

## დაბოროტობის საფუძვლები ღიბონთა ზეპნობრივად

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს პროფესიულ-ტექნიკური  
განათლების სხელმწიფო კომიტეტმა დაამტკიცა დაამზარე სახელ-  
მძღვანელოდ პროფესიულ-ტექნიკური განათლების სასწავლებ-  
ლებისათვის

წიგნში წარმოდგენილია ლაბორატორიული და პრაქტიკული სამუშაოები ლითონების მექანიკური თვისებების გამოცდის, თერმულ დამუშავების, მაკრო- და მიკროანალიზის, სამსხმელო წარმოების, ლითონების წნეით დამუშავების, შედუღების და ლითონების ჰრით დამუშავების შესახებ. სულ წარმოდგენილია 18 ლაბორატორიული და 7 პრაქტიკული სამუშაო.

თითოეულ ლაბორატორიულ და პრაქტიკულ სამუშაოში გადმოცემულია მოკლე თეორიული ცნობები და საცნობარო მასალები, აგრეთვე სამუშაოს შესასრულებლად საჭირო მეთოდური მითითებები (დავალება, სამუშაოს მიზანი, სამუშაოს შესასრულებლად საჭირო ხელსაწყოები, იარაღები და მასალები სამუშაოს მსვლელობა).

**ლითონების მექანიკური გამოცდები**

ლითონებსა და მათ შენადნობებს ტექნიკაში იყენებენ მათთვის დამახასიათებელი თვისებების მიხედვით, რომლებსაც ყოფენ ფიზიკურ, ქიმიურ, მექანიკურ და ტექნოლოგიურ თვისებებად.

ლითონთა ფიზიკური თვისებებია: ფერი, კუთრი წონა, დნობადობა (დნობის ტემპერატურა), თბოგამტარობა, მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი, ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტი, მაგნიტური თვისებები და სხვ.

ქიმიური თვისებებია სხვადასხვა ქიმიური რეაგენტების მოქმედებისადმი წინააღმდეგობის უნარიანობა (კოროზიამდეგობა, ჟანგვადობა და სხვ.).

მექანიკურ თვისებებს ეკუთვნის: სიმტკიცე, პლასტიკურობა, დრეკადობა, სისალე, დარტყმითი სიბლანტე და სხვ.

ლითონები გარეგანი ძალების ზემოქმედებით იღებენ დრეკად ან პლასტიკურ დეფორმაციას.

დრეკადი ისეთი დეფორმაციაა, რომელიც იხსნება დატვირთვის მოხსნის შემდეგ. პლასტიკური კი ისეთი დეფორმაციაა, რომელიც რჩება დატვირთვის მოხსნის შემდეგაც. ლითონის დეფორმაციის ხასიათი მჭიდრო კავშირშია მათ მექანიკურ თვისებებთან, რომელთა მოკლე განმარტებანი მოცემულია ქვემოთ.

ს ი მ ტ კ ი ც ე ეწოდება ლითონის უნარს წინააღმდეგობა გაუწიოს გარეგანი ძალების მოქმედებას დაურღვევლად.

პ ლ ა ს ტ ი კ უ რ ო ბ ა ეწოდება ლითონის თვისებას მიიღოს ნარჩენი დეფორმაცია გარეგანი ძალის ზემოქმედებით.

დ რ ე კ ა დ ო ბ ა ეწოდება ლითონის თვისებას აღიდგინოს თავისი პირვანდელი ფორმა დეფორმაციის გამომწვევი გარეგანი ძალების მოხსნის შემდეგ.

ს ი ს ა ლ ე ეწოდება ლითონის თვისებას წინააღმდეგობა გაუწიოს მეტი სისალის მქონე სხეულს შეჭრაზე.

ს ი ბ ლ ა ნ ტ ე ეწოდება ლითონის თვისებას წინააღმდეგობა გაუწიოს დარტყმითი ძალების ზემოქმედებას.

ლითონების მექანიკურ თვისებებს საზღვრავენ სათანადო გამოცდების შედეგად, რომლებსაც დატვირთვის ხასიათის მიხედვით ყოფენ სტატიკურ, დინამიკურ და ცვლად-განმეორებად გამოცდებად.

სტატიკურია ისეთი გამოცდები, როდესაც დატვირთვა ნიმუშზე გამოცდის პროცესში წელა და მდოვრედ მიმდინარეობს, რის გამოც ადგილი აქვს გამო-საცდელი ნიმუშის წელ დეფორმაციას. ასეთ გამოცდებს მიეკუთვნება, მაგალი-თად, გამოცდა გაჭიმვაზე, კუმშვაზე, ლენვაზე და სხვ.

დინამიკურია გამოცდა, როდესაც დატვირთვა ნიმუშზე მოქმედებს მყი-სად ან უმნიშვნელო დროის განმავლობაში. ასეთია, მაგალითად, დარტყმით სიბლანტეზე გამოცდა.

ცვლადი-განმეორებითი დატვირთვით გამოცდის დროს დატვირთვა ნი-მუშზე მოქმედობს მყისიად, უფრო ხშირად ლუნვის ან გრეხვის პირობებში. ასეთია, მაგალითად, დაღლილობაზე გამოცდა.

ხშირად მზა დეტალი მანქანის მუშაობისას განიცდის სხვადასხვა ხასია-თის დატვირთვას. მაგალითად, მუხლა ლილვზე მუშაობის დროს მოქმედებს მლუნავი, მგრეხავი, ცვლადი-განმეორებითი, სტატიკური და დინამიკური და-ტვირთვები. ამასთან, გამოსაცდელი ნიმუშის ფორმა ხშირად განსხვავდება დეტალის ფორმისაგან, რადგან დიდი კვეთის დეტალში დეფექტები მეტია მო-სალოდნელი, ვიდრე ნიმუშში. ამიტომ იმისათვის, რომ გამოცდის პირობები დაუახლოვონ საექსპლუატაციო პირობებს, ჩვეულებრივ მექანიკურ გამოცდებ-თან ერთად, მიმართავენ რთულ ძაბვებზე გამოცდებს. ასეთია, მაგალითად, ნი-მუშების საცდელ მანქანაში ცერობად დაყენება, ღრუიანი ნიმუშების გა-მოცდა და სხვ.

მექანიკურ გამოცდებს ასხვავებენ აგრეთვე დატვირთვის ხანგრძლივობი-სა (ხანგრძლივი და ხანმოკლე გამოცდები) და გამოცდის ტემპერატურის მი-ხედვით (შემცილებულ, ნორმალურ და მაღალ ტემპერატურებზე გამოცდა).

## ლაბორატორიული სამუშაო № 1

### ლითონის გამოცდა გაჭიმვაზე

### მოკლე თეორიული ცნობები

გაჭიმვაზე გამოცდისათვის ამზადებენ მრგვალ ან ბრტყელ ნიმუშებს (ბრტყელ ნიმუშებს ამზადებენ ფურცლოვანი მასალების გამოცდისათვის).

ნიმუშები შედგება მუშა და გარდამავალი ნაწილებისა და თავებისაგან. თავები საჭიროა ნიმუშის გამწვევტი მანქანის მომჭერებში დასამაგრებლად. ნიმუშის მუშა ნაწილზე საანგარიშო სიგრძე აღინიშნება  $l_0$ -ით, ხოლო დია-მეტრი —  $d_0$ -ით. მრგვალი ნიმუშებისათვის  $l_0$  გაიანგარიშება ფორმულებით:

$$l_0 = 10d_0 \text{ (გრძელი ნიმუშებისათვის) და}$$

$$l_0 = 5d_0 \text{ (მოკლე ნიმუშებისათვის)}$$

გაჭიმვაზე გამოცდისათვის საჭირო სტანდარტული ნიმუშების ზომები მოცემულია 1-ელ ცხრილში. P-20 და P-5 ტიპის გამწვევტ მანქანებზე ხშირად გამოიყენება 10 მმ დიამეტრის პროპორციული გრძივი ( $l_0 = 100$  მმ) ნიმუშები.

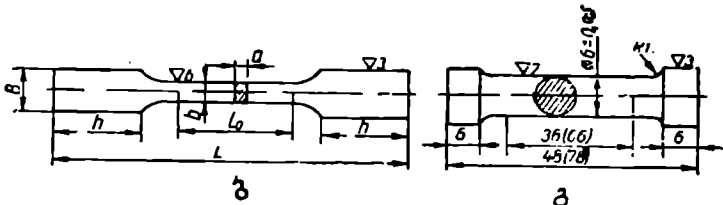
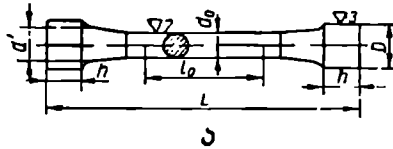


ნიმუშების ზომები გაკვივანზე გამოცდისათვის

ნიმუში	ნიმუშის დიამეტრი $d_n$ მმ	საანგარიშო სიგრძე $l_n$ მმ	ნიმუშის განივკვეთი $F_n$ მმ <sup>2</sup>	ნიმუშის წებადობის სიმბოლური აღნიშვნა
ნორმალური: გრძელი მოკლე	20 20	200 100	314 314	$\sigma_{10}$ $\sigma_5$
პროპორციული გრძელი მოკლე	ნებისმიერი	$11,3\sqrt{F_0}$ $5,65\sqrt{F_0}$	ნებისმიერი იგივე	$\sigma_{10}$ $\sigma_5$

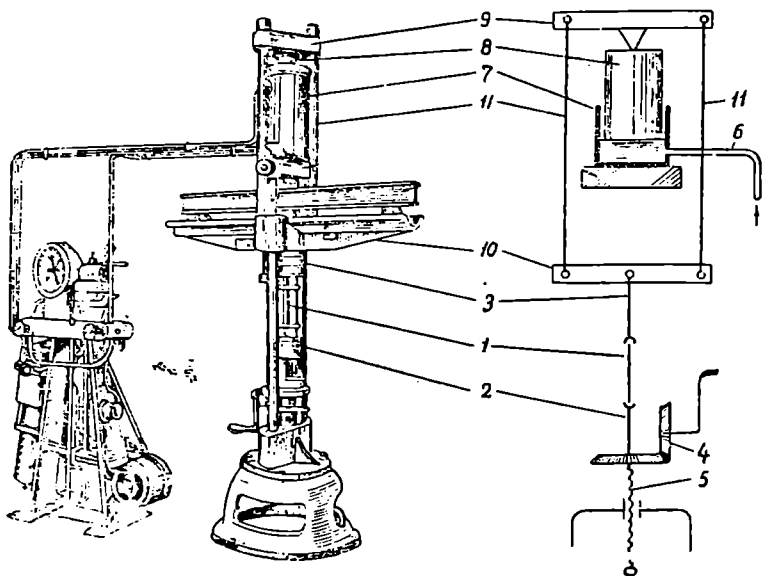
ცდის სიზუსტისათვის გამოსაცდელი ნიმუშის ზედაპირის სისუფთავეს დიდი მნიშვნელობა აქვს, ამიტომ ნიმუშების მუშა ზედაპირს ხეხვით ამუშავებენ (V7).

ნიმუშებს (ნახ. 1), რომლებზეც საანგარიშო სიგრძეა აღნიშნული, გამოცდისათვის ამაგრებენ P-20, P-5 ან ИМ-4P გამწყვეტ მანქანებზე.



ნახ. 1. ნიმუშები გაკვივანზე გამოცდისათვის: ა — მრგვალი ნიმუში P-20 ან P-5 გამწყვეტ მანქანაზე გამოცდისათვის; ბ — ბრტყელი ნიმუში; გ — ნიმუში ИМ-4P მანქანაზე გამოცდისათვის.

P-20 ტიპის გამწყვეტი მანქანა (ნახ. 2). ნიმუშის 1 დამაგრება ხდება ქვედა 2 და ზედა 3 მომჭერებზე. ქვედა მომჭერი 2 კონუსური კბილანების 4 და ხრახნის 5 საშუალებით შეიძლება დაეინებულ იქნეს ნებისმიერ სიმაღლეზე, გამოცდის დროს კი უძრავადაა დამაგრებული. სპეციალური ტუმბო მილის 6 საშუალებით ზეთს ჰირხნის ცილინდრში 7. როცა დგუში 8 იწევს ზევით 9 და 10 განივებისა და საწვევების 11 საშუალებით ძალა გადასცემს ზედა მომჭერს 3, აქედან კი ნიმუშს 1, რის შემდეგაც ნიმუში იჭიმება და წყდება.



ნახ. 2. P-20 ტიპის პორაული უნივერსალური გამწვევტი მანქანა: ა—საერთო ხედი; ბ—სქემა

მანქანას აქვს დატვირთვისათვის განსაზღვრული ტვირთი და დეფორმაციის დიაგრამის ჩამწერი მექანიზმი.

P-5 ტიპის უნივერსალური მანქანა (ნახ. 3). გადაცემა ელექტროძრავიდან 5 ქვედა მომპერზე 2 ხორციელდება სიჩქარის კოლოფის კბილანა გადაცემის, ქანჩისა და სავალი ზრახნის 6 საშუალებით. ქვედა მომპერის 2 აწევ-დაწევა იწვევს ნიმუშის 1 გაკიმვას (ან კუმშვას), რომელიც ბერკეტების სისტემით ზედა მომპერთან 7 გადაეცემა ძალსაზომს 4. მანქანას აქვს თვითჩამწერი ხელსაწყო გაკიმვის დიაგრამის ჩახაზვისათვის. გაკიმვის მაქსიმალური ძალაა 5000 კგ.

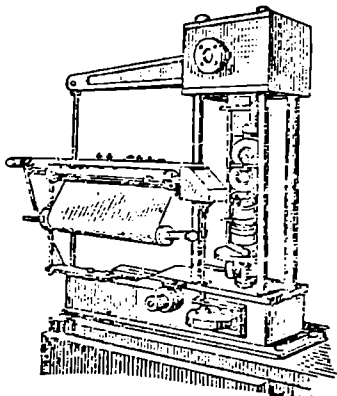
ИМ-4Р ტიპის გამწვევტი მანქანა (ნახ. 4,5). მისი უპირატესობაა გაბარიტის სიმცირე და მომსახურების სიმარტივე.

ნიმუში მაგრდება 1 და 2 მომპერებში. ქვედა მომპერი 1 დაკავშირებულია ზრახნთან 3, ზედა მომპერი მიერთებულია ძალსაზომ მექანიზმთან, რომელიც შედგება ბერკეტისა 4 და ქანქარისაგან 5.

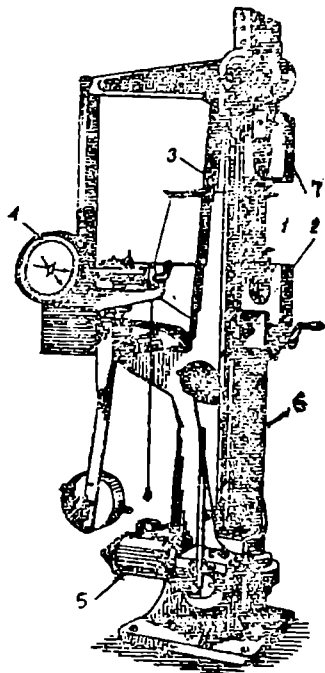
ელექტროძრავიდან 6 ჰიაგადაცემების 15 საშუალებით ზრახნი 3 იწვევს გადაადგილებას, რის გამო ძალა გადაეცემა მომპერებს 1 და 2, ნიმუშს და საზომ სისტემას. ბერკეტი 4 იწვევს, ქანქარა იხრება, ამავე დროს ისარი 7 გადაადგილება სკალაზე 8, რომელზეც აჩვენებს დატვირთვის, ხოლო კალამი 9 ავტომატურად ქაღალდზე 10 წერს მრუდს — კოორდინატებში დატვირთვადეფორმაცია. დოლის 10 ბრუნვა ხორციელდება 12 და 11 კბილანა გადაცემე-

ბის საშუალებით. მანქანას აქვს დატვირთვების ორი სკალა 0—2000 კგ სკალის დანაყოფის ფასია 5 კგ, ხოლო 0—4000 კგ-სა — 10 კგ. დატვირთვა შეიძლება განხორციელდეს ელექტროძრავით ან ხელით. უკანასკნელი გამოიყენება იშვიათად, ზუსტად განსაზღვრულ დრომდე დატვირთვისათვის. ხელით დატვირთვა ხორციელდება სახელურით 13 და ჰია გადაცემით 14. ამ დროს კოლოფის სახურავზე მყოფი ღილაკი უნდა გამოიწიოს, ჰია ხრახნის 14 ჰიაკვილანის 15 ღერძთან მოდების ასაცილებლად. სახელურის საათის ისრის მიმართულეებით ბრუნვა იძლევა დატვირთვას. ხოლო უკუბრუნვა განტვირთვას. თუ მუშაობა ელექტროძრავით ხდება, სახელური უნდა მოიხსნას, ხოლო ღილაკი უნდა ჩაეწიოთ ბოლომდე.

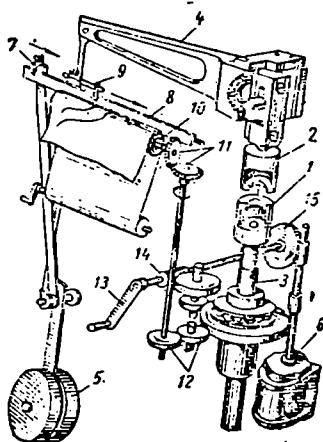
სელის შეცვლა ხორციელდება გადამრთველით. ამ ტიპის გამწევეტი მანქანა იძლევა დატვირთვა-დეფორმაციის მრუდის ჩაწერის საშუალებას, რისთვისაც 408 — 410 მმ სიგანის ქალაღის ლენტის ერთ ბოლოს ახვევენ ქვედა ლილვს I, ხოლო მეორე ბოლოს—ჩამწერ ღოლს 10.



ნახ. 4. ИМ-4Р გამწევეტი მანქანის საერთო ხედი



ნახ. 3. P-5 ტიპის უნივერსალური მანქანის საერთო ხედი



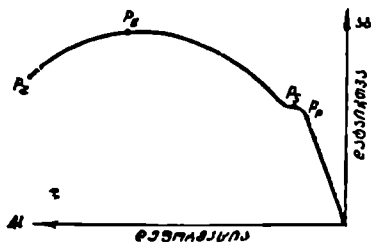
ნახ. 5. ИМ-4Р გამწევეტი მანქანის სქემა

ამის შემდეგ ქალაღზე ავლებენ კოორდინატთა ღერძებს. ამისათვის მანქანას აძლევენ უქმ სვლას, რითაც კალამი ავლებს აბსცისათა ღერძს; კარეტის მბიძგველის მარჯვნივ გადახრით კალმით გავლებული ხაზი იქნება ორდინატის ღერძი.

ღიაგრამის აპარატზე ჩაწერილი რბილი ფოლადის გაჭიმვის ღიაგრამა ნაჩვენებია მე-6 ნახაზზე, სადაც ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია დატვირთვები  $P$ , ხოლო აბსცისათა ღერძზე — აბსოლუტური წაგრძელებების სიდიდეები. აღსაწყისში დატვირთვის მატების შესაბამისად პირდაპირპროპორციულად იზრდება წაგრძელებაც. ღიაგრამაზე ეს პროპორციული დამოკიდებულება გამოსახულია  $OP_p$  ხაზით.  $PP_p$  დატვირთვა შეესაბამება პროპორციულობის ზღვარს.

პროპორციულობის ზღვარი ეწოდება იმ უდიდეს ძაბვას, რომლის დროსაც მოცემული მასალა დეფორმაციას განიცდის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულებით.

პროპორციულობის ზღვარი ეწოდება იმ უდიდეს ძაბვას, რომლის დროსაც მოცემული მასალა დეფორმაციას განიცდის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულებით.



ნახ. 6. რბილი ფოლადის გაჭიმვის ღიაგრამა

პროპორციულობის ზღვარი გამოითვლება ფორმულით

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} \text{ კგ/მმ}^2, \quad (1)$$

სადაც  $\sigma_p$  არის პროპორციულობის ზღვარი;

$P_p$  — პროპორციულობის ზღვარის შესაბამისი დატვირთვა;

$F_0$  — ნიმუშის განივკვეთის ფართობი.

