა იყოს. მექანიკური დამუშავების შემდეგ ნაჭედი

და სხმული კუტები თერმულად მუშავდება. კუტები მზადდება 45,50,35X,40XH,40XH3 მარკის ფოლადებისაგან.

საშტამპავი უროების კუტის სიმაღლე საშუალოდ 0,8 Hm აიღება. კუტს ქვემოთ აქვს ზედა საცემის ან შტამპის ჩასამაგრებელი ჭრილი. ზემოდან ხდება ჭოკის ჩამაგრება. კუტს გვერდებზე მიმმართველი ტრაპეციისებრი ფორმის ღარები (ნახ.33) აქვს. ანალოგიური ღარები აქვს უროს დგარებზე ჩამაგრებულ მიმმართველებსაც, რომლებშიც კუტი გადაადგილდება.

ცილინდრი (ნახ.34). სამჭედლო უროების ორთქლის ცილინდრს თუჯის სხმული-საგან ამზადებენ. მის კედლის სისქეს ისე იღებენ, რომ შესაძლებელია მისი არანაკლებ 3-ჯერადი გაჩარხვა. თითოე-



ნახ.34. უროს ცილინდრი

ული გაჩარხვისას ცილინდრის კედლის სისქეს აკლდება არა ნაკლები 5 მმ. ყველაზე მეტად ცვდება ცილინდრის შუა ნაწილი.

საშტამპავი უროს ცილინდრებს ასხამენ რბილნახშირბადიანი ფოლადისაგან (ფ.30). შიგნით დგამენ თუჯის (C4428-48 მარკის) მილისას.

ფოლადის ცილინდრის კედლის სისქე დაახლოებით $S=0,1D_{ც}$. $D_{ც}$ ცილინდრის შიგა დიამეტრია, ხოლო თუჯის მილისის სისქე - $0,05 D_{ც}$: გაჩარხვის შემდეგ მილისის სისქე 12-20 მმ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში დარტყმისას დაიმსხვრევა.

d ცილინდრის შიგა დიამეტრს საზღვრავენ იმ პირობიდან გამომდინარე, რომ ორთქლმა დგუშს მიაწიჭოს ამწევი ძალა, რომელიც 4-5-ჯერ მეტი იქნება უროს დამცემი ნაწილების წონაზე

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot p = (4-5)G, \quad (2.9)$$

სადაც d დგუშის დიამეტრია, სმ, p - სალი ორთქლის მანომეტრული წნევა, G - დამწევი ნაწილების წონა, ნ (კგ)

$$d = \sqrt{\frac{(4-5)G}{\pi p}} = (2,3 \div 2,5) \sqrt{\frac{G}{p}}. \quad (2.10)$$

ორთქლის წნევიდან გამომდინარე ცილინდრის კედლის სისქე

$$R = r \sqrt{\frac{[\sigma_{გაყ}] + 0,4 p}{[\sigma_{გაყ}] - 1,3 p}}, \quad (2.11)$$

სადაც R ცილინდრის გარე რადიუსია, სმ; r - ცილინდრის შიგა რადიუსი, სმ; P - ორთქლის წნევა, კგ/სმ²; - $\sigma_{გაყ}$ გაჭიმვაზე დასაშვები ძაბვა, კგ/სმ.

თუჯის სხმულისათვის

$$[n_{\text{საქ}}] = 400 - 750 \text{ კგ / სმ}^2,$$

$$[n_{\text{საშ}}] = 1000 - 1500 \text{ კგ / სმ}^2.$$

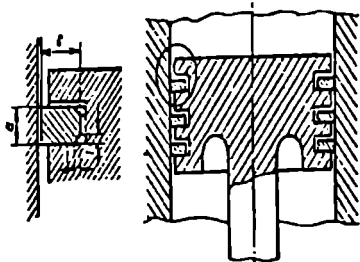
მე-3 ცხრილში მოყვანილია სხვადასხვა სიმძლავრის უროს ცილინდრის დიამეტრების ზომები (მმ). ცხრილი 3

დამცემი ნაწილების წონა, კგ	უროები		დამცემი ნაწილების წონა, კგ	უროები	
	სამჭედლო	საშტამპავი		სამჭედლო	საშტამპავი
1000	330	280	600	—	585
2000	435	380	7000	—	610
3000	500	435	8000	—	660
4000	585	485	10000	—	735
5000	635	535			

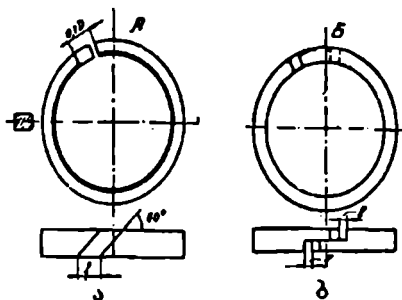
ცილინდრსა და დგარებს შორის მოთავსებულია ცილინდრქვეშა ფილა, რომლის დანიშნულებაა უროს სადგარის დგარების ზედა ნაწილების ხისტად შეერთება და ზემოდან ცილინდრის დამაგრება.

დგუში. (ნახ.35) უროს ძირითადი გადამცემი ორგანოა, რომელიც ცილინდრში მოძრაობს. ცილინდრისა და დგუშის დიამეტრი ოდნავ ნაკლები აიღება, ვიდრე ცილინდრის შიგა დიამეტრია. მათ შესამჭიდროებლად იყენებენ ფოლადის სპეციალურ მამჭიდროებელ

დრეკად რგოლებს (2-4 ცალი), რომლებიც დგუმის წრიულ ღარებში თავსდება. ზამბარების მეშვეობით ისინი მჭიდროდ ეკვრის ცილინდრის შიგა კედელს და დგუმის ზედა და ქვედა სივრცეს ჰერმეტიკულად ყოფს. აღნიშნული რგოლები საშტამპავ უროებში 1,5-3 თვე მუშაობს, სამჭედლო უროებში კი 3-4-ჯერ მეტხანს.

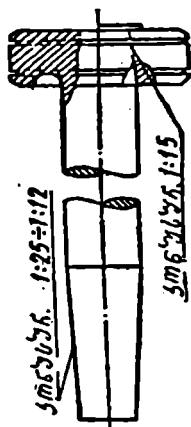


ნახ.35. დგუმი რგოლებით

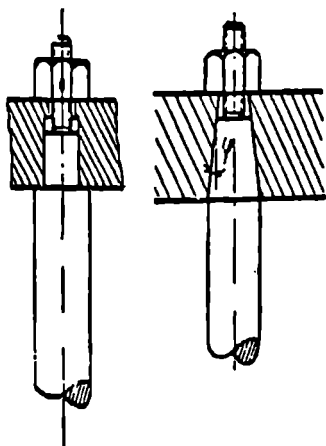


ნახ.36. დგუმის რგოლები

დგუმის რგოლებს ორი სახის ჩამკეტი აქვს (ნახ.36,ა,ბ). ბ ჩამკეტი უკეთესია, მაგრამ რთული დასამზადებელია. რგოლის განივკვეთის



ნახ.37. მთლიანი ჭოკი

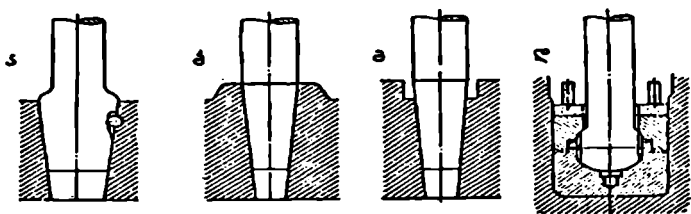


ნახ.38. ჭოკის დგუმთან შეერთების სქემები

პროფილი მოცემულია 35-ე ნახ-ზე. C რგოლის სიგანის არანაკლები 25% მოქცეულია დგუშის ღარში (ნახ.35).

ჭოკი გადამცემი მექანიზმია. მცირე ტონაჟის უროებში დგუში და ჭოკი იჭედება, როგორც ერთი მთლიანი დეტალი (ნახ.37). დიდ უროებში ამის გაკეთება არახელსაყრელია, ვინაიდან ჭოკი ძალე ფუჭდება. ჭოკის დგუშთან მექანიკური შეერთების სქემები მოცემულია 38-ე ნახ-ზე.

შედარებით გაამართლა კონუსურმა შეერთებამ ცხელი ჩასმით. ჭოკის კუთთან შეერთების ორი ვარიანტი არსებობს: ყრუ (ნახ.39,ა,ბ,გ) და სახსრული (ნახ.39. დ). სახსრული შეერთება გვხვდება ძველ უროებში. თანამედროვე სამჭედლო-საშტამპავ უროებში გამოყენებულია ყრუ შეერთება კონუსური ზედაპირებით, ყოველგვარი დამატებითი დეტალების გარეშე. პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ჭოკის მუშაობის მძიმე პირობებში ყრუ შეერთება ყველაზე საიმედოა.



ნახ.39. ჭოკის კუთთან შეერთების კონსტრუქციები

კონუსურ ბოლოებს შორის ჭოკის შუა ნაწილი ცილინდრული ფორმისაა (ნახ.37).

მე-4 ცხრილში მოყვანილია ჭოკის დიამეტრის ზომები.

ცხრილი 4

დამცემი ნაწილების წონა, კგ	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000
ჭოკის დიამეტრი, მმ	—	—	110	130	140	—	150	—	170	—
სამჭედლო უროები	—	—	110	130	145	—	180	—	200	—
საშტამპავი უროები	100	110	120	130	145	170	180	190	200	210

სამჭედლო უროების ჭოკი მზადდება ფოლადებისაგან: 45, 30XH3, 40XH3. საშტამპი უროების ჭოკი - 30M, 30XH3, 40XH3, 30X.

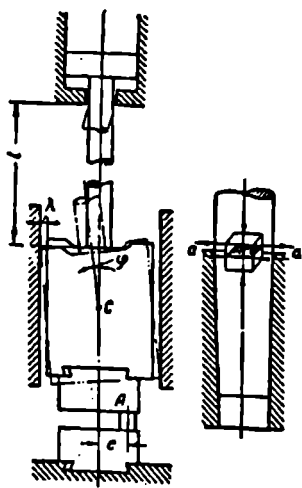
ჭოკის მექანიკური თვისებებია: სიმტკიცის ზღვარი - $\sigma_{\pi} = 80-90$

კგ/მმ², დენადობის ზღვარი - $\sigma_{\pi} = 70-80$ კგ/მმ², წაგრძელება - 18%,

დარტყმითი სიბლანტე არა ნაკლები 8 კგ/მსმ².

საშტამპავ უროებში ჭოკის მუშაობის საშუალო ხანგრძლივობა დაახლოებით 500 მუშა საათია. თუ საათში საშუალოდ 50 დარტყმას ასრულებს, მაშინ 500 საათში $Z=50 \cdot 500 \cdot 60=1500 \ 000$ დარტყმას შეასრულებს. მიღებული რიცხვი აშკარად მიუთითებს ჭოკის მუშაობის მძიმე პირობებზე.

ჭოკი ტყდება მისი კუტთან შეერთების სიბრტყეში (ნახ.40). ნახაზიდან ნათლად ჩანს რღვევის ფიზიკური მხარე. ყოველი დარტყმისას ადგილი აქვს ნიშანცვლადი ძაბვების მოქმედებას, რაც იწვევს ლითონის დაღლილობით გამოწვეულ რღვევას. ამაზე მეტყველებს აგრეთვე ჭოკის ტეხის სახეც.



ნახ.40. კუტის ექსცენტრული დარტყმის სქემა

ჭოკის გაანგარიშება, რომელიც სრულად პასუხობს მისი მუშაობის პირობებს, დღემდე არ არის დამუშავებული.

როგორც აღვნიშნეთ, ჭოკის ყველაზე სუსტი ადგილი მისი კუტთან შეერთების უბანია (ნახ.40). აღნიშნულ კვეთში მოქმედი ძაბვების გასაანგარიშებელი ფორმულები, რომლებიც დამყარებულია ე.ბერეჟინის ნაშრომზე შემდეგია:

ჯამური მაქსიმალური დაბვა

$$\sigma_{\max} = \frac{E V}{a} \sqrt{3 + \frac{G_{\text{გა}}}{G_j}}, \quad (2.12)$$

ღუნვის დაბვა

$$\sigma_{\text{გ}} = \frac{2Ed\lambda}{l l_j} \left(2 + 1,5 \frac{l_j}{e} \right), \quad (2.13)$$

სადაც E ჭოკის მასალის დრეკადობის მოდულია, V - დარტყმის სიჩქარე, x - დრეკადი ტალღის გავრცელების სიჩქარე (ჭოკისათვის $x \approx 5250$ მ/წმ), $G_{\text{გა}}$ - დგუშის წონა, G_j - ჭოკის წონა, d - ჭოკის დიამეტრი, λ - ღრეჩოს სიდიდე კუტსა და მიმმართველებს შორის, l - ჭოკის სიგრძე, l_j - კუტის სიმაღლე, e - ექსცენტრისიტეტი.

მაგალითი. განესაზღვროთ დაბაბულობის სიდიდე ორთქლქაერის საშტამპავ უროს ჭოკში. მოცემულია - უროს ტონაჟი $G=2000$ კგ; დგუშის დიამეტრი $D_{\text{გა}}=385$ მმ; დგუშის სიმაღლე-125 მმ; ჭოკის დიამეტრი $d_j = 145$ მმ; ჭოკის სიგრძე $l_j=2700$ მმ; კუტის სიმაღლე $l_j=860$ მმ; დარტყმის სიჩქარე $v=6$ მ/წმ; ღრეჩო $\lambda = 0,03$ სმ; დგუშის წონა $G_{\text{გა}} = 114,2$ კგ; ჭოკის წონა $G_j=350$ კგ.

დაბვა

$$\sigma_{\max} = \frac{E V}{a} \sqrt{3 + \frac{G_{\text{გა}}}{G_j}} = 4610 \frac{\text{მგ}}{\text{სმ}^2}$$

$$E = 2200000 \frac{\text{მგ}}{\text{სმ}^2},$$

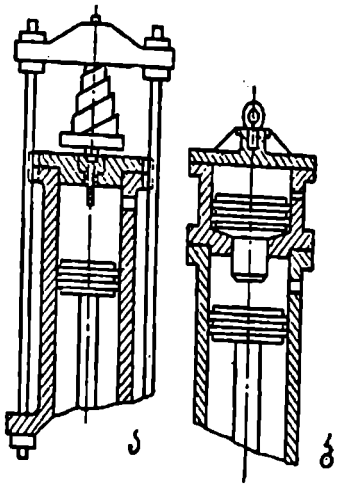
$$a \approx 5250 \frac{\text{მგ}}{\text{სმ}^2}.$$

ღუნვის ძაბვა ჭოკის ქვედა კვეთში

$$\sigma_c = \frac{2Ed_j}{l_j l_j} \left(2 + 1,5 \frac{l_j}{e} \right) \approx 250 \frac{\text{მზ}}{\text{სმ}^2}.$$

უროს ცილინდრის დამცავი მოწყობილობა. ჭოკის გატეხის შემთხვევაში ღგუში ძალზე დიდი სიჩქარით და ძალით მიემართება ზემოთ და შეუძლია აამტერიოს ცილინდრის ზედა სახურავი, რასაც ეკონომიურ ზარალთან ერთად შეიძლება მუშების ტრამპირებაც მოჰყვეს. ავარიული მდგომარეობის ასაცილებლად უროს ცილინდრის სახურავზე გათვალისწინებულია ორი ტიპის სპეციალური დამცავი მოწყობილობა.

I ტიპის (ნახ.41,ა) მოწყობილობა დამყარებულია ზამბარის დრეკად თვისებაზე. ცილინდრის სახურავში გაყრილია ღერო, რომლის ბოლო ჩაშვებულია გამშვები არხის ღონემდე. ჭოკის გატეხის შემთხვევაში ღგუში დაეჯახება ღეროს და შეკუმშავს ზამბარას, რომელიც ღგუშის მოძრაობის ენერგიას შთანთქავს.



II ტიპის მოწყობილობაში (ნახ.41,ბ) გამოყენებულია გარკვეული წნევის მქონე ორთქლის ან ჰაერის დრეკადი თვისებები. ამ შემთხვევაში სახურავში ჩაშვებული ღერო დაკავშირებულია მეორე ცილინდრის ღგუშთან. ჭოკის დაზიანების შემთხვევაში ღერო ზემოთ გადაადგილდება და ღგუშის თავზე მოქცეული გარკვეული წნევის ჰაერი ან ორთქლი შეასრულებს

ნახ.41. ცილინდრის დამცავი მოწყობილობა
 ა - ზამბარიანი, ბ - პნევმატიკური

ურობში ისინი რამდენიმე ნაწილისაგან შედგება. როგორც წესი, ზედა ნაწილი ფოლადის სხმულისაგან მზადდება.

თანამედროვე საშტამპავი უროების შაბოტი მარტივი გლუვგადასვლიანი ფორმისაა (ნახ.42).