ამ დროს ადგილი აქვს მხოლოდ დრეკად დეფორმაციას. დატვირთვის შემდგომი გაზრდით, წაგრძელებასა და დატვირთვის შორის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება ირღვევა. რაც შეესაბამება ნარჩენი წაგრძელების წარმოქმნას ღიაგრამაზე  $P_p$  წერტილიდან იწყება  $OP_p$  ხაზის გამრუდება, რომელიც შემდეგ გადადის თითქმის პორიზონტალურ ხაზში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ნიმუში გრძელდება გაჭიმავი ძალის ზრდის გარეშე, ე. ი. ამ დროს ადგილი აქვს თითქმის მასალის დენას, ამიტომ მრუდის პორიზონტალური უბნის შესაბამის  $P$  დატვირთვის ეწოდება დატვირთვა დენადობის ზღვარის დროს.

დენადობის ზღვარი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (2)$$

დენადობა შესამჩნევია ნახშირბადმცირე ფოლადებისათვის. ისეთი ფოლადებისათვის, რომელთა დენადობა შეუმჩნეველია, იღებენ დენადობის პირობით ზღვარს.

ძაბვას, რომლის დროსაც ნიმუში იღებს თავისი სიგრძის 0,2% ნარჩენ დეფორმაციას, დენადობის პირობითი ზღვარი  $\sigma_{0,2}$  ეწოდება.

დენადობის პირობითი ზღვარი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (3)$$

სადაც  $\sigma_{0,2}$  არის დენადობის პირობითი ზღვარი კგ/მმ<sup>2</sup>-ობით;

$P_{0,2}$  — სიგრძის 20% წაგრძელების შესაბამისი დატვირთვა;

$F_0$  — ნიმუშის განივკვეთის ფართობი მმ<sup>2</sup>-ობით.

შემდგომი დატვირთვის გაგრძელებით დეფორმაცია მიმდინარეობს  $P_s, P_b$  მრუდით.  $P_s$  წერტილი შეესაბამება მაქსიმალურ დატვირთვას. ამ დატვირთვის შესაბამის ძაბვას სიმტკიცის ზღვარი, ანუ დროებითი ძაბვა ( $\sigma_b$ ) ეწოდება, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (4)$$

სადაც  $P_b$  არის მაქსიმალური დატვირთვა კგ-ობით;

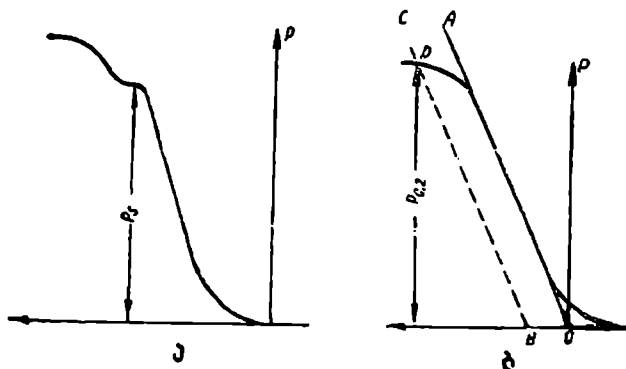
$F_0$  — ნიმუშის განივკვეთის ფართობი მმ<sup>2</sup>-ობით.

ამგვარად, სიმტკიცის ზღვარი ეწოდება იმ ძაბვას, რომელიც შეესაბამება გაჭიმვის ძალის უდიდეს მნიშვნელობას ნიმუშის გამოცდის დროს.

$P_b$  წერტილის შემდეგ წაგრძელება მიმდინარეობს  $P_b, P_z$  მრუდით, ე. ი. დატვირთვა მცირდება და წაგრძელება იწვევს ყელის წარმოქმნას.  $P_z$  წერტილში ნიმუში დატვირთვას ვერ უძლებს და წყდება.

გაჭიმვის დიაგრამის საშუალებით დენადობის ზღვარის განსაზღვრის ორ ხერხს არჩევენ.

პირველი ხერხით ხდება დენადობის ზღვარის განსაზღვრა დიაგრამაზე მკვეთრად გამოსახული დენადობის პორიზონტალური უბნის მიხედვით (ნახ. 7, ა).



ნახ. 7. გაჭიმვის დიაგრამით დენადობის ზღვარის განსაზღვრა: ა — მკვეთრად გამოსახული დენადობის ზღვარის პორიზონტალური უბნით და ბ — როცა დენადობის ზღვარის პორიზონტალური უბანი შეუუმჩნეველია

მეორე ხერხით, როცა გაქიმვის დიაგრამაზე არაა დენადობის პორიზონტალური უბანი, პირობით დენადობის ზღვარს ( $\sigma_{0,2}$ ) ასე განსაზღვრავენ (ნახ. 7, ბ): გაქიმვის მრუდის სწორი ხაზის უბნის გასწვრივ ავლებენ  $OA$  ხაზს,  $O$  წერტილიდან აღმართავენ  $OP$  ღერძს, მის მარცხნივ გადაზომავენ  $OB$  მონაკვეთს, რომლის სიდიდე უდრის მიღებულ ნარჩენ წაგრძელებას, ე. ი. ნიმუშის სიგრძის  $0,2\%$ -ს. დიაგრამის მასშტაბის მიხედვით  $B$  წერტილიდან ავლებენ  $OA$  ხაზის პარალელურ  $BC$  ხაზს. გადაკვეთის  $D$  წერტილით განისაზღვრება დენადობის ზღვრის შესაბამისი დატვირთვა. დენადობის ზღვარი გამოითვლება მე-2 ან მე-3 ფორმულით.

ნიმუშის გაწყვეტის შემდეგ მისი სიგრძის განსაზღვრას ლაბორატორიული სამუშაოების შესრულებისას აწარმოებენ შემდეგნაირად: გაწყვეტის ადგილის მიუხედავად ნიმუშის ნაწილებს აერთებენ და ზომავენ მანძილს საანგარიშო სიგრძის განმსაზღვრელ წერტილებს შორის.

თუ გაწყვეტა ნიმუშის შუა ადგილზე არ წარმოებს, მაშინ ასეთი ხერხით ნიმუშის სიგრძის განსაზღვრა სწორ შედეგს არ იძლევა. ამ შემთხვევაში ნიმუშის სიგრძეს  $l_1$  საზღვრავენ გაწყვეტის ადგილის შუა ადგილისაკენ გადატანით, რადგანაც უდიდესი წაგრძელება მიიღება ნიმუშის გაწყვეტის ადგილას.

## მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

### I დავალება

1. შეისწავლეთ გამწყვეტი მანქანის აგებულება და მუშაობა; 2. გაქიმვაზე გამოცადეთ ფოლადის ნიმუშები და განსაზღვრეთ სიმტკიცის ზღვარი ( $\sigma_c$ ), ფარდობითი წაგრძელება ( $\delta$ ) და ფარდობითი შევიწროება ( $\psi$ ); 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

გამწყვეტი მანქანების მუშაობის პრინციპისა და სიმტკიცის ზღვარის, დენადობის ზღვარის, ფარდობითი წაგრძელებისა და ფარდობითი შევიწროების განსაზღვრის მეთოდის პრაქტიკული გაცნობა.

### III. ხელსაწყოები, იარაღები და ნიმუშები

1. გამწყვეტი მანქანა (ტიპი ИМ-4Р, Р-5 ან Р-20); 2. შტანგენფარგალი; 3. მიკრომეტრი; 4. მასშტაბიანი სახაზავი; 5. საწერტელი; 6. ჩაქუჩი; 7. ქვესადები; 8. რბილი ფოლადის ნიმუშები; 9. საკაწრელა.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. ნიმუშის სამუშაო ნაწილის ზომები შეამოწმეთ შტანგენფარგლით.

შენიშვნა: 10 მმ და მეტი დიამეტრის ნიმუშებისათვის სამუშაო ნაწილის სიგრძისა და დიამეტრის ზომების გადახრები დასაშვებია  $\pm 0,2$  მმ, ხოლო 10 მმ-ზე ნაკლებისათვის  $\pm 0,1$  მმ.

2. გაზომვა აწარმოეთ სამ ადგილას ორი ურთიერთმართობი მიმართულღებ-ბით.
3. ნიმუშის სამუშაო ნაწილზე გადაზომეთ და ფანქრით აღნიშნეთ საანგარიშო სიგრძე  $l_0$ .
4. ნიმუში ქვესადებზე მოათავსეთ, საწერტელისა და ჩაქუჩის საშუალებით სა-ანგარიშო სიგრძის ბოლო წერტილები დაწერტეთ.
5. გამოთვალეთ საანგარიშო ნაწილის განივი კვეთის ფართობი ფორმულით:

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \text{ მმ}^2,$$

სადაც  $F_0$  არის ნიმუშის საანგარიშო ნაწილის განივი კვეთის ფართობი მმ-ობით;

$d_0$  — ნიმუშის საანგარიშო ნაწილის დიამეტრი მმ-ობით.

6. დაამაგრეთ ნიმუში გამწყვეტი მანქანის მომჭერებში და აწარმოეთ გაკიმეა-ზე გამოცდა.

თუ გამოცდა წარმოებს P-5 ტიპის გამწყვეტ მანქანაზე, მაშინ: ა. შეარჩი-ეთ საჭირო ტვირთი და მისი შესაბამისი სკალა; ბ. დიაგრამის ხელსაწყოს ქვე-და მომჭერთან შეამოწმეთ შეერთების სისწორე; გ. დაახვიეთ დოლზე სადია-გრამო ქალაღლი და ფანქრით გაავლეთ მასზე კოორდინატთა ლერძები; დ. შე-არჩიეთ საჭირო პროფილის ტუჩები ნიმუშის თავის მიხედვით, ჩააყენეთ მან-ქანის მომჭერებში ნიმუში და დაამაგრეთ ისე, რომ მისი ლერძის ხაზი დაემ-თხვას მომჭიდების ლერძის ხაზს; ნიმუშის დამაგრების შემდეგ შეამოწმეთ ის-რების მდგომარეობა სკალაზე, დააყენეთ ნულზე და ჩართეთ ელექტრო-ძრავი.

თუ გამოცდა წარმოებს ИМ-4Р მანქანაზე, მაშინ: ა. შეარჩიეთ ტვირთი; ბ. მოამზადეთ დიაგრამის აპარატი; გ. გაავლეთ ქალაღლზე კოორდინატთა ლერ-ძები; დ. დაამაგრეთ ნიმუში მანქანის მომჭერებში; ე. ჩართეთ ელექტრო-ძრავა.

7. დააკვირდით ძალსაზომის ისრის მოძრაობას და ჩაწერეთ მაქსიმალური და-ტვირთვა ( $P_b$ ) ნიმუშის გამოცდის პროცესში.
8. მოხსენით დიაგრამის ქალაღლი და ჩიხხაზეთ გაკიმვის დიაგრამა.
9. გაწყვეტილი ნიმუშის ნაწილები მკიდროდ შეაერთეთ და გაზომეთ მანძი-ლი ( $l_1$ ) წერტილებს შორის.
10. გაზომეთ შევიწროებული ყელის დიამეტრი  $d_1$  0,1 მმ-მღე სიზუსტით.
11. გამოთვალეთ გაწყვეტის ადგილის განივი კვეთის ფართობი ფორმულით:

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \text{ მმ}^2.$$

12. გაიანგარიშეთ:

ა. სიმტკიცის ზღვარი

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ კგ/მმ}^2;$$

ბ. დენადობის ზღვარი ( $\sigma_s, \sigma_{0,2}$ ).

გ. ფარდობითი წაგრძელება

$$\delta_{10} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100 \% ;$$

დ. ფარდობითი შევიწროება

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\% .$$

13. ასევე მოიქეციეთ მეორე ნიმუშის გამოცდის დროს.

14. მიღებული შედეგები შეიტანეთ გაკვირებაზე გამოცდის ოქმში.

გაკვირებაზე გამოცდის ოქმი

№ რიგზე	ნიმუშის საანგარიშო ნაწილის ზომები გამოცდამდე			შესაბამისი დატვირთვები			ნიმუშის საანგარიშო ნაწილის ზომები გაწყვეტის შემდეგ			დეზალობის ზღვარი (ფიზიკური)	დეზალობის ზღვარი (პარობითი)	ფარდობითი წაგრძელება %-ით	ფარდობითი შევიწროება %-ით	ფოლადის მარკა
	დაბეჭდილი ( $d_0$ ) ან განივი კვეთის ზომები (ა და ბ) მმ-ით;	განივი კვეთის ფართობი $F_0$ მმ <sup>2</sup> -ით	საანგარიშო სიგრძე $l_0$ მმ-ით	ფიზიკური დენადობის ზღვარი $\sigma_s$ კგ/მმ <sup>2</sup> -ით	პარობითი დენადობის ზღვარი $\sigma_{0,2}$ კგ/მმ <sup>2</sup> -ით	სიმტკიცის ზღვარი $P_b$ კგ/მმ <sup>2</sup> -ით	ნიმუშის შევიწროებული ყელის დიამეტრი $d_1$ მმ-ით	სიგრძე $l_1$ მმ-ით	განივი კვეთის ფართობი გაწყვეტის ადგილას $F_1$ მმ <sup>2</sup> -ით					
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

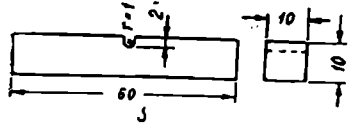
15. გამოცდის შედეგების მიხედვით ბონსტ-ის შესაბამისად განსაზღვრეთ ფოლადის მარკა. აღწერეთ ამ ფოლადის დანიშნულება.

16. შეადგინეთ სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, სამუშაოს მსვლელობის აღწერა; გაკვირებაზე გამოცდის ოქმში, მანქანის სქემა და ნიმუშების ესკიზები გაწყვეტამდე და გაწყვეტის შემდეგ, დასკვნა.

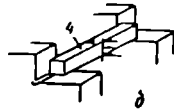


ლითონის გამოცდა დატვირთვით სივსანებზე

დარტყმით სივსანტზე გამოცდას ახდენენ ლითონების სიმყიფის გამო-სავლინებლად. დარტყმაზე გამოსადეგლად ამზადებენ კვადრატული კვეთის მქონე ნიმუშებს (ნახ. 8, ა), რომლებსაც პორიზონტალურად ათავსებენ დარტყმაზე საცდელი მანქანის საყრდენებზე (ნახ. 8, ბ) ისე, რომ ნიმუშის ჩანა-კერი მიმართული იყოს ქანქარის დარტყმის საწინააღმდეგო მხარეს. ნიმუშზე  $G$  წონის მქონე ქანქარის დარტყმას აწარმოებენ  $H$  სიმალიდან (ნახ. 8, გ), ქანქარა ნიმუშის გატეხვის შემდეგ დარჩენილი ენერგიით აღის  $h$  სიმაღლეზე.



ნიმუშის გატეხვაზე დახარჯული მუშაობა განისაზღვრება დარტყმამდე და დარტყმის შემდეგ ქანქარის სიმძიმის ცენტრის აწევის სიმაღლეების ( $H$  და  $h$ ) პოტენციალური ენერგიების სხვაობით (ნახ. 8, გ)



$$A_k = E - E_1 = GH - Gh, \text{ ანუ}$$

$$A_k = G(H - h), \quad (4)$$

სადაც  $A_k$  არის ნიმუშის გატეხვაზე დახარჯული მუშაობა კგმ-ობით;

$E$  — ურნალის პოტენციალური ენერგია დარტყმამდე;

$E_1$  — ურნალის პოტენციალური ენერგია დარტყმის შემდეგ;

$G$  — ურნალის წონა, კგ-ობით;

$H$  — ურნალის სიმძიმის ცენტრის აწევის სიმაღლე დარტყმამდე მ-ობით;

$h$  — ურნალის აწევის სიმაღლე დარტყმის შემდეგ მ-ობით;

ურნალის აწევის  $H$  და  $h$  სიმაღლეები მე-8 გ ნახაზის მიხედვით შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

$$H = l - l \cos \alpha = l(1 - \cos \alpha);$$

$$h = l - l \cos \beta = l(1 - \cos \beta);$$

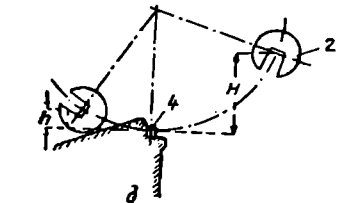
თუ შევიტანთ  $H$  და  $h$ -ის მნიშვნელობებს მე-4 ფორმულაში, მივიღებთ

$$A_k = Gl(\cos \beta - \cos \alpha) \text{ კგმ}, \quad (5)$$

სადაც  $G$  არის ურნალის წონა კგმ-ობით;

$l$  — ურნალის სიმძიმის ცენტრის მისი ბრუნვის ღერძამდე დაშორება მმ-ობით;

$\alpha$  და  $\beta$  — ქანქარის აწევის კუთხეები შესაბამისად ნიმუშის გატეხვამდე და მის შემდეგ.

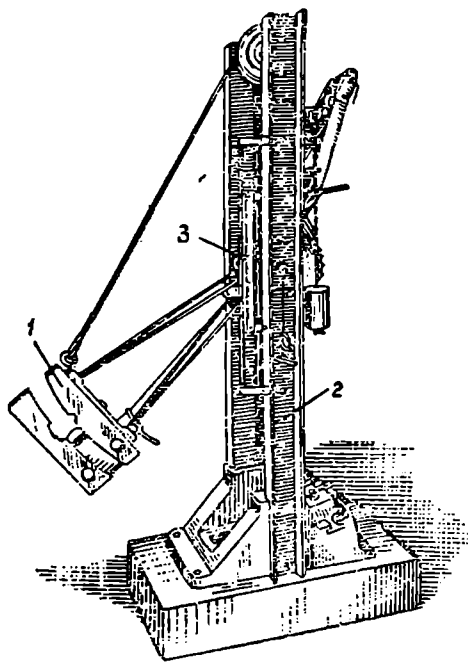


ნახ. 8. დარტყმაზე გამოცდის სქემა: ა—ნიმუში; ბ—ნიმუშის საყრდენზე მდებარეობა; გ—დარტყმის სქემა

ნიმუშის გატეხვაზე დახარჯული მუშაობა გამოითვლება მე-2 ცხრილის მიხედვით.

მუშაობა, რომელიც მოდის გატეხვის ადგილას ფართობის ერთეულ სმ<sup>2</sup>-ზე, წარმოადგენს დარტყმით ძაბვას, ანუ დარტყმით სიბლანტეს  $a_h$  და გამოითვლება ფორმულით:

$$a_h = \frac{A_h}{F} \text{ კგმ/სმ}^2. \quad (6)$$



ნახ. 9. დარტყმაზე საცდელი მანქანა

სადაც  $F$  არის ნიმუშის განივი კვეთის ფართობი, ნიმუშის ჩაჭრის ადგილას სმ<sup>2</sup>-ობით ( $F = 0,8 \text{ სმ}^2$ ).

დარტყმაზე საცდელი მანქანა (ნახ. 9). ამ მანქანის მთავარ ნაწილს წარმოადგენს სადგარზე 2 დაკიდებული ჭანჭარა 1. გამოცდის წინ ჭანჭარას ასწვენენ განსაზღვრულ სიმაღლეზე, რაც ანიჭებს მას პოტენციალური ენერჯიის განსაზღვრულ მარაგს. ჭანჭარის ჩამოვარდნის დროს ტვირთი არტყამს ნიმუშს, ტეხვას მას და გადის მეორე მხარეს უფრო ნაკლებ სიმაღლეზე. ის მუშაობა, რომელიც ნიმუშის გატეხვაზე დაიხარჯა, პროპორციულია სიმაღლეთა სხვაობისა და განსაზღვრება ურნალის სადგარზე დამაგრებული ასათეული სამარჯვის 3 საშუალებით.

### მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

#### I. დავალება

1. შეისწავლეთ დარტყმაზე საცდელი მანქანის აგებულება და მუშაობა;
2. განსაზღვრეთ ნახშირბადოვანი ფოლადის დარტყმითი სიბლანტე; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

#### II. სამუშაოს მიზანი

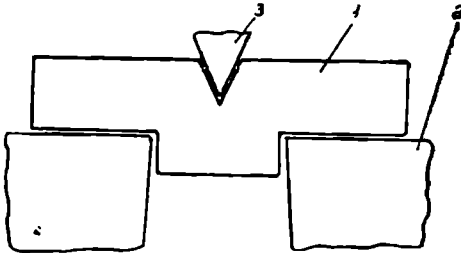
დარტყმაზე საცდელი მანქანის მუშაობისა და მასზე დარტყმითი სიბლანტის განსაზღვრის მეთოდის პრაქტიკული გაცნობა.

### III. ხელსაწყოები, იარაღები და ნიმუშები

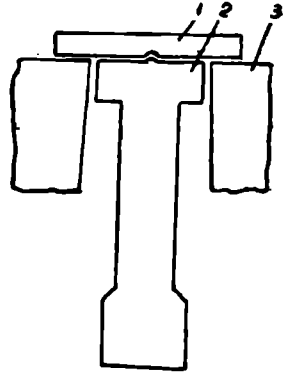
1. დარტყმაზე საცდელი მანქანა (MK-15; MK-30);
2. ფოლადის ნიმუშები დარტყმაზე გამოცდისათვის (6—8 ცალი ნიმუში ზომით 50×10 მმ);
3. შტანგენფარგალი;
4. თარგი საყრდენების ურნალის მიმართ სიმეტრიულად დასაყენებლად.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. თარგის 1 (ნახ. 10) საშუალებით დააყენეთ საყრდენები 2 ქანქარის დანის 3 სიმეტრიულად და დაამაგრეთ.
2. ასწიეთ ქანქარა და ნიმუში მოათავსეთ ურნალის საყრდენებზე (ნახ. 11) ისე, რომ ნიმუშის ჩანაქერი მდებარეობდეს სიმეტრიულად და მიმართული იყოს ქანქარის დარტყმის საწინააღმდეგო მხარეს.



ნახ. 10. საყრდენების თარგით დაყენების სქემა:  
1—თარგი; 2—საყრდენი; 3—ქანქარის დანა



ნახ. 11. ნიმუშის საყრდენებზე დაყენების სქემა: 1—ნიმუში; 2—თარგი; 3—საყრდენები

3. ასწიეთ ქანქარა განსაზღვრულ მდგომარეობაში და დაამაგრეთ ხრუტუნათი.
4. თოკზე მობმული სახელურის დაწვეით ხრუტუნა მოხსენით და მოახდინეთ ქანქარის დარტყმა ნიმუშზე.
5. განსაზღვრეთ ნიმუშის გატეხვაზე დახარჯული მუშაობა  $A_1$  ურნალის სადგარზე დამაგრებული ასათვლელი სამარჯვის 3 (ნახ. 9) საშუალებით.
6. შტანგენფარგალით გაზომეთ გამოთვალეთ ნიმუშის განიკვეთის ფართობი და მე-6 ფორმულით განსაზღვრეთ დარტყმითი სიბლანტე  $a_2$ .
7. დააკვირდით ნიმუშის ტეხს; მისი დახასიათება და ცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები შეიტანეთ ოქმში.
8. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, სამუშაოს მსვლელობის აღწერა, დარტყმაზე გამოცდის ოქმი, დარტყმაზე გამოცდის ურნალის სქემა და ნიმუშის ესკიზი, დასკვნა.

დარტემაზე გამოკლის უკმა

№ როზე	ფოლდის გარე და შუაღვენილობა	ნიშნის გაწევის ზომები სკ-ობით	განვი კვ-ის ფართობი სკ-ობით	ქანქარის საწყისი აწევის კუბუხე ა კუბუხე	ქანქარის გაქანტის ქ კუ-ობე დარტე-მის შებენზე გრად-ობით	ნიშნის გაწევის მუშა-ობა კვ-ობით	დარტემათი სიღრმეზე აკვ/სკ-ობით	ცხვის დაბ-სათება
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ცხრილი 2

დარტემათი მუშაობის დამოკიდებულება ქანქარის საწყისი აწევის ა კუბუხეა და გაქანების მ კუბუხეებთან

ქანქარის გაქანების მ კუბუხე გრად.	ქანქარის საწყისი აწევის ა კუბუხე გრად.			ქანქარის გაქანების მ კუბუხე გრად.	ქანქარის საწყისი აწევის ა კუბუხე გრად.				
	69	90	107		130	69	90	107	130
	დარტემის მუშაობა, კვმ				დარტემის მუშაობა, კვმ				
1	1,97	3,07	3,97	5,04	40	1,25	2,35	3,25	4,33
2	1,97	3,07	3,97	5,04	41	1,22	2,32	3,21	4,29
3	1,97	3,07	3,96	5,04	42	1,18	2,28	3,18	4,25
4	1,96	3,06	3,96	5,04	43	1,15	2,25	3,14	4,22
5	1,96	3,06	3,96	5,03	44	1,11	2,21	3,11	4,18
6	1,95	3,05	3,95	5,03	45	1,07	2,17	3,07	4,15
7	1,95	3,05	3,94	5,02	46	1,03	2,13	3,03	4,11
8	1,94	3,04	3,94	5,01	47	0,99	2,09	2,99	4,07
9	1,93	3,03	3,93	5,01	48	0,95	2,05	2,95	4,03
10	1,92	3,02	3,92	5,00	49	0,91	2,01	2,91	3,99
11	1,91	3,01	3,91	4,99	50	0,87	1,97	2,87	3,95
12	1,90	3,00	3,90	4,98	51	0,83	1,93	2,83	3,91
13	1,89	2,99	3,89	4,96	52	0,79	1,89	2,79	3,86
14	1,88	2,98	3,88	4,95	53	0,75	1,85	2,75	3,82
15	1,87	2,96	3,86	4,94	54	0,70	1,80	2,70	3,78
16	1,85	2,95	3,85	4,92	55	0,66	1,76	2,66	3,73
17	1,84	2,94	3,83	4,91	56	0,52	1,72	2,61	3,69
18	1,82	2,92	3,82	4,89	57	0,57	1,67	2,57	3,64
19	1,80	2,90	3,80	4,88	58	0,53	1,63	2,52	3,60
20	1,77	2,87	3,77	4,85	59	0,48	1,58	2,48	3,55
21	1,76	2,87	3,76	4,84	60	0,43	1,54	2,43	3,51
22	1,75	2,85	3,74	4,82	61	0,39	1,49	2,39	3,46
23	1,73	2,83	3,72	4,80	62	0,34	1,44	2,34	3,41
24	1,70	2,80	3,70	4,78	63	0,29	1,39	2,29	3,37
25	1,68	2,78	3,68	4,76	64	0,24	1,35	2,24	3,32
26	1,66	2,76	3,66	4,73	65	0,20	1,30	2,20	3,27
27	1,64	2,74	3,63	4,71	66	0,15	1,25	2,15	3,22
28	1,61	2,71	3,61	4,68	67	0,10	1,20	2,10	3,17
29	1,58	2,69	3,58	4,66	68	0,05	1,15	2,05	3,12
30	1,56	2,66	3,56	4,63	69	0,00	1,10	2,07	3,07
31	1,53	2,63	3,53	4,60	70		1,05	1,95	3,02
32	1,50	2,60	3,50	4,58	71		1,00	1,90	2,97
33	1,47	2,57	3,47	4,55	72		0,95	1,85	2,92
34	1,44	2,55	3,44	4,52	73		0,90	1,80	2,87
35	1,41	2,51	3,41	4,49	74		0,86	1,79	2,82
36	1,38	2,48	3,38	4,48	75		0,79	1,74	2,77
37	1,35	2,45	3,35	4,42	76		0,74	1,69	2,72
38	1,32	2,42	3,32	4,39	77		0,69	1,59	2,66
39	1,29	2,39	3,28	4,36	78		0,64	1,54	2,61

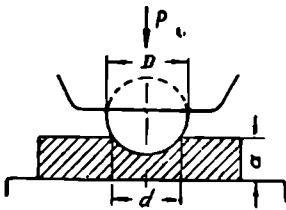
ქანქარის ვაკანების ჩუქობე ვრად.	ქანქარის საწუისი აწუის აქუთხე. გრად.				ქანქარის გაკანების ჩუქობე. გრად.	ქანქარის საწუისი აწუის აქუთხე გრად.			
	69	90	107	130		69	90	107	130
	დარტუშის მუშაობა, კვ.					დარტუშის მუშაობა, კვ.			
79		0,59	1,48	2,56	117				0,58
80		0,53	1,43	2,51	118				0,53
81		0,48	1,38	2,45	119				0,48
82		0,43	1,32	2,40	120				0,44
83		0,37	1,27	2,35	121				0,40
84		0,32	1,22	2,29	122				0,35
85		0,27	1,16	2,24	123				0,30
86		0,21	1,11	2,19	124				0,26
87		0,16	1,06	2,13	125				0,21
88		0,11	1,00	2,08	126				0,17
89		0,05	0,95	2,03	127				0,13
90		0,00	0,90	1,97	128				0,08
91			0,84	1,92	129				0,04
92			0,79	1,87	130				0,00
93			0,74	1,81					
94			0,68	1,76					
95			0,63	1,71					
96			0,56	1,65					
97			0,52	1,60					
98			0,47	1,55					
99			0,42	1,49					
100			0,36	1,44					
101			0,31	1,39					
102			0,26	1,34					
103			0,21	1,29					
104			0,15	1,23					
105			0,10	1,18					
106			0,05	1,13					
107			0,00	1,08					
108				1,05					
109				0,97					
110				0,92					
111				0,87					
112				0,82					
113				0,77					
114				0,72					
115				0,68					
116				0,63					

ბრინალისა და როკალის მეთოდით ლითონების  
სისალაზა გამოცდა

მოკლე თეორიული ცნობები

ბრინელის მეთოდით სისალის გაზომვის არსი ის არის, რომ გამოსაცდელ ლითონში განსაზღვრული ძალით ჩაიწნეხება ნაწრთობი ბურთულა (ნახ. 12). ჩაწნეხის შედეგად მიღებული ბურთულის ანაბექდის  $d$  დიამეტრის გაზომვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ანაბექდის ფართობი. ბურთულაზე მოქმედი ძალის ანაბექდის ფართობზე გაყოფით მივიღებთ სისალის მაჩვენებელ რიცხვს ( $HB$ )

$$HB = \frac{P}{F} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (7)$$



ნახ. 12. ბრინელის მეთოდით სისალაზე გამოცდის პრინციპული აკემა

სადაც,  $HB$  არის სისალის რიცხვი კგ/მმ<sup>2</sup>-ობით;  
 $P$  — ბურთულაზე დატვირთვა კგ-ობით;  
 $F$  — ანაბექდის ფართობი მმ<sup>2</sup>-ობით.

დატვირთვის სიდიდე, როკელიც ბურთულიდან ნიმუშს გადაეცემა. დამოკიდებულია ბურთულის დიამეტრზე, გამოსაცდელ ლითონზე და მის სისქეზე. ხოლო დატვირთვის ქვეშ დაყოვნება — მასალია გვარობაზე (იხ. ქხრილი 3).

ანაბექდის ფართობი გამოითვლება ფორმულით:

$$F = \frac{1}{2} \pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2}),$$

სადაც,  $D$  არის ბურთულის დიამეტრი მმ-ობით;

$d$  — ანაბექდის დიამეტრი მმ-ობით;

$F$  — ანაბექდის ფართობი მმ<sup>2</sup>-ობით.

თუ  $F$ -ის მნიშვნელობას შევიტანთ მე-7 ფორმულაში, გვექნება:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}. \quad (8)$$

ამ ფორმულაში გარკვეული პირობებისათვის დატვირთვა და ბურთულის დიამეტრი მუდმივი სიდიდეებია, ხოლო ანაბექდის დიამეტრი კი ცვლადი. სხვადასხვა ანაბექდის დიამეტრებისათვის აღნიშნული ფორმულით ნაანგარიშევი სისალის რიცხვის მნიშვნელობები მოცემულია მე-6 ცხრილში.

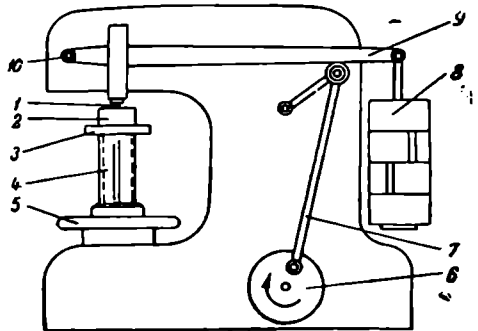
ცხრილი 3

მასალა	სისალის ინტერვალის ბრინელის ერთეულებში	გამოსაცდელი ნიმუშის სისქე მმ-ობით	ფარდობა დატვირთვასა და ბურთულას დიამეტრს შორის	ბურთულის დიამეტრი $D$ მმ-ობით	დატვირთვა $P$ კგ-ობით	დატვირთვების მნიშვნელობა
მევი ლითონები	140—450	6-ზე მეტი და 3-მდე 3-ზე ნაკლები	$P = 30 D^2$	10 5 2,5	3000 750 187,5	10

მასალა	სისხლის ინტერვალი ბოილერს ეკრემულში	გამოსადგლო ნიმუშის სიქე მშ-ობით	ფარდობა დატვირთვისა და ბურთულას დიამეტრს შორის	ბურთულის დიამეტრი $D$ მშ-ობით	დატვირთვა $P$ კგ-ობით	დატვირთვის ქვეშე დაყოფნა წმ-ობით
ოვიე	140-მდე	6-ზე მეტი 6-დან 3-მდე 3-ზე ნაკლ.	$P = 3nD^2$	10 5	3000 750	30
ფერადი ლითონები და შენადნობები (სპილენძი, თათბერი, ბრინჯაო, შავ-ნიუმის შენადნობები და სხვ.)	31,8—130	6-ზე მეტი 6-დან 3-მდე 3-ზე ნაკლ.	$P = 10D^2$	10 5 2,5	1000 250 62,5*	30
ფერადი ლითონები და შენადნობები (ალუმინი, სასაქისრე შენადნობები)	8—35	6-ზე მეტი 6-დან 3-მდე 3-ზე ნაკლ.	$P = 2,5D^2$	10 5 2,5	250 62,5* 15,6*	60

\* არატანდარტული დატვირთვა.

ბ რ ი ნ ე ლ ი ს ტ ი პ ი ს წ ნ ე ხ ი (ნახ. 13). სადგარის ზედა ნაწილში მოთავსებულია შპინდელი, რომელშიც იდგმება ბურთულიანი ბუნიკი 1. ბურთულას დიამეტრი შეიძლება იყოს 10, 5 ან 2, 5 მმ. ნიმუში 2 თავსდება ჰაგილაზე 3. სახელურის 5 საათის ისრის მიმართულებით ბრუნვით ხრახნი 4, მაგიდა 3 და ნიმუში 2 ზევით გადაადგილება და ებჯინება ბურთულას 1. სახელურს 5 აბრუნებენ იქამდე, სანამ შპინდელის ზამბარა მთლიანად შეიკუმშებოდეს (ამ დროს მაჩვენებელი დგება ხაზაქის პირდაპირ). ამით იქმნება წინასწარი დატვირთვა 10 კგ-ის რაოდენობით. შემდეგ ლილაკზე ხელის დაქვრით ხდება ელექტროძრავას ჩართვა, რომელსაც მოძრაობაში მოჰყავს ექსცენტრიკი 6 და ბარბაცა 7. ბარბაცას ქვევით დაწვევისას ბერკეტი 9 სახსრული შეერთების 10 გამო ტვირთებიანი საყიდით 8 დაბლა იწევს, რითაც ხორციელდება ბურთულაზე დატვირთვა და მისი ნიმუშის ზედაპირში ჩაწნეხვა. ექსცენტრიკის 6 ბრუნვის შემდგომი გაგრძელებით ბარბაცა 7, ბერკეტი 9 და ტვირთებიანი საყიდი ზევით გა-



ნახ. 13. ბრინელის ტიპის წნეხი სისხლის გაზომვისათვის

დადგილდება. ბურთულაზე დატვირთვა იხსნება და წნეხი ავტომატურად გა-  
პოირდება.

დატვირთვის, ბურთულას დიამეტრისა და დატვირთვის ქვეშ დაყოვნების  
დროის შერჩევა ხდება მე-4 ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 4

ავტომატური ბერკეტული წნეხის ტვირთები

დატვირთვა კგ-ობით	ტვირთების დასახელება
187,5	A
250	A+B
500	A+B+B
750	A+B+Γ
1000	A+B+B+Γ
3000	A+B+B+5Γ

სადაც A—საკილი ქმნის 187,5 კგ დატვირთვის;  
B—მცირე ტვირთი 62,5 კგ დატვირთვის;  
B—საშუალო ტვირთი 250 კგ დატვირთვის;  
Γ—დიდი ტვირთი 500 კგ დატვირთვის.

ანაბეჭდის დიამეტრის გასაზომი ლუპა (ბრინელის მიკ-  
როსკოპი ნახ. 14). ბრინელის მეთოდით სისალის განსაზღვრის დროს ანაბეჭ-  
დის დიამეტრის გაზომვას ლუპით, ანუ ე. წ. ბრინელის მიკროსკოპით აწარმო-  
ებენ.

მიკროსკოპის ოპტიკური სისტემა შედგება ობიექტივის 1 სკალის ბადი-  
საგან და სამლინზიანი ოკულარისაგან 3. ობიექტივი ანაბეჭდის გამოსახულე-  
ბას 2-ჯერ აღიდებს.

გამოსახულება მიიღება სკალის ბადის სიბრტყეში. ეს გამოსახულება  
ოკულარიდან დაკვირვების დროს სკალასთან ერთად კიდევ 12-ჯერ დიდდება.  
აპგვარად, მიკროსკოპის მთლიანი გადიდება უდრის  $2 \times 12 = 24$ . მიკროსკოპის  
მხედველობის ხაზოვანი არე უდრის 9 მმ-ს. მთელი სკალა იძლევა 6,5 მმ-მდე  
დიამეტრის ანაბეჭდის გაზომვის შესაძლებლობას. სკალის მცირე დანაყოფის  
ზომა უდრის 0.1 მმ და ციფრების წარწერები არის ყოველი ერთი მმ-ის შემ-  
დეგ.

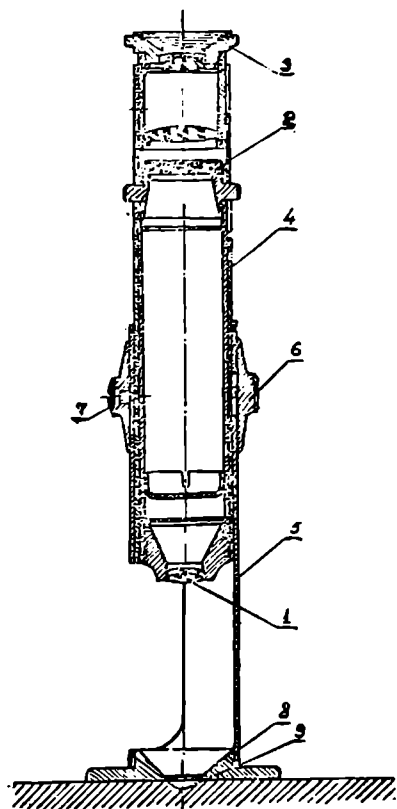
ოპტიკური სისტემა აწყობილია ტუბუსში 4, რომელიც თავის მხრივ მო-  
თავსებულია მილში 5. ანაბეჭდის განათების უზრუნველსაყოფად მილის ქვე-  
და ნაწილს გამოჰრილი აქვს ფანჯარა, ხოლო საფუძველი 8, რომელსაც მილი  
ეყრდნობა და რომლითაც მიკროსკოპი ანაბეჭდზე იდგმება, გახვრეტილია. ტუ-  
ბუსის მილში გადაადგილება დაკეპნილი რგოლის 6 საშუალებით ხდება.

ანაბეჭდის დიამეტრის გასაზომად, მიკროსკოპი უნდა დავაყენოთ გამო-  
სადეღ ნიმუშზე ისე, რომ ნახვრეტი შეძლებისდაგვარად იყოს ანაბეჭდის  
კონცენტრული და მიკროსკოპის მილის ფანჯარა უყურებდეს სინათლის წყა-  
როს.

თვალსაჩინო გამოსახულების მისაღებად საჭიროა ოკულარის თვალის მი-  
ხედვით დაყენება, რაც ხორციელდება ოკულარის დამჭერის ბრუნვით.