შაბოტს ფუნდამენტის მუხის ბალიშებზე დებენ, რომლებიც ერთგვარი ამორტიზატორების როლს ასრულებს და გრუნტის რყევას ამცირებს.

შეზეთვა. ორთქლქაერის უროები, როგორც ნებისმიერი მანქანა, შეზეთვას მოითხოვს. შეზეთვას საჭიროებს აგრეთვე მოსრიალე და საკონტაქტო ზედაპირები. ასეთი კინეტიკური წყვილებია: დგუში და ცილინდრის შიგა ზედაპირი; კუტი და მიმმართველები; ორთქლმანაწილებელი მექანიზმის ლილვები და საკისრები. საკონტაქტო ზედაპირებია - დგარები-შაბოტი; დგარები-ცილინდრქვეშა ფილა; ცილინდრქვეშა ფილა- ცილინდრის ფილა; მიმმართველები-დგარების ღრმულები, ხრახნქანჩები, და სხვ. შესაზეთად იყენებენ ისეთ სქელ საზეთებს, როგორიცაა ტაოტი.

ფუნდამენტი. ურო, როგორც დარტყმითი მოქმედების მანქანა, განსაკუთრებით მძიმე პირობებში მუშაობს და შესაბამისად რთულ დატვირთვას აყენებს საძირკველს (ფუნდამენტს). როგორც ცნობილია, მისი ერთ-ერთი უარყოფითი მხარეა გრუნტის რხევა, რაც მეტად საზიანოა ახლომდებარე შენობებისათვის, ზუსტი მანქანა-იარაღებისა და ხელსაწყოებისათვის. ამიტომ უროების საძირკველს გაცილებით მეტ მოთხოვნებს უყენებენ, ვიდრე სხვა მანქანების საძირკველს. უროს საძირკველი გამოირჩევა კონსტრუქციით და გაბარიტული ზომებით. მისი წონა და ზომები დამოკიდებულია უროს ტიპსა და ტონაჟზე, გრუნტის მექანიკურ მახასიათებლებზე და სხვ. საძირკველის გაანგარიშების გამოსავალი წერტილია მისი რღვევის ამპლიტუდის დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნება.

როგორც უროს მუშაობის პროცესში ჩაწერილი ვიბროგრამა გვიჩვენებს, საძირკველის რხევები სწრაფად ქრება. ერთი დარტყმით გამოწვეული რხევები მეორე დარტყმამდე სავსებით ისპობა, ე.ი. სისტემის რეზონანსში ჩავარდნა გამორიცხულია, ამიტომ დინამიკური მახასიათებლებიდან ვისარგებლებთ მხოლოდ საძირკველის რხევის ამპლიტუდით, რომელიც გაანგარიშებულ იქნა სისტემის თავისუფალი რხევის დროს და განვსაზღვრავთ საძირკველის ძირითად პარამეტრებს.

საძირკველის რხევის ამპლიტუდას გამოვთვლით შემდეგი

გამოსახულებით [3]:

$$A_s = \frac{(1+K)GV_1}{\sqrt{C_n G_s g}} = \frac{(1+K)GV_1}{\sqrt{K_1 C_z FG_s g}}, \quad (2.14)$$

სადაც G უროს დამცეში ნაწილების წონაა, ტ; G_s - უროს საძირკვლის საერთო წონა, ტ; K - აღდგენადობის (აღდგენის) კოეფიციენტი: სამჭედლო უროებისათვის - $K=0,25$. საშტამპავისათვის - $K=0,5$; V_1 - დარტყმის სიჩქარე, 9 მ/წმ; g - სიმძიმის ძალის აჩქარება, 9,8 მ/წმ²; K_1 - ემპირიული კოეფიციენტი ($K_1=0,3$); C_n - საძირკვლის ფუძის სიხისტის კოეფიციენტი; $C_n = K_1 G_z F_s \frac{\theta}{g^2}$ C_z - გრუნტის მექანიკური ხარისხი, რომელიც ხასიათდება გრუნტის თანაბარი დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტით, კგ/სმ³.

საძირკვლის გაანგარიშებისას რხევის ამპლიტუდა $A_s = 1$ მმ = 0,001 მ.

(2.14) გამოსახულებაში ჩავსვათ A_s მნიშვნელობა

$$C_n = k_1 C_z F_s; \quad C_s = \sigma_s F_s; \quad \sigma_s = \frac{[\sigma_s]}{K^1},$$

$$0,001 = \frac{(1+k)G.V_1}{\sqrt{C_n \sigma_s F_s g}} = \frac{(1+k)G.V_1}{F_s \sqrt{K_1 C_z g \sigma_s}}. \quad (2.15)$$

აქედან

$$F_s = \frac{(1+K)G.V_1}{\sqrt{\frac{K_1}{K^1} G_z [\sigma_s] g}} \cdot 1000 \text{ მ}^2 \quad (2.16)$$

G_z იზომება ტ/მ³-ით, ხოლო $[\sigma_s]$ - ტ/მ² -ით, როცა $K_1=3,0$; $K'=2,5$ და $g=9,81$ მ/წმ², მაშინ

$$F_s = 290 \frac{(1+K)G_z V_1}{\sqrt{G_z [\sigma_s]}} \vartheta^2 \quad (2.17)$$

უკანასკნელი გამოსახულების G_z -ზე გაყოფით მივიღებთ უროს დამცემი ნაწილების წონის I ტონაზე მოსული საძირკვლის კუთრ ფართობს:

$$\omega_s = \frac{F_s}{G} = 290 \frac{(1+K) V_1}{\sqrt{C_z [\sigma_s]}} \vartheta^2 / \text{ტ} \quad (2.18)$$

ცხრილი 5

გრუნტის კატეგორია	გრუნტის დასახელება	G_z , კმ/მ ²	$[\sigma_s]$ კმ/მ ²
I	სუსტი გრუნტები (თიხა ან თიხნარი პლასტიკურ მდგომარეობაში ან მასთან ახლოს, საშუალო სიმკვრივის და მტკრისებრი ქვიშნარი წყლით გაჟღენთილი, აგრეთვე ლამის ან ტორფის ფენების შემცველი II და III კატეგორიის გრუნტები).	3-მდე	1,5-მდე
II	საშუალო სიმტკიცის გრუნტები (თიხა ან თიხნარი მყარი და პლასტიკურ მდგომარეობაში, მშრალი ან ტენიანი ქვიშნარი, მტკრისებრი ქვიშა, ტენიანი წმინდა და საშუალო სიმსხოს ქვიშნარი)	3-6	1,5-3,5
III	მტკიცე გრუნტები (თიხა და თიხნარი მყარ მდგომარეობაში, მინიმალური ბუნებრივი ტენით, მსხვილი ქვიშა, ღორღი და ხრეში, მშრალი ლიოსი და ლიოსისებრი თიხნარი)	6-10	3,5-6
IV	კლდოვანი საძირკველი	10-ზე მეტი	6-ზე მეტი

სხვადასხვა კატეგორიის გრუნტებისათვის (ცხრილი 5) ω_1 -ს მნიშვნელობები შემდეგია: ორმაგი მოქმედების საშტამპავი უროებისათვის $\omega_1 = (13-3,3)\theta^2 / \theta$, უბრალო მოქმედების უროებისათვის $\omega_1 = (9-2,5)\theta^2 / \theta$, ორმაგი მოქმედების სამჭედლო უროებისათვის $\omega_1 = (11-3)\theta^2 / \theta$ და უბრალო მოქმედების სამჭედლო უროებისათვის $\omega_1 = (7,5-2,0)\theta^2 / \theta$.

უროდანადგარის წონა საძირკვლის ფართობთან შემდეგ დამოკიდებულებაშია:

$$G_2 = F_1 \cdot \sigma_1 = F_1 \frac{[\sigma_1]}{k^1}.$$

ზემომოყვანილ ფორმულაში F_1 შევცვალოთ G_2 -ით

$$G_2 = \frac{(1+K)G_1 V_1 \sqrt{[\sigma_1]}}{\sqrt{K_1 K^1 C_z} \cdot g} 1000. \quad (2.19)$$

(2.19) განტოლების ორივე ნაწილს საშტამპავი უროებისათვის გამოვაკლოთ G_2 უროს და შაბოტის G_2 წონა, ხოლო სამჭედლო უროებისათვის - მხოლოდ შაბოტის წონა G_2 , მივიღებთ საძირკვლის წონას:

$$G_1 = \frac{(1+K)G_1 V_1 \sqrt{[\sigma_1]}}{\sqrt{K_1 K^1 C_z} \cdot g} 1000 - G_2. \quad (2.20)$$

როცა $K_1=3,0, K^1=2,5$ და $g=9,81$ მ/წმ²,

$$\text{მაშინ} \quad G_1 = 117 \frac{(1+K)G_1 V_1 \sqrt{[\sigma_1]}}{\sqrt{C_z}} - G_2. \quad (2.21)$$

ცხრილიდან
$$\frac{[G_1]}{C_2} = 0,07,$$

მაშინ
$$G_1 \approx 8,0(1 + K)G_2V_1 - G_2. \quad (2.22)$$

თუ გამოსახულების ორივე ნაწილს გავყოფთ G უროს დამცემი ნაწილის წონაზე, მივიღებთ დამცემი ნაწილის I ტონაზე მოსული საძირკვლის კუთრ წნევას

$$j_1 = \frac{G_1}{G}, \text{ ტ/ტ},$$

$$j_1 = 8,0(1 + K)V_1 - j_2,$$

სადაც
$$j_2 = \frac{G_2}{G}.$$

ორმაგი მოქმედების საშტამპავი უროებისათვის $j_1 = 48 \text{ ტ/ტ}.$

უბრალო მოქმედების საშტამპავი უროებისათვის - $j_1 = 34 \text{ ტ/ტ}.$

ორმაგი მოქმედების სამჭედლო უროებისათვის $j_1 = 35 \text{ ტ/ტ}.$ ხოლო

უბრალო მოქმედების სამჭედლო უროებისათვის - $j_1 = 25 \text{ ტ/ტ}.$

გვეცოდინება რა მოცემული უროს შაბოტის ზომები, ქვედა საცემის (შტამპის) სარკესა და იატაკის დონეს შორის მანძილი, აგრეთვე საძირკვლის წონა G_1 და გრუნტთან შეხების ფართობი F_1 , გამოვიანგარიშებთ საძირკვლის ჩადგმის სიღრმესა და მის გაბარიტულ ზომებს. პირველყოელისა უნდა დადგინდეს შაბოტის ძირის და მუხის ძელების საფენის ზომები, რომელიც შაბოტსა და საძირკველს შორის თავსდება.

მუხის საფენებზე მოსული კუთრი წნევა ფართო ზღვრებში იცვლება (0,8-4,7 კმ/სმ²) უროს ტონაჟზე დამოკიდებულებით. პირველი რიცხვი შეესაბამება 500 კგ დამცემი ნაწილის მქონე უროებს, ხოლო მეორე - 9000 კგ-იან უროებს.

მუხის საფენები შედგება რამდენიმე რიგი კვადრატული განიკვეთის ძელებისაგან, რომლებიც ჭანჭიკებით ერთ ფილადაა შეკრული.

$G \leq 1500$ კგ უროებისათვის იყენებენ 600 მმ სიმაღლის მუხის ფილების 1-2 რიგს; $G=1500-5000$ კგ უროებისათვის 600-900 მმ სიმაღლის 2-3 რიგს; $G=5000-15000$ კგ უროებისათვის 900-1200 მმ სიმაღლის 3-4 რიგს; $G=15000-25000$ კგ უროებისათვის 900-1500 მმ სიმაღლის მუხის ფილების 3-5 რიგს.

რაც მაღალია მუხის საფენების სიმაღლე, მით მეტია შაბოტის რხევის ამპლიტუდა (1,5-5,0 მმ) და ნაკლებია დარტყმის სიხისტე, სამაგიეროდ უროს მუშაობისათვის უკეთესი პირობები იქმნება.

ტიპური ფუნდამენტის სქემები მოცემულია 23-26-ე ნახაზებზე. ორთქლქაერის ორმაგი მოქმედების თაღური და ხიდური ტიპის სამჭედლო უროების ძირითადი პარამეტრები და ზომები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 6

პარამეტრი	ნორმა				
დამცემი ნაწილების ნომინალური წონა, კგ	1000	2000	3150	5000	8000
დარტყმის ენერგია, კჯ. დარტყმის სიხშირე, წმ.	25	50	80	125	200
სადგარებს შორის მანძილი, მმ	71	56	56	45	34
თაღური უროს	1800	2360	2800	—	—
ხიდური უროს	—	—	4000	4000	4500
სამუშაო არის სიმაღლე, მმ	450	530	630	710	800
საცემი სარკის ზომები, მმ. საათობრივი მწარმოებლობა, კგ/სთ:	400X240	530X300	600X340	710X400	800X480
I სირთულის ნაჭედები	500-215	900-410	1200-560	1600-740	2000-925
II სირთულის ნაჭედები	215-95	410-190	560-260	740-340	925-430
III სირთულის ნაჭედები	95-40	190-90	260-120	340-160	430-200

ორთქლქაერის საშტამპი უროების ძირითადი პარამეტრები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 7

პარამეტრი	ნორმა							
დამცემი ნაწილების ნომინალური მასა, ტ.	0,63	1	2	3,15	5	10	16	25
დარტყმის ენერჯია, კვ.	16	25	50	80	125	250	400	360
დარტყმათა რიცხვი წთ-ში	110	90	80	72	65	55	45	40
მიმმართველებს შორის მანძილი, მმ	400	500	600	710	800	1000	1180	1320
შტამპის მინიმალური სიმაღლე კუდის გარეშე, მმ	180	220	260	340	400	450	500	600
კუტის სიმაღლე, მმ	380	450	630	750	950	1180	1500	1800
მანძილი იატაკის დონიდან შტამპების გახსნის სიბრტყემდე	800	800	800	800	700	700	650	600
სათობრივი მწარმოებლობა, კმ/სთ	200	300	600	1000	1750	3000	5000	—

III თავი პნევმატიკური უროები

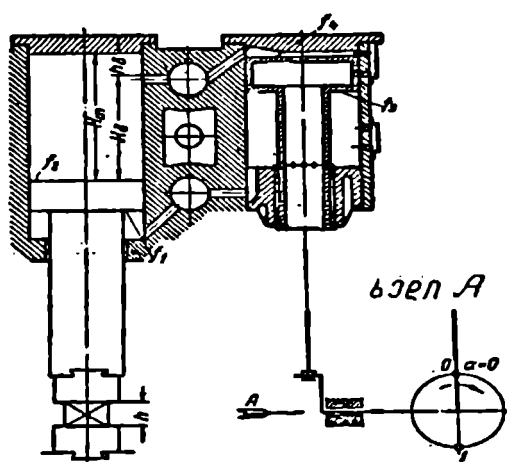
პნევმატიკური უროები მიეკუთვნება უროების კლასიფიკაციის მეორე ქვეჯგუფს, ისინი საკმარისად ფართოდ გამოიყენება სამჭედლო წარმოებაში მცირე ზომის ნამზადების თავისუფალი ჭედვისათვის. პნევმატიკური უროების სიმძლავრე ანუ მათი დამცემი ნაწილის წონა, ძირითადად 50 კგ-დან I ტონამდე იცვლება. იშვიათად შეხვედებით უფრო მეტი ტონაჟის (3 ტონამდე) პნევმატიკურ უროებს.

პნევმატიკური უროები მუშაობს ელექტროამძრავით და არ მოითხოვს საქებაზე ან საკომპრესორო დანადგარებს, რაც მათ დიდ უპირატესობას ანიჭებს ორთქლქაერის უროებთან შედარებით. პნევმატიკური ურო მცირე ზომის ნაჭედების მისაღებად საკმარისად ეკონომიური მოწყობილობაა. გარდა ამისა, მარტივია მისი ექსპლუატაცია. ამიტომ პნევმატიკურ უროებს ფართოდ იყენებენ არა მარტო სპეციალურ სამჭედლო-სამშტამპავ წარმოებებში, არამედ ნებისმიერი ლითონდასამუშავებელი და სხვა ქარხნების მექანიკურ საამქროებში, მცირე ზომის სათადარიგო ნაწილებისა და ინსტრუმენტებისათვის ნამზადების თავისუფალი ჭედვისათვის.