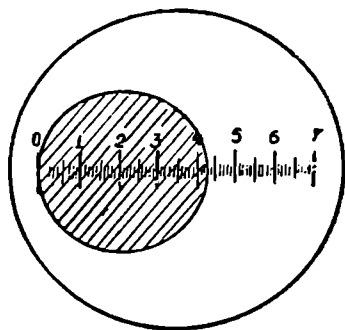
თუ ოკულარის დამკვირვებლის ბრუნვით არ მიიღება მკვეთრი გამოსახულება, მაშინ საჭიროა სიმკვეთრე მიღწეულ იქნეს მიკროსკოპის ტუბუსის ვერტიკალური გადაადგილებით დაკეპნილი რგოლის ბრუნვის საშუალებით. რგოლის ბრუნვით ხრახნი 7 ვადის რა მილის ღარში, აიძულებს ტუბუსს გადაადგილდეს ვერტიკალურად. როდესაც სკალის გამოსახულება მკვეთრი იქნება, ათვლის გასაადვილებლად სასურველია, რომ ანაბეჭდის ნაპირი ემთხვეოდეს სკალის 0 დანაყოფს (ნახ. 15).



ნახ. 14. ბრინელის მიკროსკოპი

როკველის მეთოდი. ბრინელის მეთოდით არ შეიძლება გამოიყადოს ნაწილობრივ ფოლადი, რომლის სისალე მეტია 450 HB-ზე. რადგან ასეთ შემთხვევაში დეფორმაციას იღებს თვით ბურთულა და გამოცდის შედეგი არ მიიღება ზუსტი. არ შეიძლება ქიმიურ-თერმულად დამუშავებული ფოლადების სალი შრის მცირე სისქის გამო ბრინელის მეთოდით სისალის გაზომვა.

როკველის მეთოდი. ბრინელის მეთოდით არ შეიძლება გამოიყადოს ნაწილობრივ ფოლადი, რომლის სისალე მეტია 450 HB-ზე. რადგან ასეთ შემთხვევაში დეფორმაციას იღებს თვით ბურთულა და გამოცდის შედეგი არ მიიღება ზუსტი. არ შეიძლება ქიმიურ-თერმულად დამუშავებული ფოლადების სალი შრის მცირე სისქის გამო ბრინელის მეთოდით სისალის გაზომვა.



ნახ. 15. ანაბეჭდის გაზომვის სქემა

ამიტომ საჭირო გახდა სისალეზე გამოცდის სხვა მეთოდების შემუშავება, რომელთაგან უმეტესად გავრცელებულია როკველის მეთოდი.

როკველის მეთოდით სისალის გაზომვა ხდება 1,59 მმ (1/16 დიუმი) დიამეტრის ფოლადის ბურთულას (თუ გამოსაცდელი მასალის სისალე 230 HB-ზე ნაკლებია) ან ალმასის 120°-კუთხიანი კონუსის (თუ მასალის სისალე 230 HB-ზე მეტია) საშუალებით.

ბურთულაზე ან ალმასის კონუსზე დატვირთვა ორ საფეხურად ხორციელდება: პირველი წინასწარი — 10 კგ და მეორე ძირითადი 50, 90 ან 140 კგ. შესაბამისად საერთო დატვირთვა მიიღება 60, 100 ან 150 კგ. სისალის რიცხვი

კანისაზღვრება ამ ორი დატვირთვის შედეგად ბუნიკების ლითონში შეჭრათა სიმაღლეების სხვაობის მიხედვით (ნახ. 16).

როკველის სისალის რიცხვი ( $HR$ ) გამოისახება ფორმულით:

$$HR = \frac{k \cdot (h_1 - h)}{c} \quad (9)$$

სადაც  $h$  არის ბუნიკის ნიმუშში შეჭრის სიღრმე წინასწარი დატვირთვის დროს;

$h_1$  — ბუნიკის ნიმუშში შეჭრის სიღრმე საერთო დატვირთვის შემდეგ ძირითადი დატვირთვის მოხსნის დროს;

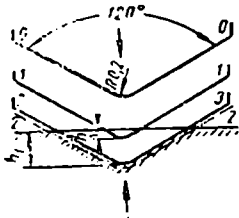
$k$  — მუდმივი სიდიდე ალმასის კონუსისათვის  $k=0,2$ , ხოლო ბურთულასათვის  $k=0,26$ .

$c$  — ინდიკატორის ციფერბლატის დანაყოფის ფასი 0,002 მმ უდრის.

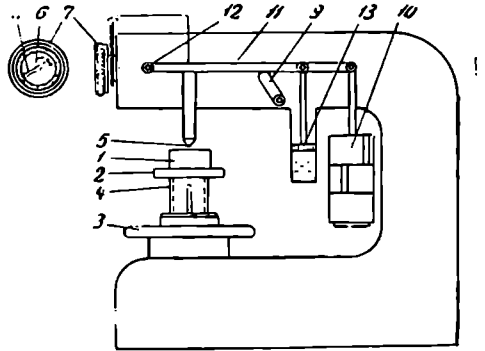
როკველის ხელსაწყოს აგებულება (ნახ. 17). ხელსაწყოზე სისალის გასაზომად ნიმუშს 1 ათავსებენ მაგიდაზე 2, რომელსაც მკნევეარას 3 ბრუნვას ზევით სწევენ ნიმუშის 1 ალმასის კონუსთან ან ბურთულასთან შეხებაზე. მკნევეარას 3 ბრუნვას აგრძელებენ მანამდის, სანამ ინდიკატორის 7 პატარა ისარი არ დაემთხვევა ციფერბლატზე აღნიშნულ წითელ წერტილს, რომელიც შეესაბამება წინასწარ დატვირთვას (10 კგ).

ამ მომენტში დიდი ისარი 8 დაახლოებით ვერტიკალურ მდგომარეობაშია (ნახ. 18, ა); ბუნიკის მასალაში შეჭრის სიღრმის ასათვლელად ციფერბლატს აქვს ორი სკალა შავი  $C$  და წითელი  $B$  თითოეული 100 დანაყოფით (1 დანაყოფი შეესაბამება 0,002 მმ შეჭრის სიღრმეს).  $C$  სკალის ნულოვანი დანაყოფი ემთხვევა დიდი ისრის საწყისის მდგომარეობას. წითელი სკალა ნულოვანიდან 30 დანაყოფით გადაწეულია დატვირთვის დროს დიდი ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. მაშასადამე, შავი სკალის ნულოვანი დანაყოფი ემთხვევა წითელი სკალის 30 დანაყოფს. სკალებს შორის ძვრა აიხსნება იმით, რომ ბურთულას ჩაწნების სიღრმე ხშირად აღემატება 0,2 მმ, რის გამოც ისარი გადასცდება 100 დანაყოფს (სისალის მნიშვნელობა მიიღებოდა უარყოფითი).

მასალაში ბუნიკის შეჭრის სიღრმე, რომელიც გამოწვეულია წინასწარი დატვირთვით, მხედველობაში არ მიიღება. მის გამოსარიცხად ციფერბლატის

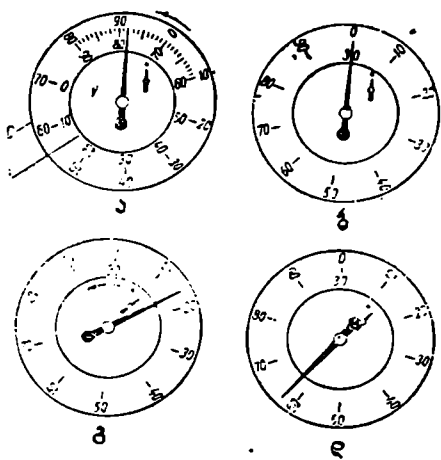


ნახ. 16. ალმასის კონუსის ჩაწევის სისალის განსაზღვრის დროს: 1—1 — კონუსის შეჭრა წინასწარი დატვირთვის შედეგად; 2—2 — კონუსის შეჭრა საერთო დატვირთვის შედეგად; 3—3 — ჩაწევა იმ დროს, როდესაც დატვირთვა მოხსნის შემდეგ.



ნახ. 17. როკველის ხელსაწყოს სქემა

C და B სკალები მოთავსებულია საბრუნ რგოლზე. ამ რგოლს აბრუნებენ C სკალის ნულოვანი დანაყოფის დიდი ისრის მდებარეობასთან დამთხვევამდე (ნახ. 18, ბ). ამის შემდეგ სახელურის 9 წინ გადაადგილების საშუალებით ნიმუშზე უმატებენ ძირითად დატვირთვის (ე. ი. ადგილი აქვს სრულ დატვირთვის), რის შედეგადაც ალმასის კონუსი ან ბურთულა სულ უფრო ღრმად აქრება გამოსაცდელ მასალაში. ამ დროს ციფერბლატის დიდი ისარი ბრუნავს საათის ისრის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით. სრული დატვირთვა, რომელიც ზეთის ამორტიზატორის 13 საშუალებით ხორციელდება, გრძელდება 5—7 წამის განმავლობაში. ამ მომენტში დიდი ისრის სკალაზე მდებარეობა შეესაბამება ერთი მხრივ ბუნიკის ნიმუშის მასალაში შეკრას და მეორე მხრივ ნიმუშის დრეკად დეფორმაციას (ნახ. 18, გ). სისალის ზუსტი განსაზღვრისათვის საჭიროა დრეკადი დეფორმაციით გამოწვეული ინდიკატორის ჩვენების გამორიცხვა. ამისათვის სახელურის 9 უკან გადაწევით ხსნაან ძირითად დატვირთვას, რითაც ნიმუშიდან იხსნება დრეკადი დეფორმაცია და ამ მომენტში ისარი სკალაზე აჩვენებს მხოლოდ ძირითადი დატვირთვით გამოწვეული ბუნიკის შეკრის სიღრმეს. სწორედ ეს რიცხვი ახასიათებს მოცემული მასალის სისალეს (ნახ. 18, დ). თუ გაზომვა ბურთულათი ხდება (100 კგ დატვირთვის დროს). ისრის ჩვენებას ვკითხულობთ ხელსაწყოთა ციფერბლატის B სკალაზე; 150 კგ დატვირთვის დროს, ალმასის კონუსით გაზომვის შემთხვევაში C სკალაზე. ზოლო 60 კგ დატვირთვის დროს A სკალაზე.



ნახ. 18. ციფერბლატზე ისრების გადაადგილების სქემა სისალის განსაზღვრის დროს

მიღებული სისალის რიცხვი აღინიშნება: ბურთულათი გაზომვის დროს HRB-თი ან RB-თი; ალმასის კონუსით 150 კგ დატვირთვისას HRC-თი ან RC-თი, ხოლო ალმასის კონუსით 60 კგ დატვირთვისას HRA-თი და RA-თი. გამოსაცდელი მასალის მიხედვით ბუნიკის, დატვირთვისა და სკალის შერჩევა ხდება მე-5 ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 5

ბუნიკის, დატვირთვისა და სკალის შერჩევა სისალეზე გამოცდისათვის

გამოსაცდელი ნიმუშის მახლოებითი სისალე ბრინჯაო	ბუნიკის სახე	სკალის აღნიშვნა	დატვირთვა	სისალის აღნიშვნა რიცხვით	სკალის დასაშვები ზღვრები
60—230	ფოლადის ბურთულა	B	100	HRB	25—100
230—700	ალმასის კონუსით	C	150	HRC	20—67
700-ზე მეტი	იგივე	A	60	HRA	70-ზე მეტი

**მეთოდური მითითებანი ლაბორატორიული სამუშაოს  
შესასრულებლად**

**I. დავალება**

1. შეისწავლეთ ბრინელის და როკველის ხელსაწყოების აგებულება და მუშაობა; 2. გაზომეთ მომწვარი და ნაწრთობი ნახშირბადოვანი საიარალო ფოლადების ნიმუშების სისალე და შეადარეთ მიღებული შედეგები; 3. გადაიყვანეთ სისალის როკველის რიცხვი ბრინელის რიცხვზე გადამყვანი ცხრილის საშუალებით; 4. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

**II. სამუშაოს მიზანი**

ბრინელისა და როკველის ხელსაწყოების აგებულების, მუშაობისა და მათი საშუალებით სისალის გაზომვის მეთოდების პრაქტიკული გაცნობა.

**III. ხელსაწყოები, იარაღები და ნიმუშები**

1. ბრინელის ხელსაწყო; 2. როკველის ტიპის ხელსაწყო; 3. მომწვარი და ნაწრთობი ნახშირბადოვანი საიარალო ფოლადების ნიმუშები; 4. ქლიბები; 5. ზუმფარის ქაღალდი; 6. ბუნეკები (ალმასის კონუსი  $120^\circ$  და ნაწრთობი ფოლადის ბურთულა).

**IV. მუშაობის მსვლელობა**

**1. ბ რ ი ნ ე ლ ი ს მ ე თ ო დ ი**

1. მოამზადეთ ნიმუშის ზედაპირი გამოცდისათვის, რისთვისაც ზედაპირი უნდა დაამუშავოთ ზუმფარის ქარგოლით ან ქლიბით.

**შენიშვნა:** დამუშავების ღრის ნიმუშის ზედაპირი არ უნდა გახურდეს  $100-150^\circ$ -ზე მეტად.

2. შეარჩიეთ ბურთულას დიამეტრი და დატვირთვა მე-3 ცხრილის მიხედვით,

3. შეარჩიეთ ტვირთები მე-4 ცხრილის მიხედვით,

4. საკიდზე 8 (ნახ. 13) დააყენეთ შერჩეული ტვირთები,

5. ბურთულიანი ბუნეკი 1 ჩადგით შპინდელში და დაამაგრეთ,

6. მაკიდაზე 3 მოათავსეთ გამოსაცდელი ნიმუში 2;

**შენიშვნა:** ანაბეჭდის ცენტრის დაშორება ნიმუშის ნაპირიდან ბურთულას დიამეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

7. სახელურის 5 ბრუნვით საათის ისრის სვლის მიმართულებით აწიეთ მაგიდა და მიაბჯინეთ ნიმუში 2 ბურთულას 1, სახელურის ბრუნვა გრძელდება მაჩვენებლის შპინდელის ხაზაკზე თანმთხვევამდე,

8. ჩართეთ ელექტროძრავი დილაკზე ხელის დაჭერით,

9. ელექტროძრავის გამორთვის შენდევ სახელურის 5 ბრუნვით საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით მაგიდა 3 დაუშვით, ნიმუში მოხსენით.

10. ამავე წესით ნიმუშზე აწარმოეთ მე-2 და მე-3 ანაბეჭდის მიღება;

შენიშვნა: ახლო მდებარე ანაბეჭდების ცენტრებს შორის დაცილება ბურთულას ორ დამეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

11. თუ გამოცდა ხდება 10 ან 5 მმ დიამეტრის მქონე ბურთულათი, გაზომეთ ანაბეჭდების დიამეტრები ლუბით 0,05 მმ-მდე სიზუსტით (ნახ. 15), ან სპეციალური მიკროსკოპით 0,01 მმ-მდე სიზუსტით (თუ გამოცდა ხდება 2,5 მმ დიამეტრის ბურთულათი).

შენიშვნა: ანაბეჭდის დიამეტრის გაზომა აწარმოეთ ორი ურთიერთმართობი მიმართულებით და აიღეთ ამ ორი გაზომვის საშუალო არითმეტიკული.

12. ამავე წესით გაზომეთ დანარჩენი ანაბეჭდების დიამეტრები,

13. მე-6 ცხრილის მიხედვით განსაზღვრეთ სისალის რიცხვები მიღებული ანაბეჭდების დიამეტრებისათვის,

14. გაიანგარიშეთ მიღებული სისალებების საშუალო არითმეტიკული,

15. მიღებული მნიშვნელობები შეიტანეთ გამოცდის ოქმში.

## II. როკველის მეთოდი

1. ნოაპზადეთ ნიმუშები გამოცდისათვის.

შენიშვნა: ნიმუშის ზეთაპირი უნდა იყოს სუფთა, ზეთის და სხვა ქუქკის გარეშე; გაღებული დეფარკები უნდა იქნეს მოცილებული, უნდა იყოს ბრტყელი, შეიძლება ისეთი ამობურკული ზედაპირების სისალის გაზომვაც, რომელთა სიზრდის რადიუსი 5 მმ-ზე მეტია: მინიმალური სისპე ნიმუშისა 8-ჯერ მეტი უნდა იყოს ანაბეჭდის სიღრმეზე.

2. შეარჩიეთ საყრდენი მაგიდა გამოსაცდელი ნიმუშის პროფილის მიხედვით (V-სებრი ღარაკებით და სხვ.),

3. სისალის გასაზომი ნიმუშის მასალის გვარობის მიხედვით მე-5 ცხრილიდან შეარჩიეთ ბუნიკი, დატვირთვა და სკალა,

4. როკველის ტიპის ხელსაწყოზე დააყენეთ შერჩეული ბუნიკი 5 და ტვირთი 10,

5. ნიმუში 1 მოათავსეთ ხელსაწყოს მაგიდაზე,

6. მქნევარას 3 ბრუნვით მაგიდა ფრთხილად ასწიეთ ნიმუშის აღმასის კონუსთან (ან ბურთულასთან) შეხებამდე,

7. წინასწარ დატვირთვით ნიმუში, რისთვისაც მქნევარას 3 ბრუნვა გააგრძელეთ პატარა ისრის 6 ციკლებლათის წითელ წერტილზე დამთხვევამდე.

შენიშვნა: ციფერბლათის შავი სკალის დანყოფნე იღი ისრის დაუმთხვევლობის შემთხვევაში თანმთხვევა აწარმოეთ ციფერბლათის სკალეზიან რგოლის შემობრუნებით.

8. ნიმუშზე ძირითადი დატვირთვა მოახდინეთ სახელურის 9 მსუბუქად წინ გადადგებით 5—7 წამის შემდეგ მოხსენით სახელურის 9 უკან გადმოტანით,

9. ციფერბლათის შერჩეულ სკალაზე ისრის ჩვენება — სისალის რიცხვი ჩაიწერეთ როკველის მეთოდით,

10. მქნევარას 3 საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვით გაანთავისუფლეთ ნიმუში წინასწარი დატვირთვისაგან და ცდა გაიმეორეთ ნიმუშის სხვა წერტილში. ერთ ნიმუშზე ცდა აწარმოეთ არა ნაკლებ სამჯერ.

შენიშვნა: C და A სკალების მიხედვით გამოცდის დროს ანაბეჭდის ცენტრის დაშორება ნიმუშის ზედაპირამდე ან მეორე ანაბეჭდამდე 2,5 მმ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს, ხოლო B სკალის დროს — არა ნაკლები 4 მმ.

11. გამოითვალეთ სისხლის საშუალო არითმეტიკული,

12. მე-7 ცხრილის საშუალებით როკველის სისხლის რიცხვი გადაიყვანეთ ბრინელის რიცხვზე,

13. მიღებული შედეგები შეიტანეთ გამოცდის ოქმში; შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: ა. სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, სამუშაოს მსვლელობის აღწერა, ბრინელისა და როკველის მეთოდით სისხლის გაზომვის პრინციპული სქემა, ბრინელისა და როკველის ხელსაწყოების სქემები, ბრინელისა და როკველის მეთოდით სისხლის გამოცდის ოქმები, დასკვნა.