3.1. პნევმატიკური უროების მოქმედების პრინციპი

მოქმედების პრინციპით პნევმატიკური უროები არსებითად განსხვავდება ორთქლქაერის უროებისაგან. ორთქლქაერის უროებში ორთქლის ან შეკუმშული ჰაერის ენერგია გარდაიქმნება დამცემი ნაწილების მოძრაობის მექანიკურ ენერგიად, პნევმატიკურ უროებში კი მუშა და საკომპრესორო დგუშებს შორის ჰაერი ასრულებს დრეკადი ბალიშის როლს. დრეკადი ანუ არახისტი კავშირის მეშვეობით ხორციელდება მუშა დგუშის და, შესაბამისად, უროს დამცემი ნაწილის მოძრაობა, კომპრესორის დგუშის მოძრაობაზე დამოკიდებულებით. კომპრესორის დგუშში კი მოძრაობაში მოიყვანება ელექტროამძრავით, მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმის მეშვეობით. აღნიშნული დგუშის მოძრაობა წარმოადგენს თავისუფლების ერთი ხარისხის მქონე მოძრაობას და განისაზღვრება მრუდმხარას რადიუსსა და ვერტიკალს შორის შექმნილი ცვლადი კუთხით. ამიტომ შემდგომში კომპრესორისა და მუშა დგუშების მოძრაობას განვიხილავთ, როგორც α^0 კუთხის ფუნქციას.

საწყის მდგომარეობად განიხილება მომენტი (ნახ.44), როცა α^0 ეს შეესაბამება კომპრესორის დგუშის ზედა და მუშა დგუშის ქვედა უკიდურეს მდგომარეობას. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ამ დროს კომპრესორის ზედა და ქვედა სივრცეები მანაწილებელი ონკანებით შეერთებულია მუშა ცილინდრის შესაბამის სივრცეებსა და ატმოსფეროსთან.

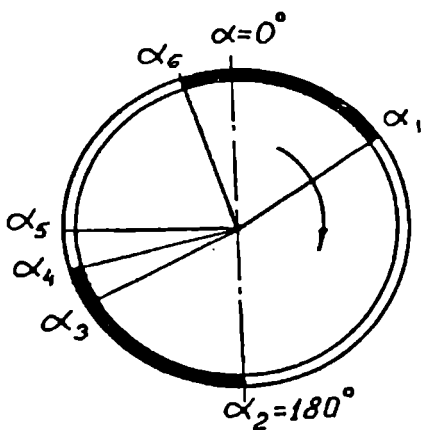


ნახ. 44. პნემატიკური უროს დგუშების საწყისი

მაშასადამე, უროს მუშაობის დაწყების წინ აღნიშნულ სივრცეში წნევა ატმოსფერული წნევის ტოლია ($p_0 = 1,013 / \text{სმ}^2 = 0,1 \text{ მპა}$). კომპრესორის დგუშის ქვემოთ მოძრაობისას მუშა დგუშის წნევა მატულობს, ხოლო ზემოთ ეცემა. კომპრესორის დგუშის შემდგომი ქვემოთ სვლისას, ე.ი. როცა α იზრდება, დგება მომენტი ($\alpha = \alpha_1$), როდესაც მუშა დგუშის ქვედა რგოლურ ფართობზე მოქმედი წნევის ძალა გადააჭარბებს ყველა წინააღობის ძალას (დგუშის, ჭოკის და ზედა საცემის წონა, ხახუნის ძალა, ზედა ჰაერის წინააღობის ძალა) და მუშა დგუში იწყებს ზემოთ სვლას.

როცა $\alpha = \alpha_2 = 180^0$ (ნახ.45), კომპრესორის დგუში იკავებს

ქვედა უკიდურეს მდგომარეობას, მისი ზედა სივრცე უერთდება ატმოსფეროს, ქვედა კი გამოთიშულია ატმოსფეროსაგან. α_1 -დან α_2 -მდე კომპრესორის ღგუში და მუშა ღგუში მოძრაობს ერთმანეთის საპირისპიროდ. $\alpha_2 = 180^\circ$ -ის შემდეგ ორივე ღგუში ზემოთ მიემართება. ზემოთ სვლისას მუშა ღგუში ზედა ბუფერს უახლოვდება და $\alpha = \alpha_3$ მომენტში კეტავს მას, ე.ი. ღგუში გადაკეტავს ცილინდრების ზედა სივრცეების მაერთებელ არხს. შემდეგ მუშა ღგუში ინერციით კვლავ აგრძელებს ზემოთ სვლას და ბუფერის ჩაკეტილ სივრცეში იჭრება, რომელიც თანდათან მზარდ წინააღმდეგობას უწევს მუშა ღგუშს და აიძულებს შეჩერდეს, რაც შეესაბამება $\alpha = \alpha_4$ მუხლას შემობრუნების კუთხეს. ამ მომენტისათვის ცილინდრის ქვედა სივრცეები კვლავ ერთმანეთთანაა შეერთებული და ვინაიდან ორივე ღგუში ზემოთ მიემართება, აღნიშნულ სივრცეთა მოცულობის გაზრდის გამო, წნევა მასში საგრძნობლად ეცემა. კომპრესორის ზედა სივრცე კი ატმოსფეროსაგან ითიშება.



ნახ.45. უროს მუშა ციკლის წრიული ციკლური დიაგრამა

მუშა ღგუში ბუფერში შეჭრისას ბუფერის წნევის გავლენით სწრაფად იწყებს ქვემოთ სვლას. $\alpha = \alpha_5$ მომენტში ღგუში ბუფერიდან გამოდის და ცილინდრთა ზედა სივრცეები ერთდება. ამ მომენტიდან მუშა ღგუშზე ზემოდან იმოქმედებს კომპრესორის ღგუშის მიერ ცილინდრის ზედა სივრცეში მოქცეული შეკუმშული ჰაერი და კვლავ დააჩქარებს მის ქვემოთ სვლას.

$\alpha = \alpha_6$ შეესაბამება დარტყმის მომენტს. დარტყმა ხდება ცოტა უფრო ადრე, ვიდრე კომპრესორის დგუში დაიკავებს ზედა უკიდურეს მდგომარეობას, ე.ი. $\alpha_6 < 360^\circ$. $\alpha_6 - \alpha_1$ უბნის არსებობა დადებით გავლენას ახდენს ჭედვის პროცესზე, ვინაიდან აღნიშნული უბნის არსებობა განაპირობებს ე.წ. „მძიმე“ დარტყმას არეკვლის გარეშე. თანამედროვე პნევმატიკური უროები სწორედ ამ პრინციპით მუშაობს.

პნევმატიკურ უროებს განასხვავებენ შემდეგი ძირითადი ნიშნებით:

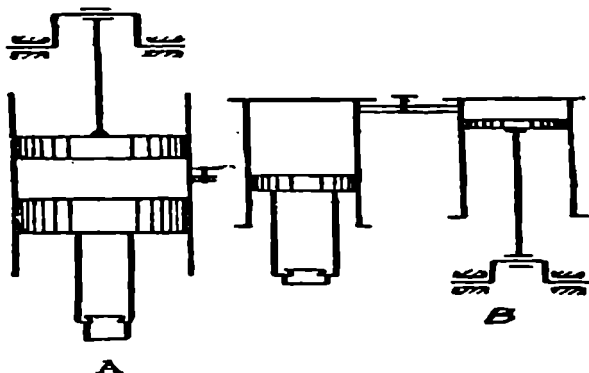
- კუტის აწევის ხერხით - უბრალო და ორმაგი მოქმედების;
- ცილინდრთა რაოდენობის მიხედვით - ერთცილინდრიანი და ორცილინდრიანი;

- დგარების რაოდენობის მიხედვით - ერთსადგარიანი და ორსადგარიანი (თალური).

3.2. პნევმატიკური უროების კონსტრუქციული სახესხვაობა და ძირითადი პარამეტრები

3.2.1. უბრალო მოქმედების უროები

უბრალო მოქმედების ეწოდება ისეთ უროებს, რომლებშიც წნევის ცვლილებას ადგილი აქვს მხოლოდ მუშა ცილინდრის დგუშის ზემო სივრცეში. ისინი ერთცილინდრიანი და ორცილინდრიანია. მათი სქემები მოცემულია 46-ე ნახ-ზე.



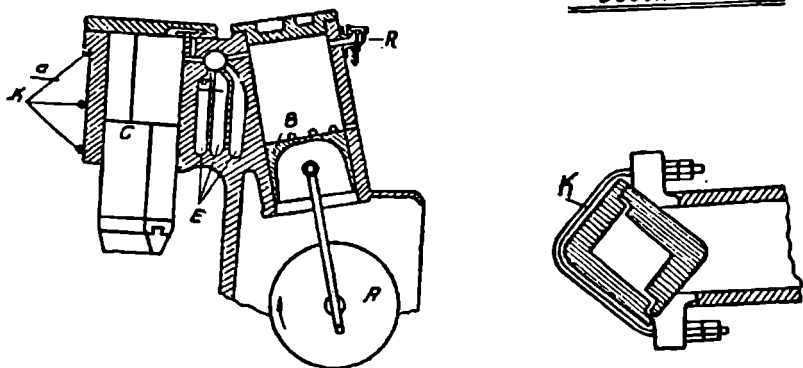
ნახ.46. ერთცილინდრიანი (ა) და ორცილინდრიანი (ბ) უბრალო მოქმედების პნევმატიკური უროების სქემა

ერთცილინდრიანი უროს ცილინდრში არის ორი ღვუში: ზედა, რომელიც წინსვლით - უკუსვლით მოძრაობას ასრულებს მრუდმხარა მექანიზმით და ქვედა-გაერთიანებული კუტთან. ზედა ღვუშის აწევისას მის ქვემოთ იქმნება გაიშვიათება. მუშა ღვუშის ქვემოთ არსებული ატმოსფერული წნევის და მის ზემოთ გაიშვიათებული წნევათა სხვაობის შედეგად იგი ზემოთ იწევს. ზედა ღვუშის უკუსვლისას მის ქვემოთ მოქცეული ჰაერი იკუმშება, რის შედეგადაც კუტი ვარდება და ასრულებს მუშა სვლას. დარტყმის ენერგიას არეგულირებს ღვუშებს შორის არსებული სივრცის ატმოსფეროსთან მაკავშირებელი ონკანი. ონკანის გაღებით ცილინდრში შეიძლება მივიღოთ ჰაერის სხვადასხვა ხარისხის გაიშვიათება და კუმშვა, შესაბამისად კუტის სხვადასხვა სიმაღლიდან ვარდნა, ე.ი. დარტყმის სხვადასხვა კინეტიკური ენერგია.

ერთცილინდრიანი პნევმატიკური უროების დამცემი ნაწილის წონაა 50-100 კგ. ისინი ასრულებენ 210-230 დარტყმას წუთში და შეუძლიათ დაამუშაონ 140 მმ-დე სიმაღლის ნაჭედები.

ორცილინდრიანი უბრალო მოქმედების პნევმატიკური უროს სქემა წარმოდგენილია 47-ე ნახ-ზე. აღნიშნული უროები მზადდება 20-დან 650 კგ-მდე წონის დამცემი ნაწილით, დარტყმათა რიცხვით შესაბამისად 200-დან 115-მდე. სიმაღლე იატაკის დონიდან

კვთი ა-ა

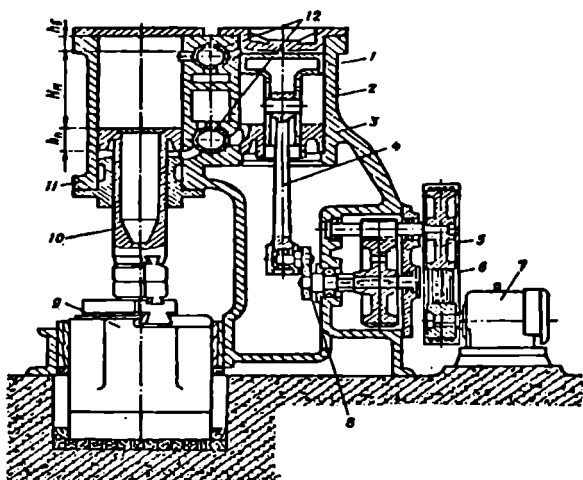


ნახ.47. ორცილინდრიანი უბრალო მოქმედების პნევმატიკური უროს სქემა

1500-2800 მმ. ელექტროძრავის სიმძლავრე 2,9-დან 36,8 კვტ. აღნიშნული სისტემის უროს დგუში ამავე დროს წარმოადგენს კუტს, რომელსაც მართკუთხედის ფორმის კვეთი აქვს. კუტის კვეთის მართკუთხედობა გამორიცხავს მის შემობრუნებას „ცილინდრში“. ასევე ორი ნაწილისაგან შედგენილი „ცილინდრი“, მათ შორის თხელი ფოლადის ზოლების სისქის რეგულირებით, საშუალებას იძლევა კუტის (დგუშის) მოსრიალე ზედაპირების ცვეთისას შენარჩუნებულ იქნეს დასაშვები ნორმალური ღრეჩო კუტსა და „ცილინდრის“ შიგა ზედაპირებს შორის.

3.2.2. ორმაგი მოქმედების უროები

ამჟამად ყველაზე ფართოდ იყენებენ ორმაგი მოქმედების ორცილინდრიან, ერთსადგარიან პნევმატიკურ უროებს (ნახ.48), რომელთა დამცეში ნაწილის წონაა 50 კგ-დან 1000 კგ-მდე. დარტყმათა რიცხვი შესაბამისად 224-95 ბრ/წთ და დარტყმის სიჩქარე 5-7,5 მ/წმ. შაბოტისა და დამცეში ნაწილის მასების შეფარდება $m_2 / m_1 = 12$. მუშაობის პროცესში ცილინდრებში წნევა 0,6-დან 3,0 კგ/სმ²-მდე იცვლება.

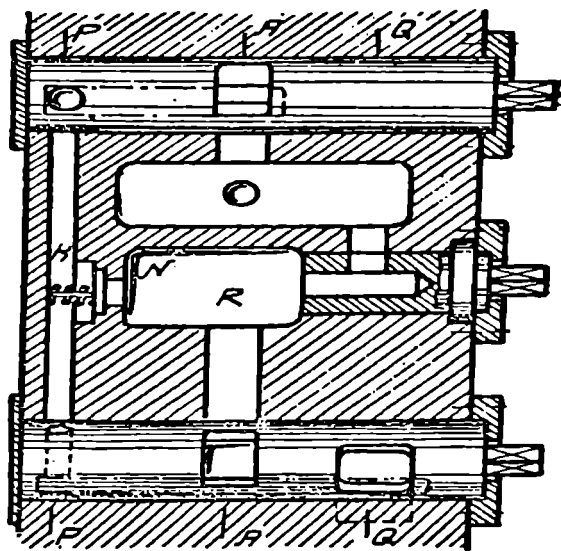


ნახ.48. 250 კგ წონის ორცილინდრიანი ერთსადგარიანი პნევმატიკური უროს დამცეში ნაწილი

უროს დგუში ღრუტანიანია და ზედა ნაწილში სოკოსებრი ფორმის დგუში აქვს, რომელიც ცილინდრის კედლებს დგუშის მამჭიდროებელი რგოლებით ეხება. დგუშის ღერძული შემობრუნების თავიდან ასაცილებლად კუტს უკეთებენ წანათლებს, რაც მიმმართველის როლს ასრულებს.

უროების მართვა ძირითადად ხდება ცილინდრული ან ონკანიანი მანაწილებელი მკვეთართით და ითვალისწინებს მუშაობის შემდეგ ციკლებს: 1. კუტის ჩამოკიდებულ მდგომარეობაში გაჩერება; 2. ავტომატური დარტყმები მარეგულირებელი ენერჯით; 3. ერთეული დარტყმა და მიჭერა.

თანამედროვე ონკანიანი ორთქლმანაწილებელი მოწყობილობის საერთო ხედი და კვეთები მოცემულია მე-49-50 ნახაზებზე. იგი შედგება 3 ონკანისაგან: ზედა, ქვედა და შუა, რომლებიც ჩადგმულია და დამაგრებულია უროს კორპუსზე. ზედა ონკანიდან მიემართება არხი, რომელიც მას ატმოსფეროსთან აერთებს. ზედა ონკანის ანალოგიურია ქვედა ონკანი. R ორთქლმანაწილებლის შუასივრცეში მოთავსებულია ცალმხრივი მოქმედების სარქველი N. შუა ონკანით R სივრცე შეიძლება შეერთებულ იქნეს ატმოსფეროსთან.



ნახ.49. უროს ონკანური მოწყობილობა

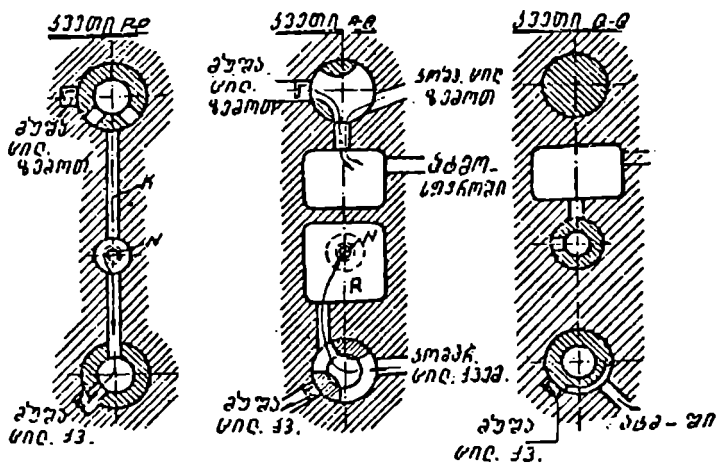
განვიხილოთ უროს მუშაობა ციკლების მიხედვით

1. კუტის ჩამოკიდებულ მდგომარეობაში გაჩერება. აღნიშნული ციკლის განსახორციელებლად ონკანებს სახელურით აბრუნებენ ისე, რომ მუშა და კომპრესორის ცილინდრთა ზედა ნაწილები შეერთებული იყოს ატმოსფეროსთან (ნახ.50, A-A), ხოლო კომპრესორის ქვედა ნაწილიდან ქვედა არხის გავლით ჰაერი შედის R სივრცეში, ადებს N სარქველს და ვერტიკალური არხის მეშვეობით შედის მუშა ცილინდრის ქვედა სივრცეში (ნახ.50, კვეთები A-A და P-P). ამით ხდება კუტის აწევა და მისი გაჩერება ზედა მდგომარეობაში.

2. ავტომატური დარტყმები მარეგულირებელი ენერჯით. ამ ციკლის განხორციელებისათვის სარქველებს აბრუნებენ ისე, რომ ორივე ცილინდრის ზედა და ქვედა სივრცეები ერთმანეთს უერთდება (ნახ.51).

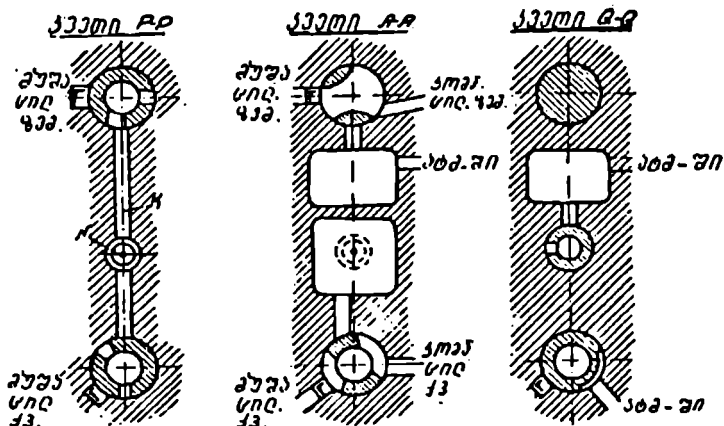
დარტყმის ენერჯის რეგულირება ხდება ატმოსფეროსთან მაერთებელი ზედა ონკანისა და R სივრცესთან ქვედა ონკანის გაღების ხარისხით.

3. ერთეული დარტყმა და მიჭერა. ამ ციკლის განხორციელებისათვის საჭიროა ონკანი „ჩამოკიდებული გაჩერების“



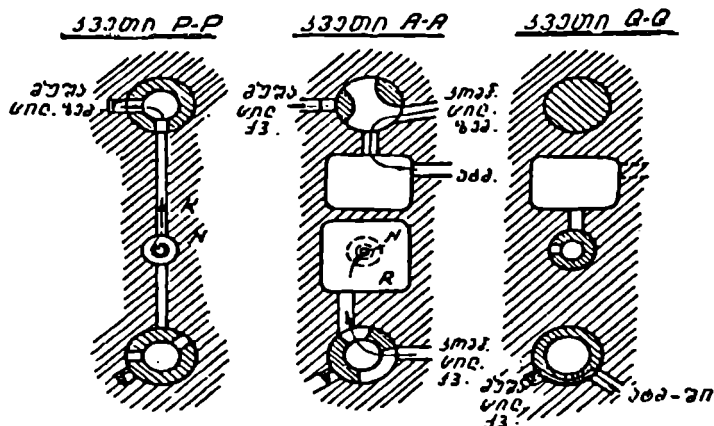
ნახ.50. უროს ონკანების მდგომარეობა ჩამოკიდებული კუტის დროს

მდგომარეობიდან თანდათანობით შემოვებრუნოთ ისე, რომ კომპარესორის ზედა ნაწილი ატმოსფეროს შეუერთდეს (ნახ.52, კვეთი



ნახ.51. უროს ონკანების მდგომარეობა ავტომატური დარტყმებისას

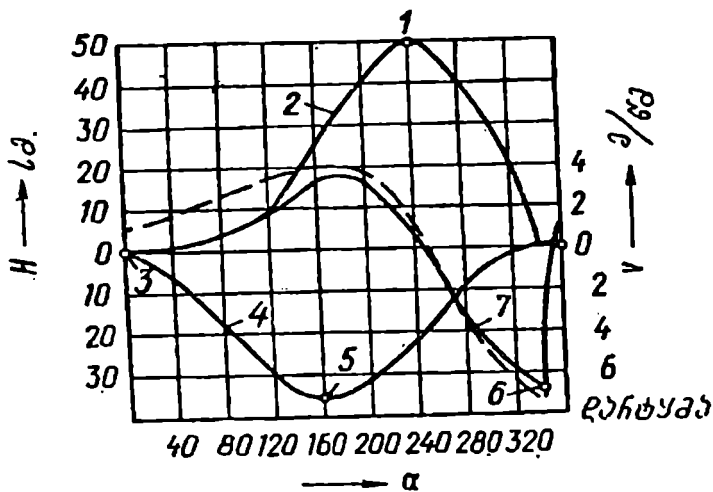
A-A). მისი ქვედა ნაწილიდან ჰაერი, გაივლის რა R სივრცეს, N ცალმხრივი სარქელის მეშვეობით K ვერტიკალური არხის და



ნახ.52. უროს ონკანების მდგომარეობა ნაკვალზე დარტყმისას (მიჭერისას)

ზედა ონკანის გავლით მიემართება მუშა ცილინდრის ზედა სივრცეში (კვეთი P-P). ამ დროს მუშა ცილინდრის ქვედა ნაწილიდან ქვედა ონკანის გავლით ჰაერი გაედინება ატმოსფეროში (კვეთი Q-Q). თუ „ჩამოკიდებული გაჩერების“ მდგომარეობიდან ონკანს სწრაფად შევებრუნებთ „მიჭერის“ მდგომარეობაში, მაშინ ხდება ერთეული დარტყმა.

თუ აუვაგებთ გრაფიკს, რომლის აბსცისაზე გადავზომავთ მრუდმხარა შემობრუნების α კუთხეს, ხოლო ორდინატზე კომპრესორისა და კუტის დგუშების სვლას, მივიღებთ 53-ე ნახ-ზე გამოსახულ სურათს. საიდანაც ჩანს, რომ დასაწყისში ცილინდრის დგუში (კუტი) ჩამორჩება კომპრესორის დგუშის მოძრაობას. იგი იწყებს მოძრაობას, როცა $\alpha = \alpha_1$, ზემოთ სვლისას მაქსიმალურ სიჩქარეს აღწევს კომპრესორის დგუშის ქვედა უკიდურეს მდგომარეობაში ყოფნისას ($\alpha = \alpha_2 = 180^\circ$), შემდეგ ანელებს ზემოთ სვლას, აღწევს ზედა მაქსიმალურ მდგომარეობას ($\alpha = \alpha_4 = 245$), სადაც მისი სიჩქარე ნულს უტოლდება, კუტი იწყებს აჩქარებით უკუსვლას და ახდენს დარტყმას ($\alpha = \alpha_5 = 350^\circ$). შემდეგ პროცესი კვლავ მეორდება.



ნახ.53. კომპრესორის და მუშა დგუშის (კუტის) სვლის გრაფიკები და კუტის სიჩქარის გრაფიკი მუხლა ლილვის ბრუნვაზე დამოკიდებულებით

პნექმატიკური უროების ძირითადი პარამეტრები და ზომები მოცემულია მე-8 ცხრილში.

ცხრილი 8

პარამეტრი	ნორმა						
დამცემი ნაწილის ნომინალური მასა, კგ	50	80	160	250	400	630	1000
დარტყმის ენერგია, კჯ	0,8	1,4	3,15	5,6	10	16	28
დარტყმის სიხშირე, წთ	224	212	190	150	132	112	95
კუტის ღერძა და დგარს შორის მანძილი, მმ	280	300	340	420	530	670	800
სამუშაო ზონის სიმაღლე, მმ	220	260	360	450	530	660	750
საცემი სარკის ზომები, მმ							
სიგრძე	100	130	190	210	250	320	360
სიგანე	56	63	75	80	90	130	140
მანძილი ქვედა საცემის სარკიდან იატაკის ღონემდე, მმ		80			75		
ნაჭედის საშუალო წონა, კგ	0,5	0,9	3	5	18	30	70
ფასონური გლუვი ლილევი	5	8	15	35	60	120	250
საათობრივი მწარმოებლობა კმ/სთ							
ნაჭედის სირთულის მიხედვით:	60-30						
I ჯგუფის	500-205 30-10	75-26	90-30	140-54	200-85	290-100	500-215
II ჯგუფის	215-90 10-2	26-9	30-10	54-21	85-35	100-50	215-90
III ჯგუფის	90-40	9-3	10-5	21-8	35-15	50-20	90-40

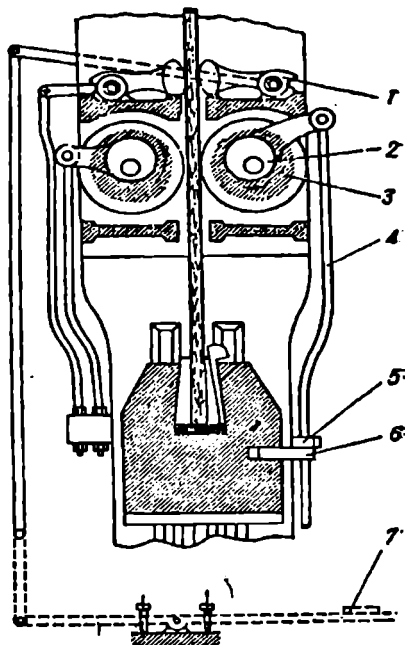
IV თავი

ფრიქციული უროები

ფრიქციული უროები (კუტის აწევის ხერხის მიხედვით) იყოფა ციფრიან და ლვედიან უროებად. ამ უროებში კუტის ვარდნა ხდება მხოლოდ საკუთარი წონის ზემოქმედებით. მაშასადამე, დარტყმის ენერგია დამოკიდებულია დამცემი ნაწილის წონასა და მისი აწევის სიმაღლეზე.

ფრიქციული უროების დანიშნულებაა საშტამპავისა და ნაჭედის გასწორების სამუშაოების შესრულება.

დღეისათვის ყველაზე გავრცელებულია ფრიქციულფიცრიანი უროები (ნახ.54). ორთქლქაერის უროებთან შედარებით მათი უპირატესობა იმაში გამოიხატება, რომ კონსტრუქციულად მარტივია, იაფია და არ საჭიროებს მილგაყვანილობებს, ასევე მარტივია მართვის პროცესი.



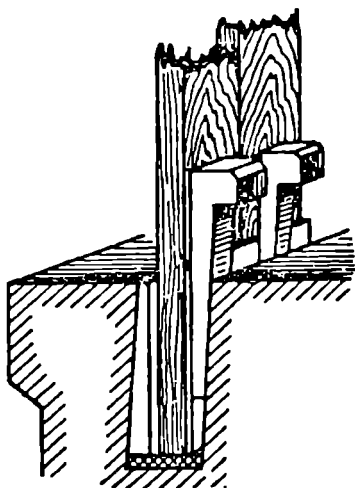
ნახ.54. ფრიქციულფიცრიანი უროს სქემა

4.1. ფრიქციულფიცრიანი ურო

ფრიქციულფიცრიან უროებს იყენებენ შტამპვისათვის, ამიტომ დანადგარის სიხისტის გაზრდის მიზნით, ისევე როგორც საშტამპავ უროებში, დგარები დადგმულია უშუალოდ შაბოტზე. შაბოტის წონა 20-ჯერ აღემატება კუტის წონას.

ფიცრიანი უროების ნაკლია ის, რომ მუშაობის პროცესში შეუძლებელია დარტყმის ენერგიის რეგულირება, ამავე დროს ნელმავლებია. ფიცარიც ხშირად ფუჭდება.

უროს კუტს ამზადებენ ნაკედი ან ჩამოსხმული ფოლადისაგან. კუტში ფიცრები მაგრდება სოლების და გოფირებული ფილის მეშვეობით (ნახ.55). კუტში ფიცრის ბოლო დაყრდნობილია რეზინის საფენზე, რომელიც მას გახეთქვისაგან იცავს.



ნახ.55. კუტში ფიცრის ჩამაგრების სქემა

ჰაერზე გამომშრალი (15-18 % ტენიანობით) წიფლის ან ნეკერჩხლისაგან. მათ არ უნდა ჰქონდეს კორძები; ფიცრის სისქე აიღება 30-40 მმ ზღვრებში. ფიცრისათვის კარგ მედეგობად ითვლება 50-60 საათის განმავლობაში მუშაობა, საშუალოდ კი მათი მუშაობის ხანგრძლივობა 20 სთ-ის ფარგლებშია.

ფიცარი იწვევა სხვა-დასხვა მიმართულებით მბრუნავი გორგოლაჭების 3 მეშვეობით (ნახ.54), რომლებიც უროს მუშაობის პროცესში ყოველთვის ბრუნავს. მათი ფიცართან მიახლოება (ჩართვა) და მოცილება (გამორთვა) ხდება ექსცენტრულად ჩამაგრებული ღერძებით, რომლებიც სპეციალური წვევართი შემობრუნდება.

კუტს ჩამოკიდებულ მდგომარეობაში აჩერებს სამუხრუჭო ხუნდები I.

ფრიქციული უროს ფიცრები მზადდება

ფიცარი მალე რომ არ გაცედეს, საჭიროა გორგოლაჭების მიჭერის კუთრი ძალა დასაშვებ ზღვრებში იყოს.

მაქსიმალური ამწევი ძალა ორივე გორგოლაჭის მხრიდან

$$P = 2N \mu = 2N_{\frac{1}{2}} b \cdot \mu,$$

სადაც μ ხახუნის კოეფიციენტია გორგოლაჭსა და ფიცარს შორის (წიფელი-თუჯი $\mu = 0,4$) N - ფიცარზე გორგოლაჭის მიჭერის ნორმალური ძალა; $N_{\frac{1}{2}}$ - კუთრი დატვირთვა ფიცრის სიგანის ერთეულზე, $\frac{N}{b} = 0,06 - 0,128 / g(60 - 100 \text{ კგ} / \text{სმ})$; b - ფიცრის სიგანე, მ(მმ).

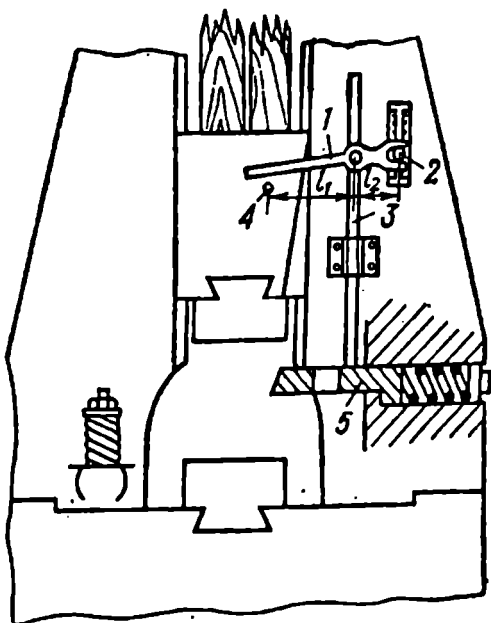
2 ტონაზე მეტი დამცემი ნაწილების წონის მქონე უროებს ამწევი ძალის გაზრდის მიზნით 2 წყვილ გორგოლაჭს უყენებენ.