ბრინელის მეთოდის სისხლის გაზომვის ოქმი

№ როგბე	გამოცდის პირობები (ბურთულას დიამეტრი მმ-ობით) და დატვირთვა კგ-ობით	ანაბეჭდის დიამეტრი მმ-ობით			სისხლე			საშუალო
		1-ლი ანაბეჭდი	მე-2 ანაბეჭდი	მე-3 ანაბეჭდი	1-ლი ანაბეჭდი	მე-2 ანაბეჭდი	მე-3 ანაბეჭდი	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

როკველის მეთოდით სისხლის გაზომვის ოქმი

№ როგბე	სკალა	სისხლე HRC						სისხლე ბრინელის მიხედვით
		1	2	3	4	5	საშუალო	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

სისალის რიცხვის (HB) განაზღვრა ბრინელის მეთოდით

ანაბეჭდის დიამეტრი $d_{10}$ ან $2 d_5$ ან $4 d_{2,5}^*$	სისალის რიცხვი ბრინელით P კვ ლატვირთვის დროს			ანაბეჭდის დიამეტრი $d_{10}$ ან $2 d_5$ ან $4 d_{2,5}^*$	სისალის რიცხვი ბრინელით P კვ ლატვირთვის დროს		
	30D <sup>2</sup>	10D <sup>2</sup>	2,5 D <sup>2</sup>		30 D <sup>2</sup>	10 D <sup>2</sup>	2,5 D <sup>2</sup>
2,90	444	—	—	4,55	174	58,1	14,5
2,95	430	—	—	4,60	170	56,8	14,2
3,0	415	—	34,6	4,65	166	55,5	13,9
3,05	401	—	33,4	4,70	163	54,3	13,6
3,10	388	129	32,3	4,75	159	53,0	13,3
3,15	375	125	31,3	4,80	156	51,9	13,0
3,20	363	121	30,3	4,85	153	50,7	12,7
3,25	352	117	29,3	4,90	149	49,6	12,4
3,30	340	114	28,4	4,95	146	48,6	12,2
3,35	332	110	27,6	5,0	143	47,5	11,9
3,40	321	107	26,7	5,05	140	46,5	11,6
3,45	311	104	25,9	5,10	137	45,5	11,4
3,50	302	101	25,2	5,15	134	44,6	11,2
3,55	293	97,7	24,5	5,20	131	43,7	10,9
3,60	286	95	23,7	5,25	128	42,8	10,7
3,65	277	92,3	23,1	5,30	126	41,9	10,5
3,70	269	89,7	22,4	5,35	123	41,0	10,3
3,75	262	87,2	21,8	5,40	121	40,2	10,1
3,80	255	84,9	21,2	5,45	118	39,4	9,86
3,85	248	82,6	20,7	5,50	116	38,6	9,66
3,90	241	80,4	20,1	5,55	114	37,9	9,46
3,95	235	78,3	19,6	5,60	111	37,1	9,27
4,0	229	76,3	19,1	5,65	109	36,4	9,10
4,05	223	74,3	18,6	5,70	107	35,7	8,93
4,10	217	72,4	18,1	5,75	105	35,0	8,80
4,15	212	70,6	17,6	5,80	103	34,3	8,59
4,20	207	68,8	17,2	5,85	101	33,7	8,43
4,25	202	67,1	16,8	5,90	99,2	33,1	8,26
4,30	196	65,5	16,4	5,95	97,3	32,4	8,11
4,35	192	63,9	16,0	6,00	95,5	31,8	7,96
4,40	187	62,4	16,6				
4,45	183	60,9	15,2				
4,50	179	59,5	14,9				

\* 2d<sub>5</sub> და 4d<sub>2,5</sub> აღნიშნავს, რომ ცხრილის მიხედვით სისალის განაზღვრისათვის ანაბეჭდის დიამეტრის 5 მმ დიამეტრის ბურთულათი გამოცდის დროს უნდა გამოავლდეს 2-ზე, ხოლო 2,5 მმ დიამეტრის ბურთულათი გამოცდისას 4-ზე.

გამოცდის სხვადასხვა პერიოდებით მიღებული ხისხლის რიცხვებს შორის შედარება

პერიოდის დასაწყისი მ. მ. მ. მ.	ჩაწნეხვით გამოცდის დროს				აღმასის პირამიდით (ვიქერის ტიპის ხელსაწ.) 1 ÷ 120 კგ დატვირთ. დროს HV
	ფოლადის ბურთულათი 10,300 (ბრუნვის ტიპის ხელსაწ.) HB	აღმასის კონუსის ან ფოლადის ბურთულას (როკვე-ლის ტიპის ხელსაწუობზე) სხვადასხვა დატვირთვის დროს			
		150 კგ (კონუსი) HRC	60 კგ (კონუსი) HRC	100 კგ (ბურთულა) HRB	
1	2	3	4	5	6
2, 20	750	72	84	—	1124
2, 25	745	70	83	—	116
2, 30	712	69	82	—	1022
2, 35	632	66	81	—	941
2, 40	653	64	80	—	868
2, 45	627	62	79	—	904
2, 50	601	60	78	—	746
2, 55	578	58	78	—	694
2, 60	555	56	77	—	650
2, 65	534	54	76	—	606
2, 70	514	52	75	—	567
2, 75	495	50	74	—	551
2, 80	477	49	74	—	534
2, 85	461	48	73	—	502
2, 90	444	46	73	—	474
2, 95	429	45	72	—	460
3, 00	415	63	72	—	435
3, 05	401	42	71	—	423
3, 10	388	41	71	—	401
3, 15	375	40	70	—	390
3, 20	363	39	70	—	380
3, 25	352	38	69	—	361
3, 30	341	36	68	—	341
3, 35	331	35	67	—	334
3, 40	321	33	67	—	320
3, 45	311	32	66	—	311
3, 50	302	31	66	—	393
3, 55	293	30	65	—	292
3, 60	285	29	65	—	285
3, 65	277	28	64	—	278
3, 70	269	27	64	—	270
3, 75	262	26	63	—	261
3, 80	255	25	63	—	255
3, 85	249	24	62	—	249
3, 90	241	23	62	—	240
3, 95	235	21	61	102	235
4, 00	229	20	61	101	228
4, 05	223	19	60	100	222
4, 10	217	17	60	99	217
4, 15	212	15	59	98	213
4, 20	207	14	59	97	208
4, 25	201	13	56	95	201
4, 30	197	12	58	94	197
4, 35	192	11	57	93	192
4, 40	187	9	57	92	186
4, 45	183	8	56	91	183
4, 50	179	7	56	90	178
4, 55	174	6	55	90	174



აპაქუნის ლიბრის მ. მ. მ. მ. მ.	ჩაწნებით გამოცდის დროს				ფლამას პირა- შილით (ვიკერსის ტიპის ხელსაწი- ნი) 1-120 აგ ლატეირთ. დროს HV
	ფოლადის ბურ- თულთი 10/3000 (ბრინჯის ტიპის ხელსაწი.) HB	ალმასის კონუსის ან ფოლადის ბურთულას (რუკუ- ლის ტიპის ხელსაწი) (ხედასხვა დატვირთვის დროს			
		150 კგ (კონუსი) HRC	60 კგ (კონუსი) HRC	100 კგ (ბურთუ- ლი) HRC	
1	2	3	4	5	6
4.60	170	4	54	89	172
4.65	167	3	53	83	166
4.70	163	2	53	87	162
4.75	159	1	52	85	159
4.80	156	0	—	84	155
4.85	152	—	—	83	152
4.90	149	—	—	82	149
4.95	146	—	—	81	148
5.00	143	—	—	80	143
5.05	140	—	—	79	140
5.10	137	—	—	78	138
5.15	134	—	—	77	134
5.20	131	—	—	76	131
5.25	128	—	—	75	129
5.30	126	—	—	74	127
5.35	123	—	—	73	123
5.40	121	—	—	72	121
5.45	118	—	—	71	118
5.50	116	—	—	70	116
5.55	114	—	—	69	115
5.60	111	—	—	68	113
5.65	109	—	—	66	110
5.70	107	—	—	65	109
5.75	105	—	—	64	108

## ლაბორატორიული საშუალო № 4

ლითონების სისაღე გამოცდა აოლდის მეთოდით

## მოკლე თეორიული ცნობები

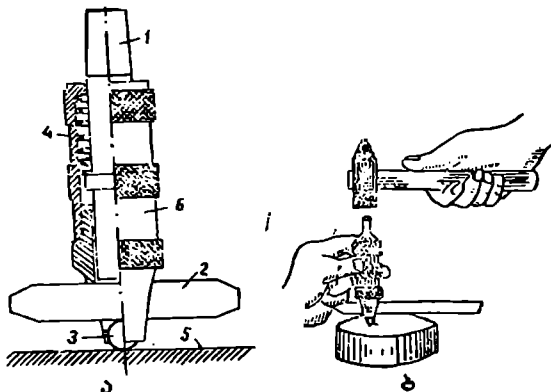
პოლდის მეთოდს (ნაწრთობი ფოლადის ბურთულის დარტყმით ჩაწნება) დიდი წონისა და ზომის ლითონის ნაქეთების (დიდი ნაჭედები, სხმულები) სისაღის გასაზომად იყენებენ.

პოლდის მეთოდით სისაღე განისაზღვრება მიახლოებით ( $\pm 7\%$ ), რაც იმით აიხსნება, რომ ბურთულას ჩაწნება ხდება დინამიკურად, ხოლო სისაღე (HB) განისაზღვრება ისევე, როგორც სტატიკური გამოცდის დროს.

პოლდის მეთოდით სისაღის გაზომვას აწარმოებენ პოლდის ხელსაწი (ნახ. 19, ა).

გაზომვისათვის ბურთულასა 3 და საცემს 1 შორის ათავსებენ ეტალონს 2, რომელსაც საცემი ყოველთვის ებჭინება ზამბარის 4 საშუალებით. ეტალო-

ჩიან ხელსაწყოს 6 აყენებენ (ნახ. 19, ბ) გამოსაცდელი დეტალის ან ნიმუშის 5 ზედაპირზე მართობულად, საცემზე არტყამენ ჩაქუჩის ისეთი ძალით, რომ ეტალონზე ანაბეჭდის დიამეტრი 2—4 მმ იყოს. უფრო ძლიერმა დარტყმამ შეიძლება გამოიწვიოს სისალის არასწორი ჩვენება. დარტყმის შედეგად ანაბეჭდი მიიღება აგრეთვე ნიმუშის ზედაპირზეც. ანაბეჭდის დიამეტრებს, როგორც



ნახ. 19. ა—პოლის ხელსაწყო; ბ—გამოდის სქემა

ნიმუშზე, ისე ეტალონზე ზომიერად მიკროსკოპით. გამოსაცდელი ლითონის (ნიმუშის) სისალე გამოითვლება ფორმულით:

$$HB_6 = HB_0 \cdot \frac{D - \sqrt{D^2 - d_0^2}}{D - \sqrt{D^2 - d_6^2}} \text{ კგ/მმ}^2, \quad (10)$$

სადაც  $HB_6$  არის ნიმუშის სისალე;

$HB_0$  — ეტალონის სისალე;

$D$  — ბურთულას დიამეტრი მმ-ობით;

$d_6$  — ანაბეჭდის დიამეტრი ნიმუშზე მმ-ობით;

$d_0$  — ანაბეჭდის დიამეტრი ეტალონზე მმ-ობით.

სისალე შეიძლება განისაზღვროს აგრეთვე მიახლოებითი ფორმულით:

$$HB_6 = HB_0 \cdot \frac{d}{d_0^2} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (11)$$

სადაც  $HB_6$  არის ნიმუშის სისალის რიცხვი კგ/მმ<sup>2</sup>-ობით;

$HB_0$  — ეტალონის სისალის რიცხვი კგ/მმ<sup>2</sup>-ობით;

$d_6$  — ნიმუშის ანაბეჭდის დიამეტრი მმ-ობით;

$d_0$  — ეტალონის ანაბეჭდის დიამეტრი მმ-ობით.

ნიმუშის სისალის განსაზღვრას აწარმოებენ აგრეთვე სპეციალური ცხრილის საშუალებით.

მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს  
შეასრულებლად

I. დავალება

1. შეისწავლეთ პოლდის ხელსაწყოთა აგებულება და მუშაობა; 2. განსაზღვრეთ სისალე პოლდის ხელსაწყოთი; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

II. სამუშაო მიზანი

პოლდის ხელსაწყოთა აგებულებისა და მასზე სისალის განსაზღვრის პრაქტიკული შესწავლა.

III. ხელსაწყოები, იარაღები და ნიმუშები

1. პოლდის ხელსაწყო (ნახ. 19); 2. ხელსაწყოთა ეტალონები; 3. ფოლადის ნიმუშები; 4. ლუბა ანაბექტის დიამეტრის გასაზომად; 5. ჩაქუჩი; 6. ზუმფარის ქაღალდი; 7. ქლიბი.

IV. მუშაობის მსვლელობა

1. პოლდის ხელსაწყოში (ნახ. 19, ა) ბურთულასა 3 და საცემს 1 შორის ჩადგით ეტალონი 2.
2. ეტალონიანი ხელსაწყო დააყენეთ გამოსაცდელი ნიმუშის 5 ზედაპირზე მართობულად (ნახ. 19, ბ).
3. დაარტყით საცემზე 1 ჩაქუჩი ისეთი ძალით, რომ ეტალონზე ანაბექტის დიამეტრი 2—4 მმ იყოს.
4. ეტალონსა და ნიმუშზე მიღებული ანაბექტების დიამეტრები გაზომეთ ლუბით ურთიერთმართობი მიმართულებებით და განსაზღვრეთ მათი საშუალო არითმეტიკული.
5. განსაზღვრეთ სისალე მე-10 ფორმულით.
6. განსაზღვრეთ სისალე მე-11 ფორმულით.
7. განსაზღვრეთ ნიმუშის სისალე მე-8 ცხრილის მიხედვით.
8. მე-8 ცხრილი შედგენილია  $HB$  — 202 კგ/მმ<sup>2</sup> სისალისათვის. თუ გამოიყენებთ სხვა სისალის ეტალონს, მაშინ მე-9 ცხრილიდან შეარჩიეთ გადაყვანი კოეფიციენტი ( $K$ ).
9. განსაზღვრეთ ფორმულით ნიმუშის სისალე გადაყვანი კოეფიციენტის გათვალისწინებით:

$$HB_s = HB_0 \cdot k,$$

სადაც  $HB_s$  — არის ნიმუშის საძებნი სისალე;

$HB_0$  — ნიმუშის სისალე ცხრილით;

$K$  — გადაყვანი კოეფიციენტი სხვა ეტალონებით გამოცდის შემთხვევაში.



ეტალონზე ანაბეჭდების დიაგრამების მიხედვით

დიაგრამა 22																				
3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5
97																				
107	97																			
118	107	99																		
131	121	109	101																	
145	131	121	109	101	97															
160	145	134	123	111	105	97														
181	160	148	136	126	115	107	99													
202	181	164	148	136	126	118	109	101												
214	202	182	164	148	136	129	118	109	101	97										
226	212	202	182	164	152	139	129	121	111	105	97									
240	226	212	202	182	164	152	139	129	121	111	105	99								
252	238	224	212	202	182	164	152	139	131	123	115	107	99							
266	252	238	224	212	202	186	166	154	141	131	123	115	107	101	97					
282	264	250	234	224	212	202	186	166	154	141	133	125	117	109	101	97				
295	279	264	250	234	224	212	202	186	166	154	141	133	125	117	109	105	99			
309	293	277	260	246	234	224	212	202	186	166	154	141	133	125	117	111	107	101	97	
327	307	291	277	256	246	234	224	212	202	186	166	154	145	135	129	121	111	107	101	97

ვალუენი კოეფიციენტის K რიცხოზრავი მნიშვნელობები

ეტალონის სისაღე HB <sub>0</sub>	კოეფიციენტი K	ეტალონის სისაღე HB <sub>2</sub>	კოეფიციენტი K	ეტალონის სისაღე HB <sub>0</sub>	კოეფიციენტი K
150	0,742	170	0,842	190	0,941
152	0,752	172	0,851	192	0,950
154	0,762	174	0,861	194	0,960
156	0,772	176	0,871	196	0,970
158	0,782	178	0,881	198	0,980
160	0,792	180	0,891	200	0,990
162	0,802	182	0,901	202	1,000
164	0,812	184	0,911	204	1,010
166	0,822	186	0,921	206	1,020
168	0,832	188	0,931	208	1,030
				210	1,040

**თერმული ანალიზი**

თერმული ანალიზის მიზანია სუფთა ლითონში ან შენადნობებში ფაზური გარდაქმნის განსაზღვრა „ტემპერატურა—დროის“ კოორდინატებში გამყარების ან დნობის დიაგრამების აგების საშუალებით.

თერმული ანალიზისას განსაზღვრული დროის მონაკვეთებში იწერენ გაცივებადი ან გახურებადი ლითონის ტემპერატურას. როდესაც ლითონში არ ხდება რაიმე ფაზური გარდაქმნა, მაშინ გაცივების მრუდი მდოვრება. მაშინ როდესაც გახურებისას ან გაცივებისას ლითონში ადგილი აქვს ფაზურ გარდაქმნას, ხდება სითბოს გამოყოფა (გაცივებისას) ან შთანთქმა (გახურებისას), ამ შემთხვევაში გარდაქმნის ადგილებში ანუ კრიტიკულ წერტილებში მრუდზე აღინიშნება თარზული უბნები ან გამრუდებები.

ამგვარად აგებულ მრუდებზე არსებული თარზული უბნებისა და ტეხილების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ სუფთა ლითონების ან შენადნობების გაცივების ან გახურების პროცესში მათ ფაზურ გარდაქმნებზე (კრიტიკულ წერტილებზე).

აღებული სისტემის სუფთა ლითონებისა და მთელი რიგი შენადნობების მრუდების აგების შემდეგ თუ მიღებულ კრიტიკულ წერტილებს ინტერპოლაციის გზით ვადვიტანთ ტემპერატურა-კონცენტრაციის სისტემაში, მივიღებთ შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ყველა ხაზს.

**ლაბორატორიული სამუშაო № 5**

**სუფთა ლითონების დაკრისტალების კინეტიკული ტემპერატურების განსაზღვრა თერმული ანალიზის დაგრაფირების მრუდის აგებით**

**მოკლე თეორიული ცნობები**

გამდნარი ლითონი განსაზღვრულ ტემპერატურაზე გაცივებისას დაკრისტალების შედეგად მყარ ლითონად გარდაიქმნება. სუფთა ლითონის გარდაქმნას განსაზღვრულ ტემპერატურაზე ხშირად ადგილი აქვს გამყარების შემდეგაც. ლითონის ყოველ გარდაქმნას თან სდევს გახურების შემთხვევაში სითბოს შთანთქმა და გაცივებისას სითბოს გამოყოფა. თერმული ანალიზის დროს აწარმოებენ სწორედ იმ ტემპერატურის განსაზღვრას, რომლის დროსაც ადგილი აქვს რაიმე გარდაქმნას, ანუ სითბოს შთანთქმას ან გამოყოფას.

ტემპერატურას, რომლის დროსაც ლითონში რაიმე გარდაქმნა ხდება, კრიტიკული წერტილი ეწოდება.

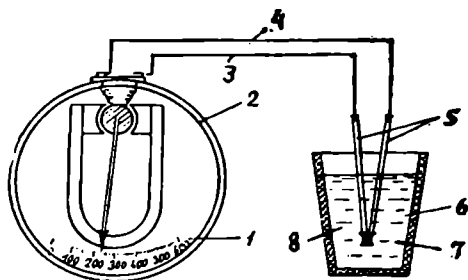
თერმული ანალიზით ლითონის კრიტიკული წერტილის დასადგენად ლითონის დაკრისტალების (გაცივების ან გამყარების) პროცესს სწავლობენ, რისთვისაც ტემპერატურის გაზომვას დროის ტოლ შუალედებში აწარმოებენ. დროის მონაკვეთების მიხედვით ტემპერატურის მნიშვნელობებით „ტემპერატურა—დროის“ კოორდინატებში აგებენ გაცივების (ან გამყარების) მრუდებს.

თერმული ანალიზისათვის ტემპერატურის გაზომვას ძირითადად აწარმოებენ თერმომეტრებით და პირომეტრებით. —30-დან +550°-მდე იყენებენ ვერცხლისწყლის თერმომეტრებს, ხოლო 200°-დან +1600°-მდე იყენებენ თერმოელექტრულ პირომეტრებს.

ტემპერატურის საზომად უმეტესად გამოიყენება თერმოელექტრული პირომეტრები.

თერმოელექტრული პირომეტრი (ნახ. 20) შედგება მილივოლტმეტრისა 2 და თერმოწყვილისაგან 5.

თერმოწყვილი მზადდება ორი სხვადასხვა ლითონისაგან, რომელთა ბოლოებს ერთ წერტილში რჩილავენ. იმისდა მიხედვით, თუ როგორია გასაზომი ტემპერატურა, სხვადასხვა თერმოწყვილებს ხმარობენ (ცხრილი 10).