4.1.1. უროს მართვის მოწყობილობა

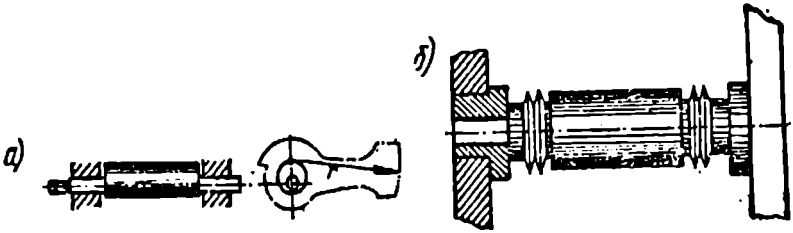
56-ე ნახ-ზე მოცემულია ფრიქციულფიცრიანი უროს ავტომატური მართვის მოწყობილობის სქემა. კუტის ვარდნისას მისი დახრილი ღარის მოქმედებით თამასა 5 მარჯვნივ იწევა და მის ნახვრეტში ვარდება წვეარა 3. ვინაიდან წვეარა საკმარისი წონისაა, შემოაბრუნებს ექცენტრულ მილისაზე დამჯდარ გორგოლაჭს და ფიცარს მიაბჯენს. ამ მომენტში ხდება დარტყმა და გორგოლაჭების მიერ ფიცრის ზემოთ ატაცება. ზემოთ სვლისას ფიცრები თავისუფლად აღებენ მუხრუჭის ხუნდებს, რადგან ხუნდების მუშა ზედაპირის რადიუსის ცენტრი მდებარეობს მათი ბრუნვის ღერძის ზემოთ (ნახ.57). უძრავ ფიცართან შეხებისას მბრუნავი გორგოლაჭები ფიცარზე იწყებენ სრიალს და თანდათანობით მას ზემოთ მიაქანებენ. ფიცრის აწევის სიჩქარე უახლოვდება V_g გორგოლაჭების ბრუნვის წრიულ სიჩქარეს (ნახ.58,ა). ამ უბანში გორგოლაჭის წრიული სიჩქარე V_g ოდნავ იკლებს. კუტის აწევის ამ უბანს გაქანების უბანი ეწოდება. H_1 , H_2 უბანზე გორგოლაჭის წრიული სიჩქარე და ფიცრის აწევის სიჩქარე ერთმანეთის ტოლია. შემდეგ ხდება გორგოლაჭების ფიცრიდან მოცილება და კუტი ინერციით აგრძელებს ზემოთ სვლას. მისი სიჩქარე თანდათან ნულამდე (უბანი H_3) ეცემა. გორგოლაჭების ფიცრიდან მოცილება ხდება კუტზე ჩამაგრებული წკირის 4 ბერკეტზე 1 აკვრით (ნახ.56) და წვეარას 3 ამოვლებით თამასას 5 ნახვრეტიდან.

კუტი მიაღწევს რა ზედა უკიდურეს წერტილს ჩერდება და იწყებს ქვემოთ სვლას. თუ პედალზე არ დაეაჭერთ, მაშინ ქვემოთ მომავალ ფიცარს ხუნდები 1 ჩაიჭერს და ზედა ჩამოკიდებულ მდგომარეობაში გააჩერებს.

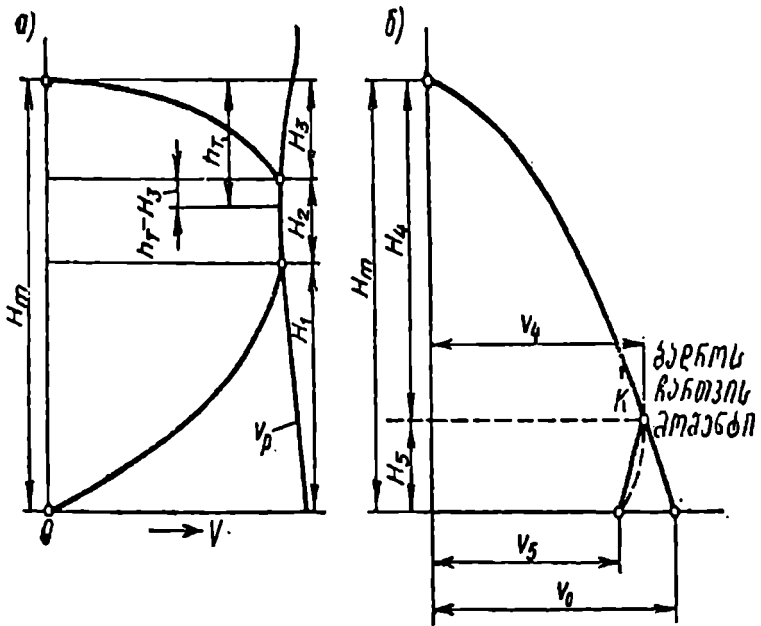
დარტყმისას საჭიროა მჭედელმა პედალს დააჭიროს. ამ დროს ხუნდები იღება, ფიცარი კუტთან ერთად თავისუფლდება და დედამიწის მიზიდულობით იწყებს ქვემოთ სვლას. კუტის (ფიცრის) ზემოთ და ქვემოთ სვლის სიჩქარეთა გრაფიკი მოცემულია 58-ე ნახ-ზე. როგორც აღვნიშნეთ, გორგოლაჭების ჩართვა ხდება დარტყმამდე ოდნავ ადრე (ნახ.58, K წერტილი), ამიტომ დარტყმის მომენტში კუტის სიჩქარე V , ოდნავ მცირდება V_0 თავისუფალი ვარდნის სიჩქარესთან შედარებით.



ნახ.58. ფრიქციულფიცრიანი უროს ავტომატური მართვის მოწყობილობის სქემა



ნახ.57. სამუხრუკო ხუნდების ლოლვაკი



ნახ. 58. კუტის (ფიცრის) სიჩქარის ცვლილების გრაფიკები:
 ა - კუტის აწევისას; ბ - კუტის ვარდნისას

ჰიდრავლიკური და აირჰიდრავლიკური საშტამპავი უროები

5.1. მოქმედების პრინციპი და კლასიფიკაცია

ჰიდრავლიკური უროები მოქმედების პრინციპით და დანიშნულებით ორთქლჰაერის უროების ანალოგიურია. მუშა მასების გადასაადგილებლად იყენებენ შეკუმშულ აზოტს ან ჰაერს და მუშა სითხეს (მინერალური ზეთი, სინთეტიკური არააალებადი სითხეები, წყალზეთოვანი ემულსიები სხვადასხვა ანტიკოროზიული მინარევით). ჰიდროამპრავის გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა მნიშვნელოვნად (30-35 %-მდე) გაეზარდოს მქ კოეფიციენტი. ჰიდრავლიკური ამომგდების გამოყენება, პროგრამული მართვა და ეფექტური ენერგიის ზუსტი დოზირება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს ნაჭედის ხარისხი, მწარმოებლობა და გაუმჯობესდეს მჭედლის შრომის სანიტარულ-ტექნიკური პირობები.

ენერგომატარებლის ტიპის მიხედვით ორი სახის ურო არსებობს: აირჰიდრავლიკური და ჰიდრავლიკური, ენერგომატარებლის გამოყენების მიხედვით-უბრალო და ორმაგი მოქმედების, ამპრავის ტიპის მიხედვით - ტუმბოებიანი და ტუმბო-აკუმულატორული ამპრავით, ნაჭედზე მექანიკური ზემოქმედების მიხედვით-უროები და წნეხ-უროები.

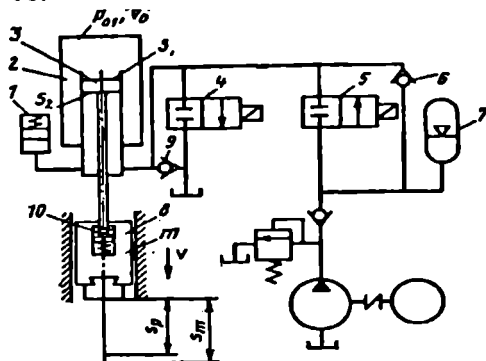
აირჰიდრავლიკურ უროებში შეკუმშული აირის (აზოტი, ჰაერი) ენერგია გამოყენებულია მუშა მასების ქვემოთ (ნაჭედისაკენ) გაქანებისათვის, ხოლო შეკუმშული სითხის ენერგია - მუშა მასების უკუსვლისათვის.

ჰიდრავლიკურ უროებში მუშა მასების გაქანებისა და მათ უკუსვლისათვის იყენებენ მხოლოდ სითხეს.

უბრალო მოქმედების ჰიდროუროებში მუშა მასების ქვემოთ გაქანების წყარო მხოლოდ დედამიწის მიზიდულობის ძალაა.

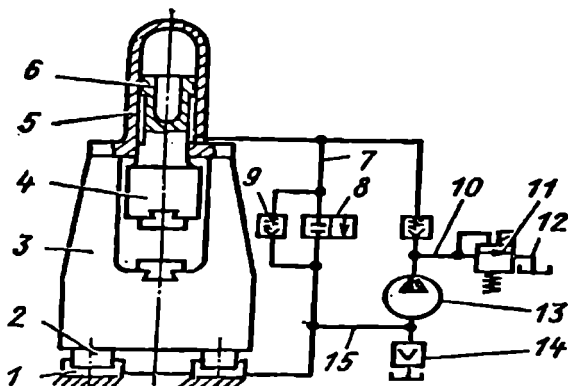
ორმაგი მოქმედების აირჰიდრავლიკურ უროებში მუშა ცილინდრის ზედა ნაწილი გაერთიანებულია აირის რესივერთან 2 (ნახ.59), ამიტომ მუშა ნაწილების ქვემოთ დაშვებას, მიზიდულობის ძალასთან ერთად, ხელს უწყობს დგუშის 3 ზემოდან მოქმედი

შეკუმშული ჰაერი. უროს ჭოკი კუტთან შეერთებულია დრეკადი ამორტიზატორით 10.



ნახ.59. აირჰიდრავლიკური ორმაგი მოქმედების უროს პრინციპული სქემა

აღნიშნული უროების კონსტრუქცია სისტემატურად უმჯობესდება. ერთ-ერთს წარმოადგენს ქ.ბრნოს შმერალის სახ. ქარხნის (ჩეხოსლოვაკია) მიერ გამოშვებული ჰიდრავლიკური ურო (ნახ.60), რომლის სადგარიც დაყენებულია 2 ამწევი ცილინდრების ყვინთებზე 1. აღნიშნულ უროებში 3 სადგარს (შაბოტს) შეუძლია განაზორციელოს 4 კუტის შემხვედრი მოძრაობა. ასეთი უროების დაყენება შეიძლება ფუნდამენტის გარეშე ბეტონის იატაკზე.



ნახ.60. აირჰიდრავლიკური ორმაგი მოქმედების უროს სქემა შაბოტის შემხვედრი მოძრაობით

5.2. აირჰიდრავლიკური მაღალი სიჩქარის უროები

მაღალი სიჩქარის უროების მოქმედების პრინციპი, მუშა მასების ვარდნის პროცესში, ზემოდან ინტენსიური ძალების მოქმედებაში მდგომარეობს. ეს ძალები ხორციელდება მაღალი წნევის აირით (ჰაერით), წვის პროდუქტებით ან დგუმის ზემოდან აფეთქებით. მუშა მასების საწყის მდგომარეობაში (ზემოთ) დაბრუნება და ცილინდრში მყოფი აირის შეკუმშვა ჰიდროამპრავეთ ხდება.

როგორც ცნობილია, მადეფორმირებელი ძალა მუშა მასების დაჯახების სიჩქარის პირდაპირპროპორციულია, ამიტომ არის, რომ აღნიშნულ უროებში ეს სიჩქარე 12-20 მ/წმ-მდეა გაზრდილი, ზოგიერთ კონსტრუქციებში კი - 50-100 მ/წმ-მდე. ამ დროს საგრძნობლად მცირდება დარტყმის დატვირთული ფაზის დრო, მცირდება საკონტაქტო ხახუნის და ჭედვის ტემპერატურამდე გახურებული ნაჭედის სითბოს კარგვა. დეფორმირებულ ლითონში ჭარბობს სიმტკიცის შემცირების პროცესი, ხოლო ლითონის დენადობა თანაბრად მიმდინარეობს. ეს ყველაფერი აუძეობს არა მარტო ძნელდეფორმირებადი ლითონების (მოლიბდენი, ტიტანი, ურანი, ცირკონიუმი, ნიობიუმი), არამედ კონსტრუქციული დაბალი და მაღალნახშირბადიანი ფოლადების და შენადნობების დეფორმირების პირობებს. ამასთან დარტყმის სიჩქარის ზრდა უარყოფითად მოქმედებს შტამპებისა და საერთოდ უროს კონსტრუქციაზე (იზრდება საკონტაქტო ძაბვები, მათი პიკური მნიშვნელობები და სხვ.). ამიტომ შტამპების და უროს კონსტრუქციის ელემენტების მედეგობის გაზრდის მიზნით შეზღუდულ იქნა დარტყმის სიჩქარის მნიშვნელობები 18-20 მ/წმ-ის ფარგლებში.

მაღალი სიჩქარის უროები წარმოებაში გამოჩნდა 60-იან წლებში. მათ ძირითადად იყენებდნენ ძნელდეფორმირებადი ლითონებისა და შენადნობებისაგან ზუსტი დეტალების შტამპვისათვის.

ენერგომატარებლის მიხედვით, მაღალი სიჩქარის უროები იყოფა: აირჰიდრავლიკური, პნევმატიკური, აირის და აფეთქების; მუშა საკნის კონსტრუქციით—ერთკამერიანი და ორკამერიანი; მუშა მასების მოძრაობის მიმართულებით—ზედა და ქვედა დარტყმის; სადგარის განლაგებით—ვერტიკალური და ჰორიზონტალური.

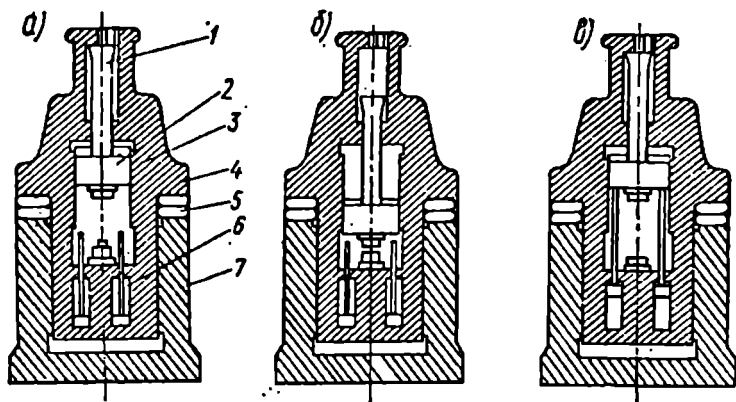
აღნიშნული უროები მზადდება ორი პრინციპული სქემით: 1. უროები, რომლებშიც დარტყმის მიმღებ სისტემას ამორტიზატორის

მსგავსად ელასტიკური საყრდენი აქვს და 2. უროები, რომლებშიც უშაბოტო უროების მსგავსად შემხვედრ დარტყმებს აქვს ადგილი.

აღნიშნული უროები პირველად 1959 წელს აშშ-ში გამოჩნდა „დინაპაკის“ სახელწოდებით. მათი მოწყობილობის სქემა მოცემულია 61-ე ნახ-ზე. მთლიან ჩარჩოს 3, რომლის ქვედა მასიური ნაწილი შაბოტია, გვერდებში აქვს კონსოლური ნაწილები 4, იგი პაერით გაბერილი რეზინის ამორტიზატორების 5 მეშვეობით ეყრდნობა ფუნდამენტზე დამაგრებულ საყრდენ სადგარებს 7, რომლებიც ამავე დროს მიმართველების როლს ასრულებენ. ჩარჩოს 3 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია დგუშიანი ამწევი პიდროცილინდრი 6, რომელშიც გამოიყენება როტაციული ტუმბოებიდან მოწოდებული ზეთი, წნევით 11-20 მგ/მ² (110-200 კმ/სმ²). ჩარჩოს ზედა ნაწილში არის ცილინდრი, რომლის ყვინთა 1 ხისტადაა ცოციასთან 2 შეერთებული.

ცილინდრის სახურავში (ნახ.62) ჩამაგრებულია ოთხკუთხა კვეთის არავულკანიზებული რეზინის რგოლი 4.

უროს მუშა ციკლი შემდეგი ეტაპებისაგან შედგება. დასაწყისში კუტი იმყოფება ქვედა მდგომარეობაში. მართვის ღილაკის მეშვეობით

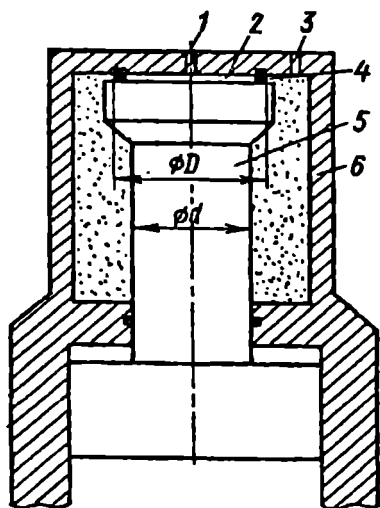


ნახ.61. აირპიდრავლიკური მაღალი სიჩქარის უროს სქემა

1 და 3 მიღგაყვანილობიდან (ნახ.62) მაღალი წნევის აზოტით ივსება ცილინდრი. შემდეგ ჩართავენ ამწევი პიდროცილინდრებს 6 (ნახ.61),

კუტი იწევა ზემოთ, ვიდრე არ მიეხილება მამჭიდროებელ რეზინის რგოლს. ამ მომენტში 1 მილგაყვანილობა იღება და 2 სივრცეში მოქცეული აირი გაედინება ატმოსფეროში, ამწევი ცილინდრების 6 დგუშები კი ქვემოთ ეშვება. უროს მუშა მასები (ყვინთა და კუტი) რჩება ზედა ჩამოკიდებულ მდგომარეობაში, ვინაიდან ყვინთას ქვედა რგოლურ ფართობზე $\pi/4(D^2 - d^2)$ მოქმედი აირის წნევა p მას ცილინდრის სახურავს მიაბჯენს.