ნახ. 20. თერმოელექტრული პირომეტრით ლითონის ტემპერატურის გაზომვის სქემა

ცხრილი 10

ტიპი	ელექტროდების (მეთელის) მასალა		გასაზომი მაქსიმალური ტემპერატურა C°-ით	
	ელექტროდადებით	ელექტროდაარყოფით	ხანმოკლე გახურების დროს	ხანგრძლივი გახურების დროს
ΠΠ	პლატინოროდი (90% Pt, 10% Rh)	პლატინა	1600	1300
XA	ქრომელი (89% Ni, 10% Cr, 1% Fe)	ალუმელი (95% Ni, 2% Al, 1% Mn, 1% Si)	1100	950
XA	ქრომელი	კოპელი (43—44% Ni, 56—57% Fe)	800	600
XA	რკინა	კოპელი	800	600
MA	სპილენძი	კოპელი	500	350
MA	სპილენძი	კონსტანტანი (40% Ni, 59% Cu, 1% Mn)	400	200

ტემპერატურის გასაზომად თერმოწყვილის 5 პირჩილულ 7 ბოლოს (ე. წ. ცხელ ბოლოს) გამდნარ ლითონში 8 ისე უშვებენ, რომ არ ეხებოდეს ტიგელს 6, ხოლო მეორე — ცივ ბოლოებს სპილენძის სადენების 3 და 4 საშუალებით უერთებენ მილივოლტმეტრის 2 მოპკერებს. გახურდება რა გამდნარ

ლითონში ჩაშვებული თერმოწყვილის ბოლო, მავთულეებში წარმოიქმნება თერმოდენი, რომელიც გამოიწვევს მილივოლტმეტრის სკალაზე 1 ისრის გადახრას. მისი გადახრა პირდაპირპროპორციულია ცხელი და ცივი ბოლოების ტემპერატურების სხვაობის. იმისათვის, რომ დავიცვათ თერმოელექტრომომრავებელი ძალის მხოლოდ ცხელი ბოლოს ტემპერატურებთან პროპორციულობა, საჭიროა, რომ ცივი ბოლო იმყოფებოდეს მუდმივ ტემპერატურაზე 0 ან 20°. ამ მიზნით ცივ ბოლოს ათავსებენ თერმოსტატში ან ლუმლიდან მნიშვნელოვანი დაშორებით. მოცემული თერმოწყვილისა და მილივოლტმეტრისათვის აგებენ ტემპერატურასა და მილივოლტებს შორის დამოკიდებულების მრუდს, ანუ როგორც მას უწოდებენ დაგრადუირების მრუდს (ნახ. 22).

## მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულავლად

### I. დავალება

1. დააკვირდით ტყვიისა და სტიბიუმის (ან სხვა ლითონების) გამყარების პროცესს; 2. ააგეთ თერმოწყვილის დაგრადუირების მრუდი და  $Pb$ ,  $Sn$ ,  $Sb$  გამყარების მრუდები ტემპერატურა—დროის კოორდინატებში; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

თერმოწყვილის დაგრადუირებისა და ლითონების დაკრისტალების კრიტიკული ტემპერატურების განსაზღვრის ტექნიკის პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და ნიმუშები

1. ელექტროლუმელი; 2. ფაიფურის ტიგლები; 3. სადგარი; 4. თერმოელექტრული პირამეტრი; 5. წამსაზომი; 6. სუფთა ლითონების ( $Pb$ ,  $Sn$ ,  $Sb$ ) ნიმუშები; 7. დანაყული ხის ნახშირი.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

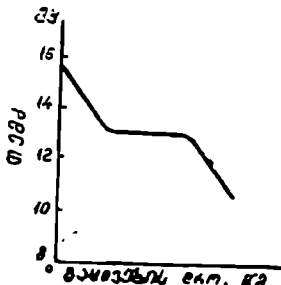
- 150—200 გ სუფთა ტყვია მოათავსეთ ელექტროლუმელში ჩადგმულ ქოთანში.
- ჩართეთ ღუმელი და ოდნავ გადახურებით გააძნეთ ლითონი.
- გამდნარი ლითონის ზედაპირს მოაყარეთ დანაყული ხის ნახშირი ლითონის დაეანგვის თავიდან ასაცილებლად.
- ტიგელს დააფარეთ სახურავი ან ფურცლოვანი აზბესტი.
- სახურავის ნახვრეტში გაატარეთ თერმოწყვილის ცხელი ბოლო და ჩაუშვით გამდნარ ლითონში, ისე რომ არ ეხებოდეს ტიგელის კედლებს.
- ელექტროქსელიდან გამოართეთ ღუმელი.
- მილივოლტმეტრის ისრის უკან დაბრუნების მომენტიდან ყოველი 15—30 წამის შემდეგ გაღვანომეტრის მილივოლტების ჩვენება შეიტანეთ გაღვანომეტრის ჩვენების ოქმის მე-2 სვეტში.



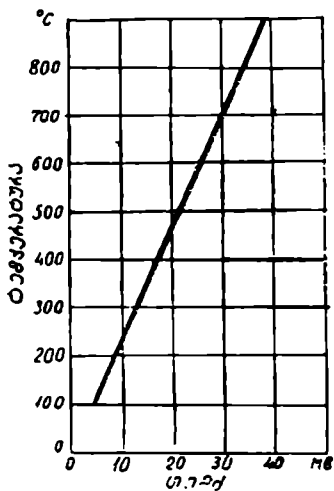
8. დააკვირდით სტიბიუმისა და თუთიის გამყარების პროცესს და გალვანომეტრის ჩვენება შეიტანეთ შესაბამის ოქმში.

9. ააგეთ გამყარების მრუდები „მილივოლტი — დროის“ კოორდინატებში (ნახ. 21).

10. დააკვირდით კალის გამყარების მრუდს და ჩაიწერეთ თარზული უბნის შესაბამისი მილივოლტები —  $X_1$ , რომლებიც შეესაბამება ამ ლითონის კრიტიკულ ტემპერატურას —  $232^{\circ}$ .



ნახ. 21. ტუვიის გამყარების მრუდი მილივოლტი — დროის კოორდინატებში.



ნახ. 22. თერმოწყვილის დაგრაღიერების მრუდი.

11. ასევე ჩაიწერეთ ტუვიისა და სტიბიუმის გამყარების მრუდიდან თარზული უბნების შესაბამისი მილივოლტები  $X_2$  და  $X_3$ , რომელთა კრიტიკული ტემპერატურებია შესაბამისად  $327^{\circ}$  და  $631^{\circ}$ .

12. მიღებული მილივოლტების მნიშვნელობები ( $X_1, X_2, X_3$ ) მასშტაბით გადაიტანეთ აბსცისათა ღერძზე, ხოლო მათი შესაბამისი ტემპერატურები ორდინატთა ღერძზე (ნახ. 22). მივიღებთ დაგრაღიერების მრუდს წერტილებს.

13. გააღეთ ამ წერტილებზე სწორი ხაზი, იგი წარმოადგენს მოცემული თერმოწყვილის დაგრაღიერების მრუდს.

14. ტუვიის, სტიბიუმის და კალის გალვანომეტრის ჩვენების ოქმის მეორე სვეტის მილივოლტებისათვის დაგრაღიერების მრუდის საშუალებით განსაზღვრეთ შესაბამისი ტემპერატურები და შეიტანეთ ამ ოქმის მე-3 სვეტში.

ტ ა ბ უ ლ ა 1

გალვანომეტრის ჩვენების ოქმი ტუვიისათვის

გაცივების დრო წმ-ობით	თერმოელექტრომომოძრავებელი ძალა მვ-ობით	ტემპერატურა $^{\circ}\text{C}$ -ობით
1	2	3
30		
60		
90		
120		
150		
და ა. შ.		

გალვანომეტრის ჩვენების ოქმი კალიბრაციის

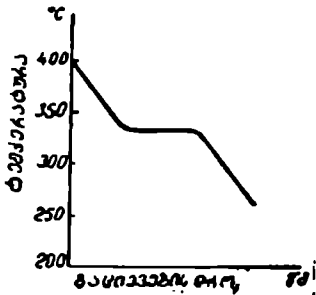
გაციების დრო წმ-ობით	თერმოელექტრომომძრავებელი ძალა მე-ობით	ტემპერატურა °C-ობით
1	2	3
30		
60		
90		
120		
150		
დ ა . შ.		

ტ ა ბ უ ლ ა 3

გალვანომეტრის ჩვენების ოქმი სტიბიუმისათვის

გაციების დრო წმ-ობით	თერმოელექტრომომძრავებელი ძალა მე-ობით	ტემპერატურა °C-ობით
1	2	3
30		
60		
90		
120		
150		
დ ა . შ.		

15. ააგეთ Pb, Sn, Sb გამყარების მრუდები „ტემპერატურა—დროის“ კოორდინატებში (ნახ. 23).



ნახ. 23. ტყეის გამყარების მრუდი ტემპერატურა—დროის კოორდინატებში.

16. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, პირობების სქემა და მუშაობის პრინციპი, ლითონების დაკრისტალების ტემპერატურის განსაზღვრისათვის დანადგარის სქემა, გალვანომეტრის ჩვენების ოქმები, მოცემული ლითონების გამყარების მრუდები „მილიეოლტი-დროის“ კოორდინატებში, იმავე ლითონების გამყარების მრუდები „ტემპერატურა—დროის“ კოორდინატებში; დაგრაღულირების მრუდი, მუშაობის მსვლელობა და დასკვნა.

ლაბორატორიული სამუშაო № 6

შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის I ტიპის დიაგრამის აგება

მოკლე თეორიული ცნობები

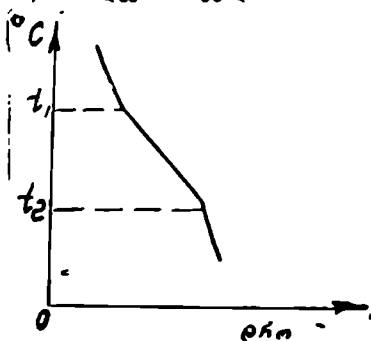
ორი კომპონენტის სხვადასხვა პროცენტული შედგენილობებისას შეიძლება მიღებულ იქნეს მთელი რიგი შენადნობები, რომელთა ერთობლიობას ამ კომპონენტების შენადნობთა სისტემა ეწოდება. შენადნობთა სისტემა თვისე-

ბებით და შედგენილობით შეიძლება იყოს ერთგვაროვანი (ჰომოგენური) და არაერთგვაროვანი (ჰეტეროგენული).

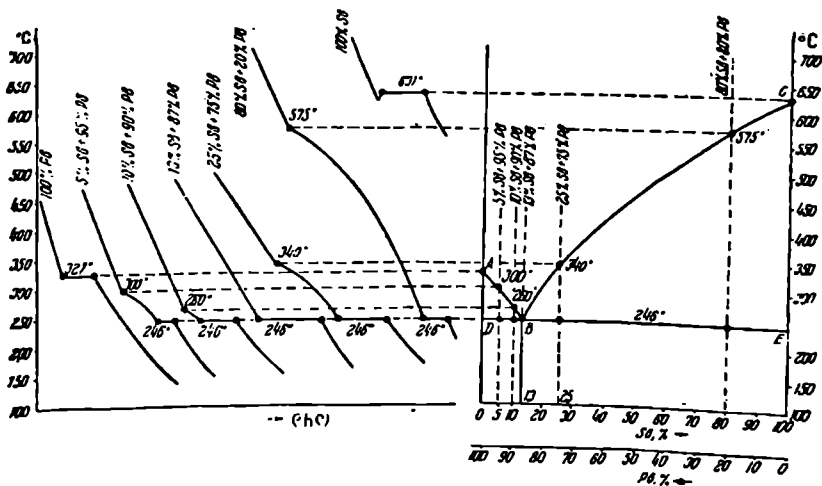
არაერთგვაროვანი სისტემის ერთგვაროვან ნაწილს, რომელიც შემოსაზღვრულია დანარჩენი ნაწილებისაგან გამყოფი ზედაპირით, ფაზა ეწოდება. ფაზა შეიძლება იყოს ქიმიური ელემენტი, ქიმიური ნაერთი თხევადი ხსნარი, მყარი ხსნარი და სხვ. ისეთი შენაღობები, რომლებიც ერთ ფაზას შეიცავენ ერთგვაროვანია; ხოლო ისეთები კი, რომლებიც რამდენიმე ფაზას შეიცავენ არაერთგვაროვანები. გამდნარი შენაღობი წარმოადგენს თხევად ხსნარს —

ერთ ფაზას; გამყარების პროცესში გვაქვს ორი ფაზა: მყარი და თხევადი; გამყარების შემდეგ კი წარმოიქმნება ან ერთგვაროვანი შენაღობი (ერთფაზიანი) ან არაერთგვაროვანი შენაღობი (რამდენიმე ფაზიანი).

შენაღობთა სისტემაში შემაჯალი კომპონენტების თვისებების ცოდნით არ განისაზღვრება მათი შენაღობების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები და არც მათი გამოყენების არე. მათი შენაღობების თვისებების განსაზღვრისათვის აგებენ შენაღობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამას, რომლის საშუალებითაც შეიძლება განისაზღვროს თუ რა მდგომარეობაში იმყოფება სისტემის ნებისმიერი შენაღობი ნებისმიერ ტემპერატურაზე.

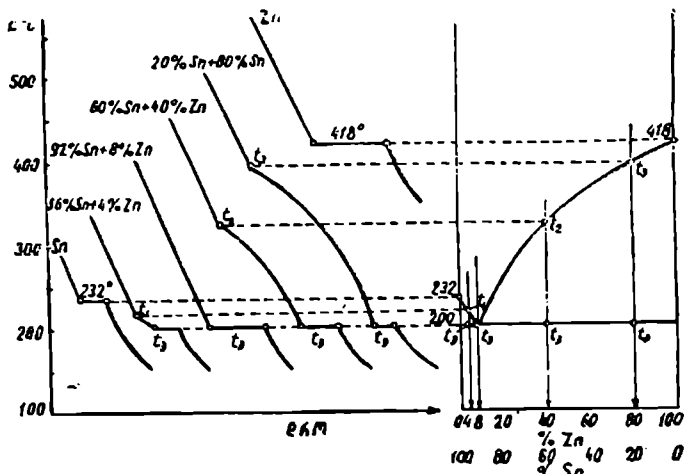


ნახ. 24. შენაღობის გამყარების მრუდი



ნახ. 25. Pb—Sb შენაღობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგება.

ამა თუ იმ შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ასაგებად აგებენ ამ სისტემის კომპონენტებისა და მათი შენადნობების გაცივების მრუდებს ტემპერატურა—დროის კოორდინატებში. მრუდები სუფთა ლითონებისათვის ჩვენთვის უკვე ცნობილია ლაბორატორიული სამუშაო № 5-დან. შენადნობები სუფთა ლითონებისაგან განსხვავებით შესაძლოა მყარდებოდეს არა ერთ მულშივე ტემპერატურაზე, არამედ ტემპერატურათა ინტერვალში (ნახ. 24).

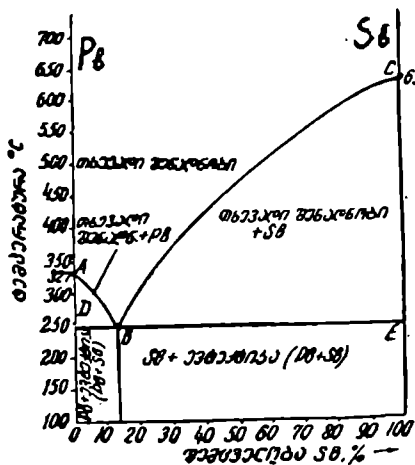


ნახ. 26. Sn—Zn შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგება

სისტემაში შემავალი შენადნობების გამყარების რამდენიმე მრუდის აგების შემდეგ მიღებული მონაცემები გადააქვთ ტემპერატურა—პროცენტული

შედგენილობის კოორდინატთა ლერძებზე (ნახ. 25; 26). პორიზონტალურ ლერძზე გადაიზომება შენადნობის პროცენტული შედგენილობები, ხოლო ვერტიკალურზე გამყარების დაწყება-დამთავრების, ანუ პირველი ( $t_1$ ) და მეორე ( $t_2$ ) კრიტიკული ტემპერატურები.

პირველი კრიტიკული წერტილების შეერთებით მიიღება ლიკვიდუსის ხაზი, ხოლო მეორე კრიტიკული წერტილების შეერთებით სოლიდუსის ხაზი. საბოლოოდ დიაგრამას აძლევენ ზოგად სახეს (ნახ. 27).



ნახ. 27. Pb—Sb შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ზოგადი სახე.

## I. დავალება

დააკვირდით ტყვია (Pb) და სტიბიუმის (Sb) ან სხვა ლითონების (მაგალითად, Sn და Zn) შენადნობთა გამყარების პროცესს; 2. ააგეთ მოცემულ შენადნობთა გამყარების მრუდები „ტემპერატურა-გამყარების დროის“ კოორდინატებში და ამ სისტემის მდგომარეობის დიაგრამა; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

## II. სამუშაოს მიზანი

შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის 1 ტიპის დიაგრამის აგების პრაქტიკული შესწავლა.

## III. ხელსაწყოები და მასალები

1. ელექტროლუმელი; 2. ფაიფურის ტიგელი; 3. სადგარი; 4. თერმომეტრი; 5. წამსაზომი; 6. სუფთა ტყვია და სუფთა სტიბიუმი; 7. დანაყული ხის ნახშირი.

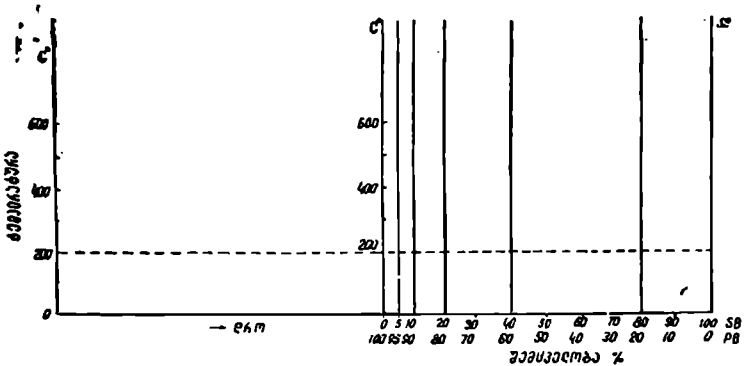
## IV. მუშაობის მსვლელობა

1. წინასწარ შეამზადეთ 5% Sb და 95% Pb შემცველი 150—200 გ შენადნობის მისაღებად ტყვიისა და სტიბიუმის წონითი რაოდენობები.
2. გადაწონილი ტყვია და სტიბიუმი მოათავსეთ ელექტროლუმლის ტიგელში.
3. ჩართეთ ლუმელი და ტიგელში გააძნეოთ ალბულის შენადნობი მცირედი გადახურებით.
4. გამდნარი შენადნობის ზედაპირს მოაყარეთ დანაყული ხის ნახშირი.
5. ტიგელს დააფარეთ სახურავი ან ფურცლოვანი აზბესტი.
6. სახურავის ნახვრეტში შეიტანეთ თერმომეტრის ცხელი ბოლო და ჩაუშვით გამდნარ შენადნობში.
7. ლუმელი გამორთეთ ელექტროქსელიდან.
8. მილივოლტმეტრის უკან დაბრუნების მომენტიდან ყოველი 30—60 წმ-ის შემდეგ ტემპერატურა ჩაიწერეთ და შეიტანეთ ცდის ოქმში. ჩაწერა შეწყვიტეთ გამყარებიდან 2—3 წთ-ის შემდეგ.
9. ასევე მოიქეცით ტყვია-სტიბიუმის სხვა ალბულის შენადნობების შემთხვევაში.
10. დააკვირდით Pb—Sb შენადნობთა გამყარების პროცესს და განსაზღვრეთ დაკრისტალების კრიტიკული ტემპერატურა, რომელიც შეესაბამება თარხულ უბანს (ევტექტიკური შენადნობის შემთხვევაში) ან მრუდის გადაღუნვის წერ-

ტილებს (ყველა დანარჩენი შენადნობების შემთხვევაში), რომლებიც შეესაბამებიან გამყარების დაწყება-დამთავრების მომენტს.