დარტყმის მისაღებად მართვის პულტის ლილაკს აჭერენ, რის შედეგად მაღალი წნევის აირი 1 მილგაყვანილობიდან 2 სივრცეში შევა, დგუშის ზედა ფართობზე $F = \frac{\pi D^2}{4}$ იმოქმედებს წნევა, რომელიც მის ქვედა რგოლურ ფართობზე მოსულ წნევას აღემატება და დგუში იწყებს ქვემოთ აჩქარებულ სვლას, რადგან ცილინდრში მოქცეული მაღალი წნევის აირი იმოქმედებს მასზე. დარტყმის



ნახ.62. მაღალი სიჩქარის უროს ცილინდრის სისტემის სქემა

სიჩქარე დამოკიდებულია მუშა ნაწილების მასასა და აირის წნევაზე. დარტყმისთანავე ჩაირთვება ამწევი ცილინდრები, დგუში იკავებს თავის (ზედა) მდგომარეობას და იხსნება 1 მილგაყვანილობა. მაშასადამე, დარტყმის პროცესის განსახორციელებლად საკმარისია 2 სივრცეში 1 მილგაყვანილობიდან მიეწოდოს მაღალი წნევის აირი.

როგორც ვნახეთ, უროს მუშაობის პროცესში არ მონაწილეობს მილგაყვანილობა 3, რომელიც მუდმივად შეერთებული შეკუმშული აირის ბალონებთან. უროს მუშაობის ენერგოდანახარჯი

გამოიხატება ყოველი დარტყმისას სივრცის 2 ტოლი მოცულობის

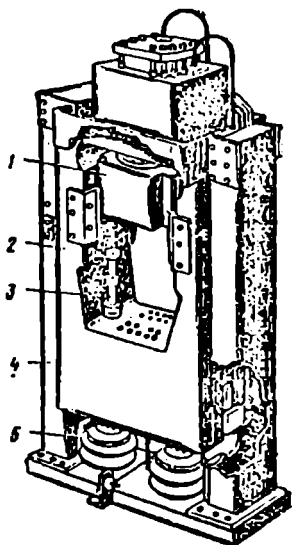
აირით. გარდა ამისა, ენერგია იხარჯება ამწევი ჰიდროცილინდრების ტუმბოების სამუშაოდ.

მაღალი სიჩქარის უროებს აქვს აგრეთვე როგორც ქვედა, ისე ზედა ჰიდრაულიკური ამომგდები. სელათა რიცხვი შედარებით ნაკლებია-1-12 სელა წუთში. ერთი მუშა ციკლის დრო 5-დან 60-მდეა. მიუხედავად ამისა, აღნიშნული უროების მწარმოებლობა მაინც საკმარისად მაღალია, ვინაიდან შტამპვა ერთი დარტყმით წარმოებს.

კუტის ქვემოთ მოძრაობისას (დარტყმამდე) იმის გამო, რომ აირის წნევა თანაბრად ნაწილდება ცილინდრის კედლებზე, იგი აიზიდავს ჩარჩოსაც 3 (ნახ.63). ამით ამორტიზატორები 5 განიტვირთება და ჩარჩო გადაადგილდება ვარდნილი კუტის შესახვედრად. ამრიგად, ჩქაროსნული უროების სისტემაში ადგილი აქვს გარკვეული ხარისხის შემხვედრ დარტყმას. უროს საერთო ხედი მოცემულია ნ3-ე ნახ-ზე.

არსებობს აგრეთვე მაღალი სიჩქარის აირჰიდრაულიკური უროები, რომლებშიც ადგილი აქვს კუტების შემხვედრ მოძრაობას. ასეთი უროები პირველად აშშ-ში 1962 წელს გამოჩნდა. მათი მუშაობაც დამყარებულია შეკუმშული აზოტისა და ჰიდრაულიკის გამოყენებაზე.

დღეისათვის მსგავს საშტამპავ მანქანებს ამზადებენ სხვადასხვა ფირმები, მათ შორის ყოფილი საბჭოთა კავშირიც („ენიკმ-აშის“ კონსტრუქცია), რომლის ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია მე-9 ცხრილში.



ნახ.63. მაღალი სიჩქარის უროს საერთო ხედი

პარამეტრის დასახელება	მოდელი			
	M 7344	M 3348	M 3525	M 7354
დარტყმის ენერგია, კჯ (მმ) სკლა, მმ	25 (2,5) 275	63 (6,3) 315	160 (16) 450	250 (25) 500
დარტყმის მაქსიმალური სიჩქარე, მ/წმ	18	20	20	20
მაგიდის ზომა, მმ	380X400	400X500	450X530	565X565
კუთის წინა ხედის ზომები, მმ	315X330	360X360	340X380	450X565
შტამპის მინიმალური სიმაღლე, მმ	335	375	530	655
ციკლის ხანგრძლივობა, წმ	5	8	9	9
აზოტის მაქსიმალური წნევა, მნ/მ ² (კგ/სმ ²)	6 (60)	11 (110)	11 (110)	11 (110)
ამომგდების ძალა, მნ (ტმ)	11 (110)	20 (200)	20 (200)	20 (200)
ზეთის წნევა, მნ/მ ² (კგ/სმ ²)				
ზელა	–	1,12 (12)	–	0,25 (25)
ქველა	0,12 (12)	0,2 (20)	0,32 (32)	0,4 (40)
ამომგდების სკლა, მმ				
ზედასი	–	30-130	–	200
ქვედასი	120	120	150	200
ძრავის სიმძლავრე, კვტ	30	80	115	110
სიმაღლე იატაკის დონიდან, მმ	2720	3840	3640	4650
ზომები გეგმილზე, მმ	X 3880	X 3865	X 6100	X 8000
დანადგარის წონა, კნ(ტ)	48 (4,8)	135 (13,5)	270 (27)	450 (45)

VI თავი

იმპულსური მოქმედების მანქანები და დანადგარები

სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების კლასიფიკაციით აღნიშნული მანქანები დამოუკიდებელ მე-5 ჯგუფად არის წარმოდგენილი. ისინი არსებითად განსხვავდებიან დანარჩენი ოთხი ჯგუფის მანქანებისაგან. იმპულსური მოქმედების მანქანებზე შედარებით მწირი მასალები მოიპოვება. აღნიშნულ მანქანებში მადეფორმირებელი ძალის მოქმედება დარტყმით ხასიათს ატარებს (როგორც ურობში), ამიტომ მიზანშეწონილია მათი განხილვა მოცემულ სახელმძღვანელოში.

6.1. ზოგადი მონაცემები, მოქმედების პრინციპი, კლასიფიკაცია

იმპულსური მოქმედების სამჭედლო-საშტამპავ მანქანებს მიეკუთვნება მექანიკური სისტემები (ჰიდრომექანიკური, ელექტრომექანიკური და სხვ.), რომლებშიც დასამუშავებელ მასალაზე ენერგომატარებლის ან გადამცემი გარემოს ზემოქმედება ხორციელდება გარემოს ფიზიკურ კონსტანტას (მუდმივაზე) ისეთი სიჩქარით, როცა მუშა დრო ორ და მეტჯერ ნაკლებია სისტემის თავისუფალი რხევის დროზე. ჩვეულებრივად ეს დრო იზომება წამის მეათასედსა და მეათიათასედებში.

იმპულსური მოქმედების სამჭედლო-საშტამპავ მანქანებში იმპულსის ენერგიის წყაროებია (ენერგომატარებელი): ჰიდროდარტყმითი ტალღები, ქიმიური ნივთიერებები და ელექტრული მუხტი. ენერგიის გადამცემ გარემოდ გამოიყენება: მყარი სხეულები, სითხე და ელექტრომაგნიტური ველი.

ი.ბოჩაროვის და რ.ისკოვიჩ-ლოტოცკის (1977) წინადადებით მანქანები პირველი მიახლოებით შეიძლება მივაკუთვნოთ იმპულსურს, თუ სადეფორმაციო მასალაზე ზემოქმედების პროცესში

$$\text{grad } \vartheta = \frac{\int_0^{t_m} d\vartheta}{\int_0^{t_r} dt} \approx \frac{\vartheta_m}{t_r} > 10^4, \quad (6.1)$$

სადაც t_r ენერგიის წყაროს განმუხტვის დროა; ϑ_m - გადამცემ გარემოში ზემოქმედების გავრცელების უდიდესი სიჩქარე; მაგალითად, ჰაერში იგი დაახლოებით ტოლია 300 მ/წმ, წყალში - 1500 მ/წმ და ფოლადში - 5000 მ/წმ.

ფურცლოვან ან მილისებრ მასალაზე გარე ძალის ზემოქმედების იმპულსური ხასიათის გამო, დეფორმაციის პროცესი გარე დატვირთვის მოხსნის მერეც შეიძლება გაგრძელდეს ინერციული ძალების მოქმედებით, ე.ი.

$$t_p \leq t_s.$$

იმპულსური ენერგიის წყაროზე, გადამცემი გარემოსა და დასამუშავებელ მასალაზე მოქმედი გარემოს მიხედვით იმპულსური მანქანები სხვადასხვა სახისაა. იმპულსური მანქანების მთავარ პარამეტრად იმპულსის ენერგია ითვლება, ამიტომ მათ ძირითად განმასხვავებელ ნიშნად სწორედ იმპულსის ენერგიის წყაროს სახეა მიღებული.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, არსებობს შემდეგი ტიპის იმპულსური მანქანები:

- I. ჰიდროიმპულსური;
- II. აირის უროები,
- III. აირის იმპულსური,
- IV. აფეთქების იმპულსური,
- V. ელექტროჰიდრაულიკური იმპულსური,
- VI. მაგნიტურ-იმპულსური.

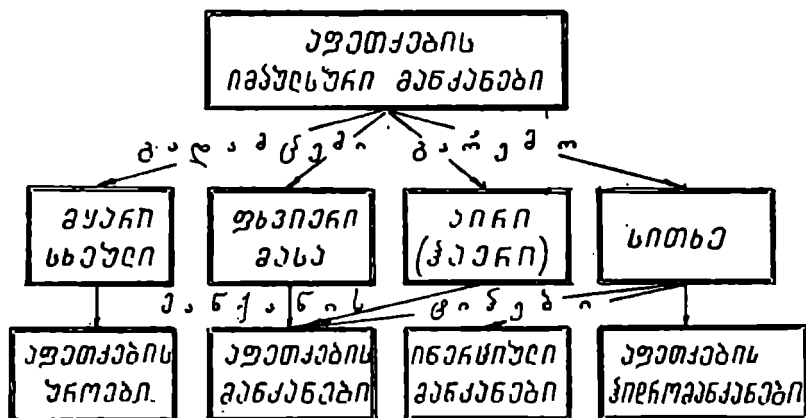
განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

6.2. აფეთქების იმპულსური მანქანა

აფეთქების იმპულსურ მანქანას მიეკუთვნება ისეთი მადეფორმირებელი მანქანა, რომელშიც დენთის ან სხვა ასაფეთქებელი ნივთიერების სწრაფი წვით გამოწვეული იმპულსი გამოყენებულია მუშა მადეფორმირებელი მასების აჩქარებისათვის ან უშუალოდ მასალის (ნამზადის) დეფორმაციისათვის. მისი კლასიფიკაცია მოცემულია 64-ე ნახ-ზე.

აფეთქების უროების მოქმედების პრინციპი და გაანგარიშება პირველად კონენენკომ (1958) მოგვცა.

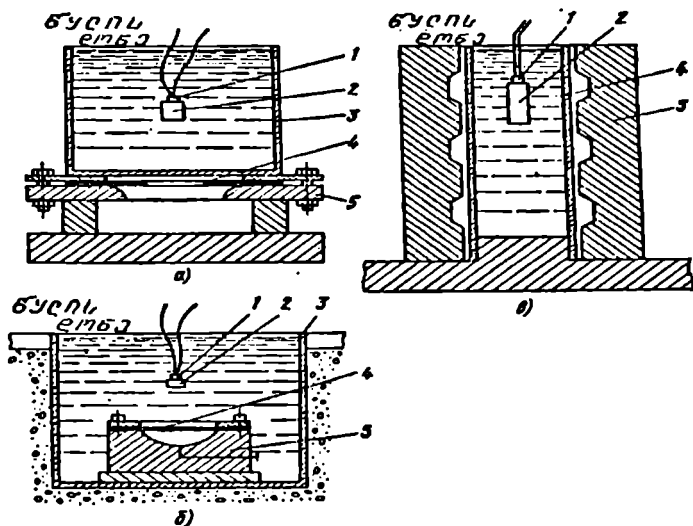
ფურცლოვანი მასალების აფეთქებით შტამპვის პროცესი დ. პიხტოვნიკოვმა (1949) განახორციელა.



ნახ.64. აფეთქების იმპულსური მანქანების კლასიფიკაცია

აფეთქებით შტამპვისას ნამზადის ფორმაცვლილების ორი ძირითადი ზერხი არსებობს (ნახ.65): 1) თავისუფალი, როცა ბრტყელი ნამზადი 4 მატრიცაში 5 ღებულობს რგოლისებრ ფორმას თავისუფალი გამოსასვლელით (ნახ.65,ა); 2) შეზღუდული, როცა ბრტყელი ნამზადიდან ეღებულობთ მოცემული ფორმის გუმბათოვან ნაწარმს. ნაწარმის ფორმის მიცემა მატრიცაში 5 ზდება, რომლის სიღრმეში წყალი არ არის და ჰაერი ამოტუმბულია (ნახ.65,ბ). ასევე შეზღუდულ მატრიცებში (ნახ. 65,გ), რომელიც მატრიცის ფორმას ღებულობს.

აფეთქებით შტამპვისას ენერგიის წყარო სატყორცნი ან ბრიზანტული ასაფეთქებელი 1 და 2 ნივთიერებები. ასაფეთქებელ ნივთიერებებს ჩვეულებრივ აძლევენ ფურცლის, წნელის მილის და სხვა ფორმებს, იმის მიხედვით, თუ რა მიმართულებითაა საჭირო აფეთქების დარტყმითი ტალღის მიმართვა.



ნახ.65. იმპულსური მანქანები თხევადი გადამცემი გარემოთი

ტექნოლოგიური პროცესის მართვა წარმოებს ასაფეთქებელი ნივთიერების შერჩევით, მისი დოზირებით, მუხტის ოპტიმალური ფორმის დადგენით და ნამზადამდე მანძილით, აგრეთვე ენერგიის გადამცემი გარემოს შერჩევით (წყალი, ჰაერი, ქვიშა) და უსაფრთხოების ელემენტების გათვალისწინებით. აღნიშნული ფაქტორების ცვლილებით ღებულობენ სხვადასხვა წნევებს, რომელთა სიდიდე იცვლება რამდენიმე ათეულიდან ათას მეგაპასკალამდე.

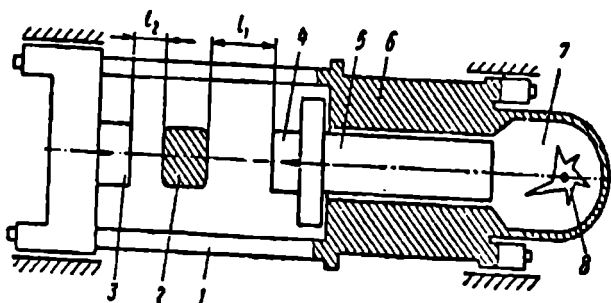
აფეთქებით შტამპვისას მატრიცები მზადდება იაფფასიანი ლითონის სხმულისაგან, ეპოქსიდური ფისებისაგან, კერამიკისაგან და სხვ.

აფეთქებით შეიძლება დაიშტამპოს ნაწარმი, რომელთა დიამეტრი რამდენიმე მილიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდეა, კედლის სისქე 25 მმ-მდე.

აფეთქებით შტამპვისას წნევა 14-1400 მპა-ის ტოლია. წნევის ხანგრძლივობა მილიწამებში იზომება. ლითონის ნაწილაკების გადაადგილების სიჩქარე 30-300 მ/წმ აღწევს, მაგრამ ნამზადის მეზობელ უბნებს შორის ლითონის ნაწილაკების ფარდობითი სიჩქარე გაცილებით დაბალია, ვიდრე ამ ნაწილაკების კრიტიკული სიჩქარე.