შენიშვნა: სუფთა ლითონების (Pb და Sb) დაკრისტალების კრიტიკული ტემპერატურების განსაზღვრისათვის ისარგებლეთ მე-5 ლაბორატორიული სამუშაოს დროს აგებული მრუდებით.

11. ტყვია-სტიბიუმის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ასაგებად დახაზეთ ტემპერატურა-დროის და ტემპერატურა-კონცენტრაციის კოორდინატები; აბსცისათა (კონცენტრაციის) ლერძიდან აღმართეთ 5, 10, 13, 25 და 80 პროცენტი სტიბიუმის შემცველი შენადნობების შესაბამისი წერტილებიდან მართობები (ნახ. 28).



ნახ. 28. ტემპერატურა-დროის და ტემპერატურა-კონცენტრაციის კოორდინატები

ცლის ოქმი

№№ როგვ	გამყარების დრო წმ-ობით	ტემპერატურა °C						
		სუფთა ტყვია	სუფთა სტიბიუმი	5% Sb	10% Sb	13% Sb	25% Sb	80% Sb
				95% Pb	90% Pb	87% Pb	75% Pb	20% Pb
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30							
2	60							
3	90							
4	120							
და. შ.								

12. თითოეულ ხაზზე შესაბამისი შენადნობის გამყარების მრუდიდან გადაიტანეთ დაკრისტალების ტემპერატურები.

13. ხაზით შეაერთეთ დაკრისტალების დამთავრების შესაბამისი წერტილები.

14. შეაერთეთ შენადნობთა დაკრისტალების დაწყების ტემპერატურების წერტილები (ნახ. 25).

15. ცალკე დახაზეთ შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა და უჩვენეთ მისი ყველა უბნის შენადნობთა შესაბამისი მდგომარეობები და სტრუქტურული მდგენელები (ნახ. 27).

16. დაახასიათეთ ლიკვიდუსის და სოლიდუსის ხაზები და მიღებული უბნების შენადნობთა სტრუქტურები.

17. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, სამუშაოს მსვლელობის აღწერა, ცდის ოქმი, შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგების სქემა, შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ზოგადი სახე, დასკვნა.

## თ ა 3 0 I I I

### ლითონების აგებულების შესწავლა

ლითონებისა და მათი შენადნობების აგებულების, ანუ სტრუქტურის შესწავლას ძირითადად მაკრო-და მიკროანალიზის საშუალებით აწარმოებენ. მეცნიერებას ლითონების მაკრო-და მიკროსტრუქტურული კვლევის შესახებ მეტალოგრაფიას უწოდებენ.

ლითონების კვლევის მეტალოგრაფულ მეთოდს დიდი გამოყენება აქვს თანამედროვე მრეწველობაში. იგი დიდ დანხარებას უწევს ქარხნებს სხმულების, ნაჭედების და ნატიფების წარმოების და აგრეთვე შედუღებისა და თერმული დამუშავების მოწინავე ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავების საქმეში. მეტალოგრაფიული კვლევა საშუალებას იძლევა გავუწიოთ კონტროლი ლითონთა კონსტრუქციების ხარისხს და აგრეთვე დავადგინოთ მანქანათა ცალკეული დეტალების გატეხვის მიზეზები.

### ლაბორატორიული სამუშაო № 7

#### ლითონების მაკროსტრუქტურული ანალიზი (მაკროანალიზი)

#### მოკლე თეორიული ცნობები

ლითონებისა და მათი შენადნობების აგებულების შესწავლის ერთ-ერთ გავრცელებულ მეთოდს მაკროანალიზი წარმოადგენს. მაკროანალიზი ეწოდება ლითონების აგებულების კვლევას შეუიარაღებელი თვალით ან ლუპით. 30-მდე გადიდებით.

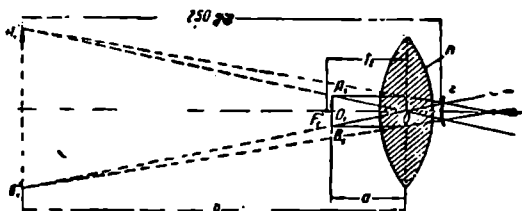
მაკროანალიზი გამოიყენება სხმული ლითონის დენდრიტული აგებულების, ჩაჭდომის ნიჟარების, ნაჭედებისა და ნატიფების ბოჭკოების განლაგების, გოგირდისა და ფოსფორის ლიკვაციის, სტრუქტურული არაერთგვაროვნების, შენადნული ნაყერის ხარისხის და ა. შ. გამოსავლინებლად.

ასხვავებენ მაკროანალიზის ორ სახეს: მაკროანალიზი ნიმუშის ზედაპირის წინასწარი შემზადებით და ტეხზე უშუალოდ დაკვირვების საშუალებით.

ნიმუშს, რომელსაც სპეციალურად ამზადებენ მაკროანალიზისათვის, მაკროხები (მაკროშლიფი) ეწოდება. სტრუქტურას, რომელიც მაკროანალიზით შეისწავლება—მაკროსტრუქტურა.

მაკროხებზე დაკვირვების საშუალებით მაკროანალიზის პროცესი შედგება შემდეგი საფეხურებისაგან: მაკროხების დამზადება, მაკროხების ამოკმა, მაკროსტრუქტურის გამოკვლევა ლუპით, ბინოკულარული მიკროსკოპით ან შეუიარაღებელი თვალით.

მაკროხების ნიმუშის ამოკრის ადგილს ირჩევენ იმისდა მიხედვით, თუ რა იცდება (სხმული, ნაქედი, ნაგლინი, შენადული ან თერმულად დამუშავებული ღეტალი) და რა არის გამოკვლევის მიზანი (დეფექტების, პირველადი დაკრის-ტალების თუ სტრუქტურის არაერთგვაროვნების გამოკვლევა). ნიმუშის ამოკრას აწარმოებენ ნამზადის ან ღეტალის როგორც გრძივი, ისე განივი მიმართულებით. რბილ ნიმუშს სახარატო ჩარხზე ან მექანიკური ხერხებით ჭრიან, ხოლო ხალს სახეხი ქარგოლით. გამოსაკვლევე ზედაპირის სიგლუვეს ბრტყლად სახეხ ჩარხებზე ზუმფარის ქალაღებზე ხეხვით აღწევენ, რის შემდეგ ზედაპირზე მოქმედებენ ამომკმელი რეაქტივით (იხ. ცხრილი 11).



ნახ. 29. ლუპის ოპტიკური სქემა

ლუპა მაკროანალიზის უმარტივესი იარაღი არის ლუპა. იგი წარმოადგენს ბუდეში ჩამჯდარ ორმხრივ ამოზნექილ ლინზას. როგორც ლუპის ოპტიკური სქემიდან ჩანს (ნახ. 29), ლუპას ისე იყავებენ, რომ გასასინჯი ნიმუში  $A_1B_1$  მოხვდეს ფოკუსური  $f_2$  დაშორების შიგნით  $F'$  მახლობლად, რის შედეგადაც წარმოადგენილი სქემის საფუძველზე მკვეთრი მხედველობის დაშორებაზე მიიღება  $A_1B_1$  ნიმუშის გადიდებული გამოსახულება. იგი წარმოადგენს  $\frac{250}{f_2}$  შეფარდებას. აქ 250 არის ადამიანის მკვეთრი მხედველობის მან-

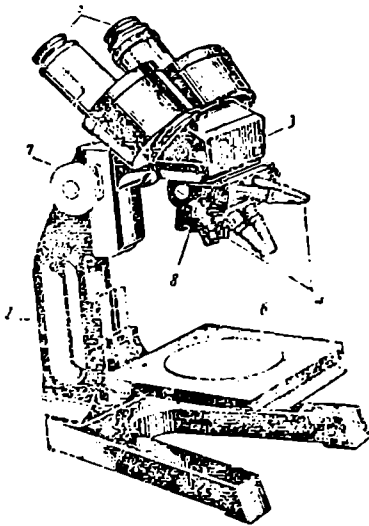
ძილი მიხსლოებით. ცხადია, რომ, რაც ნაკლებია ფოკუსური დაშორება  $f_2$ , მით მეტია ლუპის გადიდება. ლუპები გამოიყენება საგნის 2,5-დან 25-მდე გადიდებისათვის. მეტი გადიდებისას ლუპის ზომები ძლიერ მცირე მიიღება (ფოკუსური დაშორების სიმცირის გამო) და გამოსახულების ხარისხი მკვეთრად უარესდება. როცა ჰაჰირია საგნის მეტად გადიდება, მაშინ გამოიყენება ბინოკულარული მიკროსკოპი (ნახ. 30).

ლითონის ტეხის შესწავლა. ტეხზე დაკვირვებას აწარმოებენ შეუიარაღებელი თვალით, ლუპით ან ბინოკულარული მიკროსკოპის საშუალებით.



ბით. ტეხის ხასიათის გამოკვლევის საშუალებით ვსჩელობთ აღებული ლითონის მარცვლოვანებაზე და დარღვევის მიზეზებზე (გამოწვეულია თუ არა დაღლილობით და ა. შ.).

ლითონის ტეხის სამ სახეს არჩევენ: მყიფე, ბლანტი და დაღლილობითი.



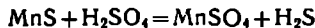
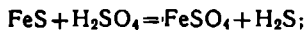
ნახ. 30. ბინოკულარული მიკროსკოპი: 1—ტეხი; 2—დგარი; 3—საეკრთი მიკროსკოპი; 4—ობიექტივები (3 წყვილი); 5—ოქულარები; 6—მაგიდა; 7—მიკრომეტრული ზრახნი (მიკროსკოპის ფოკუსის დასაყენებლად); 8—ბერკეტი ობიექტივების გადასადგილებლად.

მყიფე ტეხს აქვს კრისტალური აგებულება და შეინიშნება ლითონის მარცვლების ფორმა და ზომა. მყიფე ტეხი შეიძლება იყოს მარცვლების საზღვრებზე ანუ კრისტალური (ნაფტალინი-სებრი) მარცვლებზე (ტრანსკრისტალური) და შეუღლებული დენდრიტების საზღვრებზე (დენდრიტული).

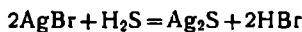
ბლანტი ტეხს აქვს ბოკოვანი აგებულება. ამ შემთხვევაში ლითონის მარცვლების ზომა და ფორმა ტეხილში დამახინჯებულია, რადგან ასეთი რღვევისას ადგილი აქვს აგრეთვე, მნიშვნელოვან პლასტიურ დეფორმაციას.

დაღლილობითი ტეხი ხასიათდება რღვევის ორი ზონით: დაღლილობითი წერილმარცვლოვანი ფარფორისებრი მბრწყინავი თითქოს გატეხილი ზედაპირით და ბლანტი ან მყიფე რღვევის ზონა.

გოგირდის ლიკვაციის გამოსავლინებლად ფოტოგრაფიულ ქაღალდს ასველებენ 5%-იან გოგირდმჟავას წყალხსნარში და მას მკიდროდ შეახებენ მაკროხესს. ამ დროს გოგირდმჟავასა და მაკროხესის  $FeS$  და  $MnS$  ჩანართებს შორის ადგილი აქვს შემდეგ რეაქციებს:



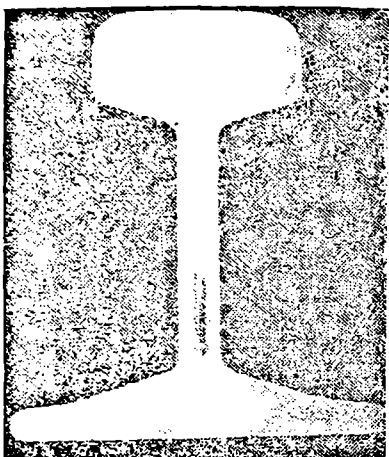
წარმოქმნილი გოგირდწყალბადი მოქმედებს ემულსიის შრის ბრომთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მიხაკისფერი გოგირდოვანი ვერცხლი რეაქციით (ნახ. 31):



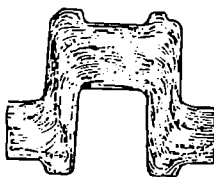
ფოსფორის ლიკვაციის გამოსავლინებლად ნიმუშს ათავსებენ რეაქტივში ( $CuCl_2 \cdot 85 \text{ გ} + NH_4Cl \ 53 \text{ გ} + H_2O \ 100 \text{ სმ}^3$ ), ამ დროს რეაქტივში გახსნილი რკინით გამოძეგებული სპილენძი ილექება მაკროხესის ზედაპირზე. სპილენძს გარეცხვით აცილებენ. თუ მაკროხესი ამოქმულია თანაბრად, მაშინ ლიკვაციას არა აქვს ადგილი, ხოლო მასზე მუქი და შავი ადგილები მო-

წმობს ლიკვაციის მოვლენის არსებობას. სიზავე აიხსნება ფოსფორით მდიდარი ადგილების ამოქმით.

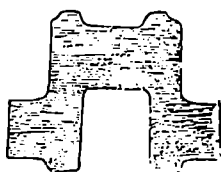
ლითონების მთლიანობის დამრღვევი დეფექტების, სხმული ფოლადის დენდრიტული აგებულებისა და ბოჭკოვანობის (ნახ. 32, 33) გამოსავლინებლად შედარებით ღრმა ამოჭმვა საჭირო, რისთვისაც ნიმუშებს გაცხელებულ რეაქტივებში ათავსებენ (იხ. ცხრილი 11).



ნახ. 31. გოგირდის ლიკვაცია ფოლადში



ნახ. 32. მუხლა ლილვის გრძივი კრილის მაკროსტრუქტურა ბოჭკოების სწორი განლაგებით



ნახ. 33. მაკროსტრუქტურა ბოჭკოების არასწორი განლაგებით

ც ხ რ ი ლ ი 11

მაკროსტრუქტურების ამომშემელი რეაქტივები

რეაქტივის დასახელება	დანიშნულება	მაკრობების რეაქტივში დაყოვნების დრო
ამონიუმის პერსულფატი 15 გ [(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ] 15 გ 100 სმ <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O]	ფოლადის კრისტალური სტრუქტურისა და დენდრიტულობის გამოსავლინებლად. გამოიყენება აგრეთვე სპილენძის ამოქმისათვის.	5—10 წთ
ხრომიკის ხსნარი გოგირდმჟავაში H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 8ს სმ <sup>3</sup> +K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> +25 გ+ +H <sub>2</sub> O 500 სმ <sup>3</sup>	ფოლადის ბოჭკოვანი აგებულების გამოსავლინებლად	
ქლოროვანი სპილენძისა და ქლოროვანი ამონიუმის წყალხსნარი [CuCl <sub>2</sub> 85 გ+NH <sub>4</sub> Cl 53 გ+ +H <sub>2</sub> O 100 სმ <sup>3</sup> ]	ფოსფორისა და ნახშირბადის შემცველობის უთანაბრობის და ფოლადის ბოჭკოვანობის გამოსავლინებლად	ამოქმის ხანგრძლივობა 1 წთ ზედაპირზე წარმოქმნილი სპილენძის შრე იხსნება წყლის ქაელით, რის შემდეგ ამშრალენენ ქაერზე სწრაფი დაეანგვის ასაცილებლად. ფოსფორით მდიდარი ადგილები იღებება მუქ ფერად

რეაქტივის დასახელება	დანიშნულება	მაკროხების რეაქტივში და- ყოვნების დრო
მარილმჟავასა და გოგირდმჟავას წყალხსნარი [HCl 500 სმ <sup>3</sup> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70 სმ <sup>3</sup> + 4H <sub>2</sub> O 200 სმ <sup>3</sup> ]	ფოლადის ღრმა ამოკმისა- თვის, ლითონის მთლიანობის დამრღვევი დეფორმაციების და ბოკოვანობის გამოსაე- ლინებლად	ცხელ რეაქტივში 20—120 წთ განმავლობაში
15—20%-იანი მწევე ნატრიუმის წყალხსნარი	ალუმინის შენადნ-ბუბისათვის	ამოკმის ხანგრძლივობა 10— 15 წთ
გოგირდმჟავას წყალხსნარი H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 50 სმ <sup>3</sup> +H <sub>2</sub> O 50 სმ <sup>3</sup>	ნახშირბადოვანი ფოლადის ღრმა ამოკმისათვის ბზარე- ბის, ფორების, ნივარების გამოსაელებლად	2 სთ-მდე, რეაქტივის 60°-ის ღროს
მარილმჟავას წყალხსნარი HCl 50 სმ <sup>3</sup> +H <sub>2</sub> O 50 სმ <sup>3</sup>	იგივე	10—45 წთ
აზოტმჟავას წყალხსნარი HNO <sub>3</sub> 50 სმ <sup>3</sup> +H <sub>2</sub> O 50 სმ <sup>3</sup>	იგივე	1—2 სთ 70°—80°-ის ღროს
მარილმჟავასა და გოგირდმჟავას წყალხსნარი HCl 100 სმ <sup>3</sup> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 270 სმ <sup>3</sup> + 4H <sub>2</sub> O 300 სმ <sup>3</sup>	იგივე და ლეგირებული ფო- ლადებისათვის	20—60 წთ 100°-ის ღროს
მარილმჟავასა და გოგირდმჟავას წყალხსნარი HCl 500 სმ <sup>3</sup> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70 სმ <sup>3</sup> + 4H <sub>2</sub> O 200 სმ <sup>3</sup>	იგივე	20—120 წთ 90—100°-ის ღროს
გოგირდმჟავას 5%-იანი წყალხსნარი დასველებული ბრომვერცხლიანი ფოტოქალაღი	გოგირდის ლიკვაციის გამო- საელებლად	5—10-წთ

**მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს  
შესასრულებლად**

**I. დავალება**

1. დაამზადეთ ფოლადის ან თუჩის მაკროხები; 2. გამოავლინეთ გოგირ-  
დის ლიკვაცია ფოლადის ან თუჩის მაკროხებებში; 3. დააკვირდით გამოვლი-  
ნებულ მაკროსტრუქტურებს; 4. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოების  
ანგარიში.

**II. სამუშაოების მიზანი**

მაკროსკოპული ანალიზის წარმოების პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. ნიმუშები; 2. ზუმფარის ქაღალდი № 60—320; 3. ხის ძელაკები; 4. ფაფურის აბაზანა; 5. რეზინის ლილეაკი; 6. ბამბა და სპირტი; 7. ფორტოგრაფიული ქაღალდი; 8. ამომკმელი რეაქტივი; 9. ჰიპოსულფიდის 25%-იანი წყალხსნარი; 10. გამწოვი კარადა; 11. ლუბა; 12. მამა; 13. ტიპური ტენები.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. წინასწარ სახარატო ან საფრეზო ჩარხზე მოჭრილი და გახეხილი ნიმუშები მოამზადეთ მაკროკვლევისათვის, რისთვისაც ხის ძელაკებზე შემოახვეთ № 60 ზუმფარის ქაღალდი და ატარეთ ნიმუშზე. თანდათანობით ცვალებით ზუმფარის ქაღალდი დაბლიდან მაღალ ნომრამდე (220—320). ზუმფარის ქაღალდის შეცვლისას 90°-ით შემოაბრუნეთ ნიმუში.

2. ზუმფარის ქაღალდებით გახეხილი ნიმუშები გაწმინდეთ სპირტიანი ბამბით.

3. შეარჩიეთ ამომკმელი რეაქტივი გოგირდის ლიკვაციის გამოსავლინებლად.

4. გამოავლინეთ მაკროსტრუქტურა შემდეგი წესით:

- ა) ნიმუში დადეთ მაგიდაზე გახეხილი ზედაპირით ზემოთ; ბ) ბრომვერცხლიანი ფორტოგრაფიული ქაღალდი 5—10 წუთის განმავლობაში ჩადეთ 5%-იანი გოგირდმჟავას წყალხსნარში; გ) ქაღალდი მსუბუქად გააშრეთ ორ სამრობ ქაღალდს შორის; დ) ემულსიის მხრიდან ქაღალდი მჭიდროდ შეახეთ მაკროხეხს, ზევიდან მოასწორეთ ხელით ან რეზინის ლილეაკით და დატოვეთ ამ მდგომარეობაში 2—3 წუთის განმავლობაში; ე) მიღებულ ანაბეჭდი გარეცხეთ წყალში; ვ) გარეცხილი ანაბეჭდი გარეცხეთ ფიქსაჟში 25%-იან ჰიპოსულფიდის წყალხსნარში 5 წუთის განმავლობაში, შემდეგ ხელახლა გარეცხეთ წყალში და გააშრეთ; ზ) დააკვირდით მიღებულ ანაბეჭდს და აღწერეთ გოგირდის ლიკვაციის ხასიათი.