6.3. მაღალი სიჩქარის აფეთქების უროები

აფეთქების უროებში ადგილი აქვს დამცემი მასების ინტენსიურ გაქანებას სწრაფი წვის (აფეთქების) ენერგიით. ასაფეთქებელ ნივთიერებად იყენებენ მყარ, აირად ან თხევად ენერგომატარებლებს. ასეთი უროები დამუშავებულ იქნა ხარკოვის ს.კოროლიოვის სახელობის საავიაციო ინსტიტუტში. მათი დანიშნულებაა სორტული ნაგლინის ცივად და ცხლად ჭრა, ბურბუშელას დაბრიკეტება, მოქლონვა და სხვ. (ნახ.66).



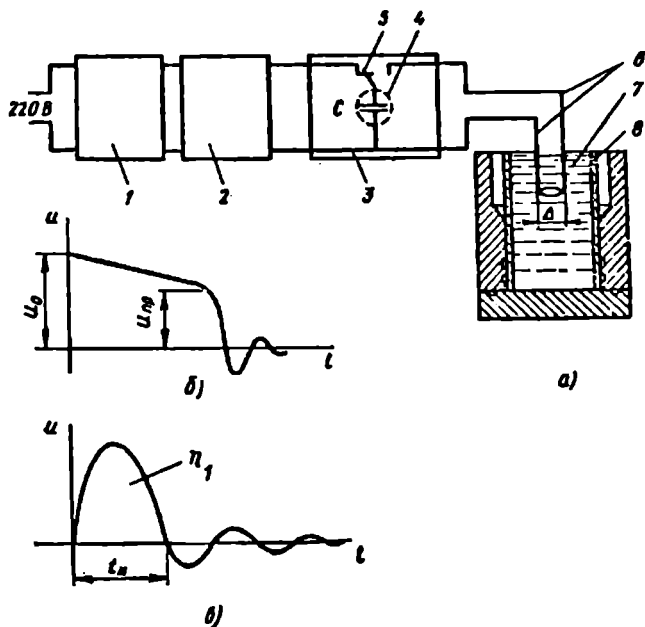
ნახ.66. ლითონსაჭრელი მაღალი სიჩქარის აფეთქების უროს პრინციპული სქემა

ლითონის ნამზადებად ჭრა დამრტყმელ მასებზე დამაგრებული 3-4 დანებით ხდება. დარტყმის შედეგად ჰიდროცილინდრების მეშვეობით დანები საწყის მდგომარეობას ლებულობს.

6.4. ელექტროჰიდრავლიკული იმპულსური მანქანები

სითხეში ლითონის დეფორმაციისათვის ელექტრული განმუხტვის ენერჯის გამოყენების ხერხი მოგვცა ლ.იუტკინმა (1955).

110-220 ვ ძაბვის ქსელიდან ელექტროენერჯია მიეწოდება კეების 1 ბლოკს (ნახ.67), სადაც ძაბვა 20-25 კვ-მდე მატულობს, შემდეგ



ნახ.67. ჰიდროელექტროგანმუხტვის მანქანის პრინციპული სქემა

იმართება 2 გამმართველი. გარკვეულ პერიოდში ენერჯია გროვდება იმპულსურკონდენსატორიან 4 შემგროვებელში 3. კონდენსატორის ელექტროდებზე საჭირო ძაბვის მიღწევის შემდეგ გადამრთველის 5 მეშვეობით სითხეში ახდენენ 6 ელექტროდებს შორის განმუხტვას. განმუხტვა შეიძლება მოვახდინოთ ელექტროდებს შორის გადადებული ვოლფრამის მავთულით. იმპულსური განმუხტვისას მავთული ორთქლდება, იქმნება დარტყმითი ტალღის წყარო, რომელიც 7 სითხის მეშვეობით 8 ნამზადს გადაეცემა და ახდენს მის დეფორმაციას.

ელექტროდებად იყენებენ ავტომობილის სანთლებს.

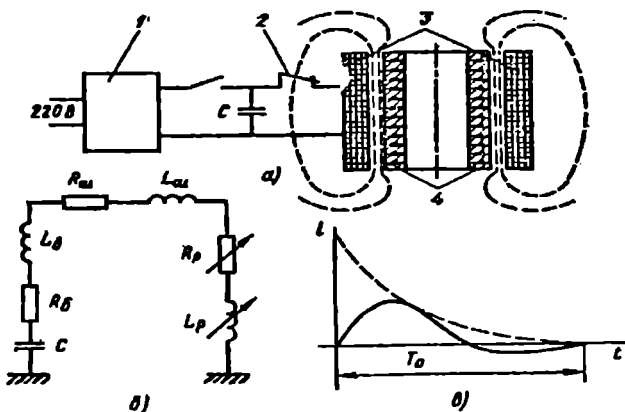
ელექტროკიდრავლიკურ შტამპავს წარმატებით იყენებენ ძნელდფორმირებადი ლითონების და შენადნობების (მოლიბდენი, ვოლფრამი, ბერილიუმი და ტიტანი) ფურცლოვანი და მილისებრი ნამზადების დეფორმაციისათვის.

6.5. მაგნიტურ-იმპულსური მანქანები

ლითონზე იმპულსური ელექტრომაგნიტური ველის ძალური ზემოქმედება პირველად გამოყენებულ იქნა აკად. პ.კაპიცას ექსპერიმენტებში.

ამჟამად გამოშვებულია ლითონდასამუშავებელი საწარმოო მანქანები 20-400 კჯ და მეტი ენერჯის მარაგით, მაგნიტურ-იმპულსური დანადგარების სახელწოდებით.

ლითონის მაგნიტურ-იმპულსური დეფორმაცია დამოკიდებულია კონდენსატორთა ბატარეაში დაგროვილი ელექტრული ველის ენერჯის ($E = 10^6 \div 10^9$ ა/მ) გარდაქმნაზე ინდუქტორში მაგნიტური ველის ენერჯიად, რომელიც, თავის მხრივ, გარდაიქმნება ნამზადის დეფორმაციისათვის საჭირო მექანიკურ მუშაობად (ნამზადში არსებულ დენტან ურთიერთქმედებით).



ნახ.68. მაგნიტურ-იმპულსური მანქანის პრინციპული სქემა

მაგნიტურ-იმპულსური დანადგარის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ-ზე. კონდენსატორის ბატარეა C ტევალობით იტენება მაღალი ძაბვის გამმართველით 1 (სატენი მოწყობილობა) $U = 5 \div 10$ კვ ძაბვამდე და კონდენსატორით 2 (ჩამართველ-გამომართველით) განიმუხტება ინდუქტორზე 3. განმუხტვის წრედში დენი

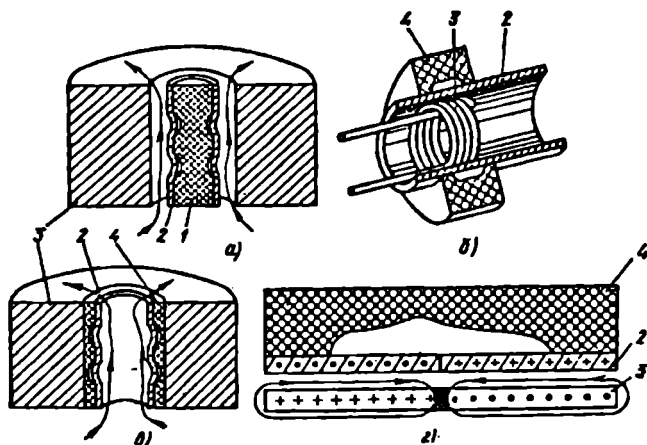
$$i = u \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\frac{R}{2L}t} \sin \frac{A}{\sqrt{CL}}, \quad (6.2)$$

სადაც U ძაბვაა, ვოლტი; C - კონდენსატორის ტევალობა, ფარადი; L - ინდუქტორის ინდუქციურობა, პენრი; R - კონტურის წინაღობა, ომი; t - მოქმედების დრო; წმ.

ნამზადში, როგორც მეორეულ გამტარში, ხდება გრიგალური დენების დაინდუქცეობა, რომელთა ურთიერთქმედება ინდუქციურ ველთან იწვევს ელექტრომექანიკური ძალების წარმოქმნას

$$P = i_1 L_2 i_2 = i_2 L_1 i_1, \quad (6.3)$$

სადაც i_1, i_2 დენის ძალებია, L_1, L_2 - ინდუქციურობა, i_1, i_2 ინდუქტორის და გამტარი-ნამზადის შესაბამისი სიგრძეები.



ნახ.69. მაგნიტურ-იმპულსური შტამპის ხერხები

H დაბაბულობის მაგნიტური ველი ნამზადზე

$$P = 6,6 \cdot 10^{-9} \mu H^2, \quad (6.4)$$

სადაც გარემოს მაგნიტური შეღწევადობაა.

მაგნიტურ-იმპულსურ მანქანებში და შტამპვისას ნამზადის დეფორმირება რამდენიმე ხერხით ხდება (ნახ.69). მილისებრი ნამზადების მოჭიმვას ინდუქტორის 3 მეშვეობით ახდენენ. შედეგად ნამზადი იღებს სამართულის I ფორმას (ნახ.69,ა). შეიძლება აგრეთვე მოვახდინოთ ნამზადის გაწელვა (ნახ.69,ბ,გ). ის ღებულობს მატრიცის სიღრუის ფორმას.

ფურცლოვანი მასალის ბრტყელი დაინდუქციებით მიღებული სქემა მოცემულია 69, დ ნახ-ზე. ამ შემთხვევაში ინდუქტორი 3 ბრტყელია და შესრულებულია არქიმედის სპირალის სახით. ინდუქტორსა და მატრიცას 4 შორის მოთავსებულია ნამზადი 2. ამ სქემით შესაძლებელია ბრტყელ (ფურცლოვან) ნამზადში ამოკვეთისა და გახვრეტის პროცესების წარმოება.

მაგნიტურ-იმპულსურ დანადგარებზე მიზანშეწონილია ისეთი ლითონების და მასალების შტამპვა, რომელთა გამტარობა სპილენძის გამტარობაზე 1/10-ით ნაკლები არ იქნება. დაბალი გამტარობის ფოლადის და სხვა მასალების შტამპვისას ნამზადების სპილენძით, გალვანური ან ალუმინის და სპილენძის კილიტით დაფარვას იყენებენ.

VII თავი

ხრახნული უროები (წნეხები)

7.1. მოქმედების პრინციპი და კლასიფიკაცია

სამჭედლო-სამშტამპავი მანქანების მიღებული კლასიფიკაციის მიხედვით ხრახნული მანქანები, როგორც დარტყმითი მოქმედების მქონე უროებს მიეკუთვნება. ჩვეულებრივად, პრაქტიკაში მათ წნეხებსაც უწოდებენ. აღნიშნულ მანქანებში ლითონის დეფორმაციისათვის გამოყენებულია მუშა მასების ბრუნვითი და გადაადგილებითი კინეტიკური ენერგია, რომელიც შემსრულებელ კვანძს გადაეცემა ხრახნული მუშა მექანიზმის მეშვეობით. ამძრავად გამოყენებულია ისეთი ელექტროძრავები და სპეციალური გადამცემი მექანიზმები, როგორებიცაა: მექანიკურ-ფრიქციული, ელექტრული და ჰიდრავლიკური ან პნევმატიკური. მუშა სვლის პროცესში ამძრავი, როგორც წესი, არ მოქმედებს მუშა შემსრულებელ მასებზე და მათი მოძრაობა კინემატიკურად თავისუფალია.

ხრახნული უროების მოქმედების ზოგადი პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ ამძრავი ნაჭედის მიმართულებით მოძრაობისას მუშა ნაწილებს (მქნევარა, ცოცია და ზედა შტამპი) ანიჭებს გაქანებას და, როგორც აღენიშნეთ, უშუალოდ დეფორმაციაში არ მონაწილეობს.

ცხრილი 10

ძირითადი ნიშნები	კლასიფიკაცია			
	1	2	3	4
ამძრავის გადამცემი მექანიზმის ტიპი	ფრიქციული	ელექტრული	პნევმატიკური	ჰიდრავლიკური
მოქმედების ჯერადობა	უბრალო ერთი ცოცია	ორმაგი ცოციების შემხვედრი მოძრაობით	ორმაგი ცოციების თანხვედრი მოძრაობით	სამმაგი და მრავალჯერადი ცოციების კომბინირებული მოძრაობით
ხრახნის კინემატიკური მდგომარეობა	უძრავი	ხაზოვანი მოძრაობა	ბრუნვითი მოძრაობა	ხრახნული მოძრაობა
ამძრავის ზემოქმედება	ძალით	მბრუნავი მომენტით	—	—
ამძრავის ზემოქმედების ობიექტი	ხრახნი	ქანჩი	ცოცია	—
ტექნოლოგიური დანიშნულება	უნივერსალური	მოცულობითი შტამპვა	კვერვა (ღუნვა)	ღაწნეხვა

აღნიშნული მანქანებიდან მრეწველობაში ყველაზე ფართოდ ორბადროიანი ფრიქციული ხრახნული უროები (წნეხები) გამოიყენება.

7.2. ფრიქციულ-ხრახნული უროები (წნეხები)

ფრიქციულ-ხრახნული ურო შედგება (ნახ.70) A სადგარისაგან, რომელიც დამზადებულია თუჯის ან ფოლადის სხმულისაგან. სადგარის ზედა განივას შუაში ჩამაგრებულია მილისი - ქანჩი B, რომელშიც გადის ხრახნული შპინდელი C. ქანჩს სწორკუთხა ან ტრაპეციოლური კბილები აქვს. შპინდელის ზედა ბოლოზე ხისტადაა ჩამაგრებული მქნევარა D, რომლის ფერსოზეც გადაჭიმულია ტყავის თასმა ან ფერადოს ლენტის. შპინდელის ქვედა ბოლო სახსრულადაა შეერთებული ცოციასთან.

მქნევარას ზემოთ განლაგებულია პორიზონტალური ამძრავი ლილვი. რომელზედაც ხისტადაა ჩამაგრებული ვერტიკალური ბადროები. მათ შორის მანძილი ოდნავ (3-5 მმ-ით) აღემატება მქნევარას გარე დიამეტრს. პორიზონტალური ლილვი თავისი ღერძის გასწვრივ გადაადგილდება, მქნევარას კი შეხება ერთ-ერთი ბადრო. მბრუნავ ბადროსა და მქნევარას ფერსოს შორის აღძრული ხახუნის ძალა გამოიწვევს ამ უკანასკნელის ბრუნვას საათის ისრის ან მის საპირისპირო მიმართულებით, ამავე დროს გადაადგილდება ზემოთ ან ქვემოთ იმის მიხედვით, თუ რომელი ბადრო შეეხო მქნევარას (მარჯვენა თუ მარცხენა).

ჩვეულებრივ მარცხენა ბადრო მქნევარას ქვემოთ სწევს, ხოლო მარჯვენა-ზემოთ. მქნევარასთან ერთად კუტიც გადაადგილდება ქვემოთ ან ზემოთ.

ბადროებიანი მბრუნავი ლილვის ღერძული გადაადგილება და მქნევარაზე მიჭერა მართვის მექანიზმით ხდება. ეს მექანიზმი ორი სახისაა: ხელის და ჰიდრო ან პნევმომოწყობილობით (ე.წ. სერვოამძრავით).

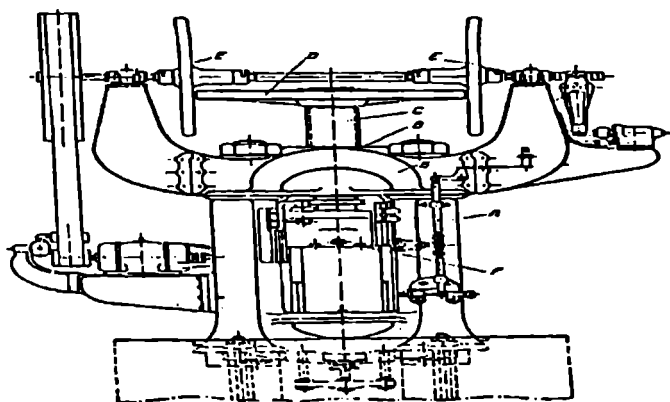
ნაჭედის პლასტიკური დეფორმაციის ანუ მუშა სვლის პერიოდში უროს საცემელი ნაწილები (მქნევარა, შპინდელი, ცოცია საცემელი) წარმოადგენს თავისუფალ სისტემას. ამ დროს არც ერთი ბადრო არ ეხება მქნევარას, მუშა სვლა (ისევე, როგორც უროებში)

ხორციელდება საცემელი ნაწილების მიერ დაგროვილი კინეტიკური ენერჯით.

კუტის ქვემოთ აჩქარებულ სვლას ხელს უწყობს აგრეთვე ის, რომ შპინდელის ხრახნი არამამუხრუჭებელია, ე.ი. ბადროების ზემოქმედების გარეშეც შპინდელი (მასზე დამაგრებული ცოციით) თავისთავად ეშვება ქვემოთ. შპინდელის აჩქარებულ ვარდნას ხელს უწყობს ბადროებისა და მბრუნავი მუშა ნაწილების ბრუნვითი მოძრაობის კინეტიკური ენერჯია.

ცოციას ზედა მდგომარეობაში გაჩერებას, მცირე ტონაჟის უროებში, ამწევი ბადრო ახდენს, რომელიც ებჯინება და აწევის შემდეგ აჩერებს მქნევარას. დიდი ტონაჟის უროებში კი გათვალისწინებულია სპეციალური მუხრუჭი.

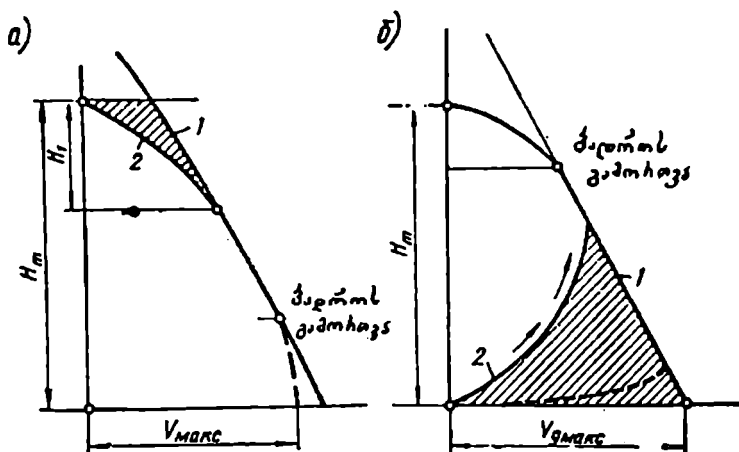
მუშა სვლის განსახორციელებლად საჭიროა დავაჭიროთ სახელურს ან გამშვებ ღილაკს, ამ დროს ერთ-ერთი ბადრო (ჩვეულებრივ, მარცხენა) ეხება მქნევარას. ბადროს აქვს გარკვეული წრიული სიჩქარე, ხოლო მქნევარას სიჩქარე ბადროს შეხების მომენტში ნულია. მქნევარა თანდათანობით იძენს სიჩქარეს და თან ქვემოთ ეშვება. ამასთან მისი შეხების წერტილი ბადროსთან თანდათან ცილდება ბადროს ბრუნვის ღერძს, რაც წრიული სიჩქარის მატებასთანაა დაკავშირებული. მაშასადამე, მქნევარას დაშვებასთან ერთად მატულობს მისი წრიული სიჩქარე, ე.ი. ვარდნის სიჩქარე. დარტყმის წინ ბადრო ავტომატურად სცილდება მქნევარას ფერსოს, მუშა ნაწილი კი - შეძენილი კინეტიკური ენერჯით დარტყმას ახდენს.



ნახ.70. ფრიქციულ-ხრახნული უროს (წნეხის) საერთო ხედი

დარტყმის შემდეგ მქნევარას ებჯინება ამწევი მარჯვენა მბრუნავი ბადრო, რომელიც მისგან დიდი რადიუსითაა დაცილებული, ე.ი.

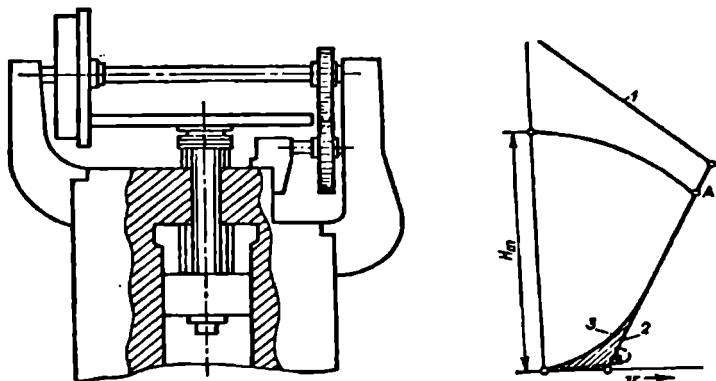
V_{max} მაქსიმალური წრიული სიჩქარით. ვიდრე მქნევარას წრიული სიჩქარე გაუტოლდება ბადროს წრიულ სიჩქარეს, ადგილი აქვს მნიშვნელოვან სრიალს ბადროსა და მქნევარას ფერსოს შორის, რაც ენერგიის კარგვას იწვევს. 71-ე ნახ-ზე მოცემულია მქნევარას ფერსოს წრიული სიჩქარის ცვლილებების გრაფიკი მისი ქვემოთ და ზემოთ მოძრაობისას.



ნახ.71. მქნევარას დისკოს წრიული სიჩქარის ცვლილების გრაფიკი: ა - ცოცხის ქვემოთ სვლისას, ბ - ცოცხის აწევისას; 1 - ბადროს წრიული სიჩქარის ცვლილება, 2 - მქნევარას ფერსოს წრიული სიჩქარის ცვლილება

ორბადროიან უროებში მქნევარას აწევისას ენერგიის დანაკარგის შემცირების მიზნით შემუშავებულ იქნა სამბადროიანი ფრიქციულ-ხრახნული უროების კონსტრუქცია (ნახ.72), სადაც ამწევი ბადრო შეცვლილია ორი მცირე ზომის ბადროთი. მათ შორის კბილა გადაცემა უზრუნველყოფილია ერთნაირი წრიული სიჩქარით შეხების უბანში. ორი ბადროთი აწევისას ენერგიის დანაკარგი სრიალზე მნიშვნელოვნად შემცირდა (დაშტრიხული ფართობი დიაგრამაზე), რადგან უძრავი მქნევარას აწევა დაბალი წრიული სიჩქარით იწყებოდა და შემდეგ თანდათან მატულობდა (ნახ.72).

უნდა აღინიშნოს, რომ სამბადროიანმა უროებმა (წნეხებმა) ვერ გაამართლა კონსტრუქციის სირთულის, მცირე სვლათა რიცხვისა და დაბალი მქ კოეფიციენტის გამო.



ნახ.72. სამბადროიანი ფრიქციული ხრახნული უროს (წნეხის) სქემა და სიჩქარეთა გრაფიკები: 1 - ზედა ამწევი ბადროს წრიული სიჩქარის ცვლილება; 2 - იგივე ქვედა ამწევი ბადროსი; 3 - მქნევარას ფეროს წრიული სიჩქარის ცვლილებების გრაფიკი; A - ამწევი ბადროს გამორთვის მომენტი

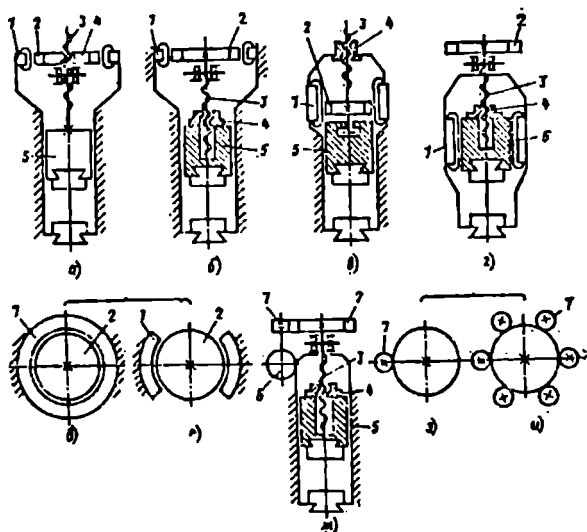
7.3. ჰიდროხრახნული უროები (წნეხები)

ფრიქციული ამძრავის დიდი გაბარიტებისა და არასრულყოფის გამო, დამუშავებულ და პრაქტიკულად განხორციელებულ იქნა ხრახნული უროების ახალი კონსტრუქცია ჰიდრავლიკური (ან პნევმატიკური) ამძრავით.

პირველი ჰიდროხრახნული ურო ხრახნზე მოქმედი ჰიდროამძრავით გამოიგონა ე.ბიერმა 1914 წელს, ხოლო ხრახნზე ბრუნვითი მოძრაობის მქონე ამძრავით - გ.კონკურანდმა 1916 წელს (ავსტრია).

აღნიშნული უროების მუშა სვლის პროცესი არსებითად იგივეა, რაც ფრიქციულ-ხრახნულ უროებში, კერძოდ, დასამუშავებელი მასალის დეფორმაცია ხდება უროს მოძრავი ნაწილების, ძირითადად, მქნევარას ბრუნვითი მოძრაობის კინეტიკური ენერჯიის მარაგით. ამჟამად ასეთ უროებს ამზადებს ჩეხოსლოვაკია, გერმანია, პოლონეთი, საფრანგეთი, ბელგია, ინგლისი, იაპონია, იტალია და ყოფილი საბჭოთა

კავშირი. აქედან ჩანს, რომ ჰიდროხრაზნულმა უროებმა საკმაო გავრცელება პოვა. მათ აგებენ სხვადასხვა კონსტრუქციული სქემებით (ნახ.73).



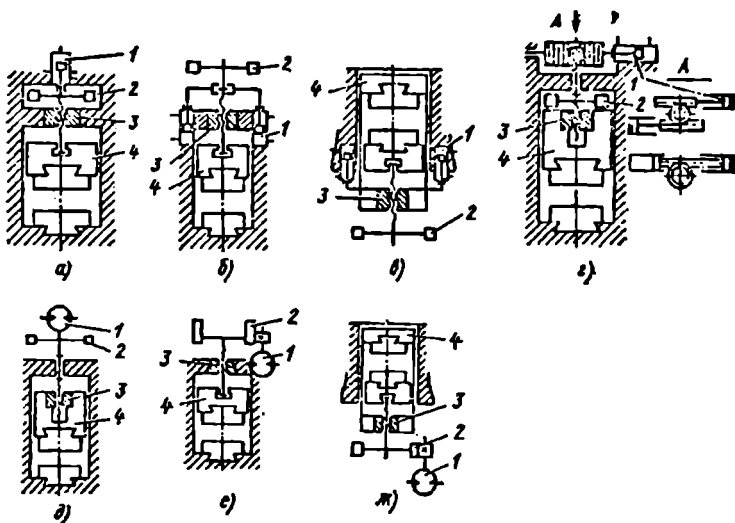
ნახ.73. ჰიდროხრაზნული უროების (წყნახრანული)

73,ა-დ ნახ-ზე მოცემულია ჰიდროხრაზნული უროების კონსტრუქციული სქემები, რომლებიც ერთმანეთისაგან უროს მუშა ნაწილებზე ჰიდროცილინდრის ჭოკის ზემოქმედების ხასიათით განსხვავდება. ერთ შემთხვევაში იგი მოქმედებს მქნევარაზე, მეორეში-ხრაზნზე, მესამეში-ცოციაზე. ჰიდროცილინდრი შეიძლება მოქმედებდეს ლარტყზე, რომელიც კბილანას და ხრაზნს მქნევარასთან ერთად აბრუნებს.

73,ე-თ ნახაზეზე მოცემულია ჰიდროხრაზნული უროების კონსტრუქციული სქემები ბრუნვითი მოძრაობის ჰიდროძრავებით. ერთ შემთხვევაში ჰიდროძრავა უშუალოდ აბრუნებს მქნევარას და ხრაზნს, ხოლო მეორე და მესამე შემთხვევებში-კბილა გადაცემის მეშვეობით. მეორე კონსტრუქციაში მქნევარას კბილა და ფერსოს სიმაღლე უნდა აღემატებოდეს ცოციას მაქსიმალური სვლის სიღიღეს.

7.4. ელექტროხრახნული უროები (წნეხები)

პირველი ელექტროხრახნული ურო წერილი სტატორით გამოიგონა ა.გოლოვანმა 1932 წელს, ხოლო რკალური სტატორით - ვ.სტოკოლოვმა 1960 წელს. ელექტროხრახნული უროები ორი კონსტრუქციული სახისაა: 1) ურედუქტორი (ნახ.74), რომლებშიც მქნევარას 2 და მასთან შეერთებულ ხრახნს 3 გაქანებას ანიჭებს სტატორის I მობრუნალი ელექტრომაგნიტური ველის ძალები. მქნევარა ასრულებს ასინქრონული ელექტროძრავას როტორის როლს, წერილი (ჩაკეტილი) (ნახ.74) ან რკალური (გახსნილი) (ნახ.74) სტატორი უძრავადაა დამაგრებული უროს სადგარზე;



ნახ.74. ელექტროხრახნული უროების (წნეხების) პრინციპული კონსტრუქციული სქემები

2) რედუქტორიანი ამძრავით. ამ დროს მქნევარას ბრუნვითი მოძრაობა გადაეცემა ერთი (ნახ.74) ან რამდენიმე (ნახ.74) სპეციალური შესრულების ასინქრონული 2 ელექტროძრავასაგან, კბილა გადაცემის 7 მეშვეობით.

ლიტერატურა

1. Кузнечно-штамповочное оборудование. Под ред. инж. А.Н. Банкетова и д.-ра техн. наук Е.Н. Ланского. Москва: Машиностроение, 1982.- 574 с.
2. Залесский В.И. Оборудование кузнечно-прессовых цехов. Москва: Высшая школа, 1973.- 629 с.
3. Зимин А.И. Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства. Часть 1. Молоты. Москва: Машгиз, 1953.- 459 с.
4. Раскинд В.Л. Справочник молодого кузнеца-штамповщика. Москва: Высшая школа, 1985.
5. Ковка и штамповка. справочник. Том 1. Москва: Машиностроение, 1985.

შინაარსი

შესავალი	3
სამჭედლო-საშტამპავი მანქანების ზოგადი კლასიფიკაცია და სტრუქტურა	5

უ რ ო ბ ი

I თავი. ზოგადი მონაცემები	
1.1. უროების კლასიფიკაცია	10
1.2. დარტყმის პროცესი და მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტი	13
1.3. უროს დამცემ ნაწილებზე მოქმედი ძალები	23
1.4. მასისა და სინქარის გავლენა დარტყმის ეფექტურობაზე	26
II თავი. ორთქლ-ჰაერის უროები	29
2.1. ორთქლჰაერის უროების დანიშნულება და გამოყენების არე	29
2.2. ენერგომატარებლები და მათი მახასიათებლები	29
2.3. ორთქლზე მომუშავე უროს დანადგარის სქემა	31
2.4. შეკუმშულ ჰაერზე მომუშავე უროს დანადგარის სქემა	33
2.5. ორთქლჰაერის უროების მოქმედების პრინციპი და ინდიკატორული დიაგრამა	35
2.6. ორთქლჰაერის უროების მართვა	43
2.6.1. უროების ავტომატური მართვის მოწყობილობა	43
2.6.2. უროს შერეული მართვა	44
2.6.3. უროს ხელით მართვა	45
2.6.4. საშტამპავი უროების მართვის თავისებურება	45
2.7. ორთქლ-ჰაერის უროების კონსტრუქცია და ძირითადი დეტალები	47
2.7.1. ორთქლჰაერის უროების დეტალები	52
III თავი. პნევმატიკური უროები	73
3.1. პნევმატიკური უროების მოქმედების პრინციპი	73
3.2. პნევმატიკური უროების კონსტრუქციული სახესხვაობა და ძირითადი პარამეტრები	76
3.2.1. უბრალო მოქმედების უროები	76

3.2.2. ორმაგი მოქმედების უროები	78
IV თავი. ფრიქციული უროები	84
4.1. ფრიქციულფიცრიანი ურო	85
4.1.1. უროს მართვის მოწყობილობა	86
V თავი. ჰიდრაულიკური და აირჰიდრაულიკური სამტამაპვი უროები	
5.1. მოქმედების პრინციპი და კლასიფიკაცია	89
5.2. აირჰიდრაულიკური მაღალი სიჩქარის უროები	91
VI თავი. იმპულსური მოქმედების მანქანები და დანადგარები	96
6.1. ზოგადი მონაცემები, მოქმედების პრინციპი, კლასიფიკაცია	96
6.2. აფეთქების იმპულსური მანქანები	98
6.3. მაღალი სიჩქარის აფეთქების უროები	100
6.4. ელექტროჰიდრაულიკური იმპულსური მანქანები	101
6.5. მაგნიტურ-იმპულსური მანქანები	102
VII თავი. ხრახნული უროები (წნეხები)	
7.1. მოქმედების პრინციპი და კლასიფიკაცია	105
7.2. ფრიქციულხრახნული უროები (წნეხები)	106
7.3. ჰიდროხრახნული უროები (წნეხები)	109
7.4. ელექტროხრახნული უროები (წნეხები)	111
ლიტერატურა	112

რედაქტორი ლ. მამალაძე
ტექნიკური რედაქტორი ნ. ცირეკიძე
კორექტორი ნ. დოლიძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა გ. კერესელიძის

გადაეცა წარმოებას 28.11.2003 წ. ხელმოწერილია დასაბუქდად
18.11.2004 წ. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. ნაბეჭდი თაბახი 7,25.
საალრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 6,25. ტირაჟი 100 ეგზ.
შეკვეთა № 679

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
მ. კოსტავას 77



სტუ-ს სტამბა, თბილისი, მ. კოსტავას 75