შენიშვნა: 1. ფორტოქაღალდზე წარმოქმნილი მუქი მიზაკისფერი ადგილები გვიჩვენებს გოგირდის სულფიდების არსებობას; 2. თუ ფორტოქაღალდს აქვს ერთნაირი ფერი, მაშინ ეს ამტკიცებს გოგირდის თანაბარ განაწილებას.

5. მიღებული შედეგები შეიტანეთ სამუშაოს შესრულების ოქმში.

6. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი; სამუშაოს მსვლელობის აღწერა; მაკროსტრუქტურების სქემები და აღწერა; სამუშაოს შესრულების ოქმი და დასკვნა.

სამუშაოს შესრულების ოქმი

მაკროხეხის მასალა	ხეცა			გაპრილება			ამოკმა			მაკროსტრუქტურა
	მოწყობილობა	იარაღები	მასალები	მოწყობილობა	იარაღი	მასალა	რეაქტივი	ამოკმის რეჟიმი	რეაქტივის დანიშნულება	

მოკლე თეორიული ცნობები

მიკროსკოპის საშუალებით ლითონებისა და შენადნობების სტრუქტურების შესწავლას მიკროანალიზი ეწოდება. ლითონების მიკროსტრუქტურა ეწოდება ლითონებისა და შენადნობების აგებულებას, რომელიც ჩანს ნიმუშის სპეციალურად მომზადებულ ზედაპირზე მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის საშუალებით. საკვლევი ლითონის ნიმუშს, რომლის ზედაპირი საკისებურია და მომზადებულია (სპეციალური ამოკმელოთ ან ამოკმელოს გარეშე) მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე გასასინჯად, მიკროხეხი (მიკროშლიფი) ეწოდება.

მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი ბიოლოგიურისაგან განსხვავებით არეკვლილი სხივებით დაკვირვების საშუალებას იძლევა. არსებობს ურტიკალური (МИМ-5, МИМ-6, МИМ-7) და პორიზონტალური (МИМ-8, МИМ-3) ტიპის მიკროსკოპები.

34-ე ნახაზზე ნაჩვენებია МИМ-6 ტიპის მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის საერთო სახე, ხოლო ნახ. 35-ზე მისი ოპტიკური სისტემის სქემა.

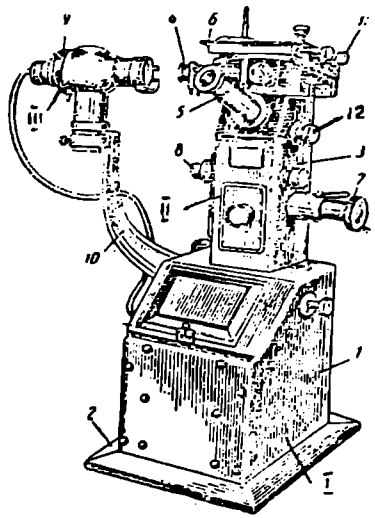
მიკროსკოპი МИМ-6 (ნახ. 34)

შედგება სამი მთავარი ნაწილისაგან:

I. ქვედა კორპუსი 1 და საფუძველი 2. II. საკუთრივ მიკროსკოპი 3 ილუმინატორის ტუბუსით 4, ვიზუალური ტუბუსით და ოკულარით 5, სასაგნე მაგილით 6, ფოკუსზე ტლანქი დაცელების მექანიზმით 7 და მიკრომეტრული ხრახნით 8.

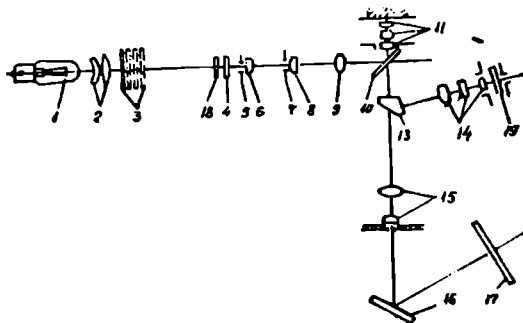
III. განათების მოწყობილობა 9, რომელიც დამაგრებულია კრონშტეინზე 10.

მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის ოპტიკური სისტემა (ნახ. 35). ელექტრონათურის 1 სინათლის სხივები გადიან კოლექტორში 2, 'შუქფილტრში 3, (რომელსაც გამოსახულების სიმკვეთრისათვის ჩვეულებრივ ყვითელს იღებენ. აქვს აგრეთვე მწვანე, ლურჯი და ნარინჯისფერი შუქფილტრები), ნახევრადმჭკრალ ფირფიტაში 4 (მიკროხეხის უფრო თანაბარი განათებისათვის), აპერტურიან დიაფრაგმაში 5 (რომელიც ზღუდავს სინათლის კონებს და უზრუნველყოფს გამოსახულების მაღალ სიმკვეთრეს), ლინზებში 6, 8, 9. არის დიაფრაგმაში 7 (რომლის დანიშნულებაა მიკროხეხის განსახილავი უბნის განათებული არის შეზღუდავ, რის შემდეგ ეცემიან ობიექტივის 11



ნახ. 34 МИМ-6 ტიპის მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის საერთო სახე.

ზედაპირთან 45° კუთხით მდებარე მინის ბრტყელ-პარალელურ ფირფიტაზე 10-  
 ამ ფირფიტაზე დაცემული სხივების მხოლოდ ნაწილი გადის, ხოლო ნაწილი  
 აირეკლება, გადის ობიექტივში 11 და იწვევს მიკროსხეხის განათებას.



ნახ. 35. МИМ-6 ტიპის მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის ოპტიკური სისტემის სქემა

მიკროსხეხიდან 12 არეკლილი სინათლის სხივები ისევ ხვდება ობიექტივში 11, სხივების ნაწილი გადის ფირფიტაში 10 (ნაწილი კი ფირფიტიდან აირეკლება), პრიზმაში 13 გავლისას განიცდის გარდატეხას და ოკულარში 14 გავლით ხვდება დამკვირვებლის თვალს.

მიკროსკოპს აქვს მოწყობილობა მიკროსტრუქტურის ფოტოგადაღებისათვის, რისთვისაც სხივების სვლის გზიდან პრიზმას 13 აცლიან, რის შედეგადაც სხივები ოკულარში 14 კი არ ხვდება ვიზუალური დაკვირვებისათვის, არამედ სარკეზე 16, ფოტოოკულარში 15 გავლით საიდანაც არეკლის შემდეგ ხვდება მჭრქალ მინაზე 17 გამოსახულებების მისაღებად. მიკროსტრუქტურის გადაღებისათვის მჭრქალ მინას 17 ცვლიან ფოტოგრაფიული კაპეტი.

მიკროსტრუქტურის ცალკეული დეტალების გამოსავლინებლად, უმთავრესად კი არალითონური ჩანართების განსასაზღვრელად მიკროსხეხს პოლარიზებული სინათლით სინჯავენ.

პოლარიზებულ სინათლესა და ბუნებრივ სინათლეს შორის განსხვავება ის არის, რომ პოლარიზებული სინათლის ტალღები ერთ განსაზღვრულ სიბრტყეში ვრცელდება, ბუნებრივი ტალღური სხივები კი ყველა მიმართულებით. სინათლის პოლარიზაციას პოლარიზატორში 18 (ისლანდიის შპატის პრიზმა) აწარმოებენ. პოლარიზატორს 18 აყენებენ სინათლის წყაროსთან ახლოს. მიკროსხეხიდან არეკლილი პოლარიზებული სინათლის სხივების კონცენტრაციისათვის ოკულარის 14 წინ ანალიზატორს 19 ათავსებენ. სხვადასხვა ორიენტირების მარცვლების მქონე გაპრიალებული ლითონის ზედაპირის პოლარიზებული სინათლით გასინჯვისას მარცვლების გამოსახულებების სხვადასხვა სიმკვრივე მიიღება პოლარიზებული სინათლის არაერთნაირი ამრეკლი უნარიანობის გამო.

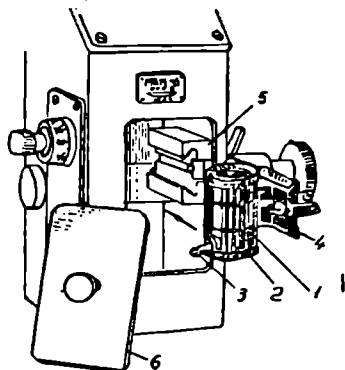
მიკროსკოპზე დაკვირვებისათვის მიკროსხეხს ათავსებენ სასაგნე მაგიდაზე 6 (ნახ. 34), რომლის გაპრიალებულ და ამოქმულ ზედაპირს აქცევენ ქვევიდან. ობიექტივის ტლანქი ფოკუსირება საგნის მკვეთრ გამოსახულებაზე

წარმოებს ხრახნის 7 საშუალებით სასაგნე მაგიდის აწევ-დაწვეით; ამ დროს გამოსახულების სიმკვეთრეზე დაკვირვება წარმოებს ოკულარიდან 5 სასაგნე მაგიდის ხრახნით დამაგრების შემდეგ, ზუსტი დაყენება ფოკუსზე ხორციელდება მიკრომეტრული ხრახნით 8. სასაგნე მაგიდის გადაადგილება ურთიერთმართობი მიმართულებით ხდება ხრახნების 11 საშუალებით. მაგიდის ცენტრში არის ფანჯარა, რომელშიც იღებება ერთ-ერთი საცვლელი ქვესადები (განსხვავებულიან ნახერეთის ზომით). მაგიდაზე მოთავსებულია მიმჭკრები, რომლებიც მიკროხესს ქვესადებზე აკერენ. ვიზუალური დაკვირვებისათვის პრიზმის ჩართვა და გამართვა ხდება სახელურით 12. სხივების გზაზე პრიზმის ჩართვისათვის სახელურს კორპუსში ბოლომდე სწევენ, ხოლო პრიზმის სხივების გზიდან გამორთვისათვის სახელურს ბოლომდე გამოსწევენ.

ფოტოგრაფიული ტუბუსი 1 (ნახ. 36) მოთავსებულია კორპუსის შიგნით. ტუბუსის ქვედა ნაწილში ჩადგმულია ფოტოგრაფიული ოკულარი 2, რომელიც დამაგრებულია ხრახნით 3. ფოტოტუბუსი დამაგრებულია ციგაზე 4, რომლის საშუალებით მისი დაყენება ხდება მართკუთხედ ნახერეთში მოთავსებულ მიმმართებლებზე 5 და იხურება სახურავით 6.

გ ა ნ ა თ ე ბ ი ს მ ო წ ყ ო ბ ი ლ ო ბ ა 9 დამაგრებულია კრონშტიინზე 10. გარსაცმში მოთავსებულია ნათურა, რომლის ჩართვა ხდება დამწვევი ტრანსფორმატორის საშუალებით. ტრანსფორმატორს აქვს რეოსტატი, რომლის სახელურის საშუალებით შეიძლება მიკროხესის განათებულობის ცვლა. ხრახნების საშუალებით ხდება ნათურის ცენტრირება. კორპუსში მოთავსებულია კოლექტორი, რომლის გადაადგილება ხდება სახელურის 2 საშუალებით. განათების მოწყობილობის ბოლოზე მოთავსებულია შუქფილტრები.

მიკროსკოპით გადიდება განსაზღვრავენ ობიექტივებისა და ოკულარების კომბინაციით, მათი ცალკეული გადიდებათა გადამრავლებით (იხ. მე-12 ცხრილი).



ნახ. 36. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის ფოტოკამერა.

ცხრილი 12

სისტემა	ობიექტივი		მარტივი ოკულარები ვიზუალური დაკვირვებისათვის			ოკულარები ფოტო გადაღებისათვის	
	საკუთარი გადიდება	რიცხვითი აპერტურა	7*	10*	15*	6,5*	10*
მშრალი	9*	1,20	63	90	135	86	134
	21*	0,40	147	210	315	201	313
	40*	0,65	280	400	600	383	596
იჭუსილი	95*	1,25	665	950	—	909	1416

ობიექტივები შეიძლება იყოს მშრალი, თუ ობიექტივისა და ფრონტალურ ლინზას შორის პაერის შრეა, და იმერსიული თუ შრე არის წყალი, ზეთი ან სხვა სითხე. იმერსიული ობიექტივები იხმარება დიდი გადილებს დროს.

მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე ნორმალური მუშაობის უზრუნველყოფა. პეტალოგრაფიული მიკროსკოპი რთული, ძვირფასი ხელსაწყოა, ამიტომ საჭიროა მასზე მუშაობის დროს სიფრთხილე. მუშაობის დაწყებამდე მიკროსკოპის ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა: 1) მისი ოპტიკური სისტემის და კონსტრუქციის გულმოდგინე გაცნობა;

2. არ დაუშვათ სწრაფი და მკვეთრი მოძრაობები ობიექტივის ფოკუსზე დაყენების ან კიდევ ობიექტივისა და ოკულარის შეცვლისას. თუ ძაქრო და მიკროხრახნების ბრუნვა რაიმე მიზეზით გაძნელებულია, მაშინ არ შეიძლება ძალის გამოყენება ბრუნვის მისაღწევად, რადგან მას შეუძლია გამოიწვიოს კუთხვილის მოწყვეტა და მიკროსკოპის დაზიანება;

3. თუ მიკროსკოპის კონსტრუქცია ისეთია, რომ სასაგნე მაგიდა არის ობიექტივის ქვეშ, მაშინ ფოკუსზე დაყენებისას ობიექტივის ლინზის მიკროხრებზე დარტყმის ასაცილებლად საჭიროა ჭერ მიკროხრახნით ობიექტივის მიკროხრების ზედაპირთან რაც შეიძლება დაახლოება და შემდეგ ობიექტივის ნელი აწევით იწავე მიკროხრახნის საშუალებით ფოკუსზე დაყენება. დაუღევარი მოქმედებისას შეიძლება ობიექტივის ლინზაზე დაჭახება იმ შემთხვევაშიც, როცა მიკროსკოპის სასაგნე მაგიდა იმყოფება ობიექტივის ქვეშ.

4. არ შეიძლება მიკროსკოპის სასაგნე მაგიდაზე სველი ხეხის დაყენება.

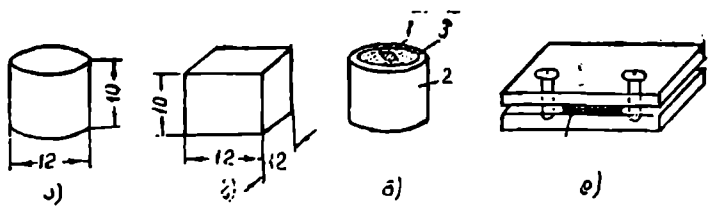
5. ხეხის სიბრტყე მართობულად უნდა იყოს დაყენებული მიკროსკოპის ღერძის მიმართ, სხვანაირად სტრუქტურის გამოსახულება იქნება დამახინჩებული.

6. არაერთარ შემთხვევაში არ შეიძლება ხეხის მაგიდაზე ცურება ან კიდევ მის ზედაპირზე თითების შეხება.

7. ხელმძღვანელის გარეშე არ შეიძლება მიკროსკოპის პასუხსაგები ნაწილების (გარდა შაქრო და მიკროსკოპულ ხრახნებისა) ხელის ხლება, რადგანაც ძნელია ხელახლა მოწესრიგება.

**მიკროხეხის დამზადება.** მიკროხეხის დასამზადებლად უპირველეს ყოვლისა საჭიროა საცდელი ლითონიდან ნიმუშის მოჭრა, რასაც ხელის ხერხუნათი (გახურების თავიდან ასაცილებლად) ან სახარატო ჩარხზე აწარმოებენ. სალი და მყიფე მასალებიდან ნიმუშის აღება ჩაქუჩის საშუალებით — მოტეხვით შეიძლება. დასაშვებია აგრეთვე წმინდა აბრაზიული ქარგოლითაც მოჭრა, მხოლოდ უნდა ხდებოდეს წყლით ძლიერი გაცივება.

მრგვალი ნიმუშის შემთხვევაში ნიმუშის ზომაა (ნახ. 37):  $d=12$  მმ,  $H=10$  მმ.



ნახ. 37. მიკროხეხების სახეები



კვადრატულის შემთხვევაში  $12 \times 12 \times 10$  მმ შეიძლება დიდი კვეთის მიკროხების დამზადებაც (თუ მოტეხა ძნელია), მაგრამ უნდა გათვალისწინებულ იქნეს, რომ რაც უფრო დიდია ნიმუში, მით უფრო ხანგრძლივია დამზადების პროცესი.

მცირე კვეთის ნიმუშებს სპეციალურ სამარჯვეში ათავსებენ. 37-ე, გ ნახაზზე ნაჩვენებია მილის მონაქერში 2 ნიმუშის 1 ჩამაგრება გამდნარი ვოგირდის 3 (დნობის ტემპერატურა  $110^\circ$ ), პლასტმასის ან ალვილადნობადი შენადნობების საშუალებით, მაგალითად, 50% Bi, 10% Sb, 27% Pb და 13% Sn შემცველი შენადნობის დნობის ტემპერატურა  $70^\circ$  უღრის.

37-ე, დ ნახაზზე ნაჩვენებია ნიმუშის მექანიკური (ქახრაკებში) დამაგრების ერთ-ერთი სახე. ქახრაკებში დამაგრებას მიმართავენ მაშინ, როცა ხეხის ნაპირები არ უნდა იყოს მომრგვალებული (მაგალითად, კემენტაცია, დააზოტება და სხვ.).

გამჭვირვალე პლასტმასში (მაგალითად, ორგანული მინაპლექსიგლასი) ნიმუშის ხრახნული წნეხის საშუალებით ჩამაგრების სქემა ნაჩვენებია 38-ე ნახაზზე.

ფოლადის მილის მონაქერს 1 აყენებენ მრგვალ ფილაზე 2, რომელზეც ათავსებენ ნიმუშს 3, მილის მონაქერში ყრიან ორგანული მინის ფხვნილს და ფხვნილის ზემოდან აყენებენ მეორე მრგვალ ფილას 4, წნეხს ხრახნის ბრუნვით ზედა ფილას აქერენ და ფხვნილის გადნობისთანავე წნეხს აგრძელებენ. შემდეგ ხდება ნიმუშის გამოწნება.

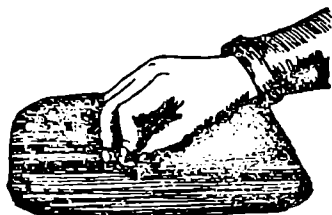
მიკროხების დასამზადებლად მიღებული ნიმუშის ზედაპირს კლიბავენ, ხოლო შემდეგ მინაზე დაფენილი სხვადასხვა ნომრის ზუმფარის ქაღალდზე ხეხავენ (იხ. ცხრილი 13).

ზუმფარის ქაღალდის ნომერი და აბრაზიული მარცვლის ზომები

ცხრილი 13

ქაღალდის ნომერი		აბრაზიული მარცვლის მაქსიმალური ზომა მმ-ობით	ქაღალდის ნომერი		აბრაზიული მარცვლის მაქსიმალური ზომა მმ-ობით
მიღებული აღნიშვნა	ძველი აღნიშვნა		მიღებული აღნიშვნა	ძველი აღნიშვნა	
60	4	0,250	140	0	0,105
80	3	0,177	180	00	0,088
100	2	0,149	220	000	0,074
120	1	0,125	240	0000	0,062

ხეხვას იწყებენ მცირე ნომრის ზუმფარის ქალაღლით და ამთავრებენ დიდი ნომრით. ხეხვას ახდენენ ხელით ან მექანიკური წესით. ხელით ხეხვის შემთხვევაში ნიმუშს თითებით იკერენ ისე, როგორც 39-ე ნახაზზეა ნაჩვენები და ატარებენ ქალაღლზე ერთი მიმართულების კვალის მოცილებაამდე. შემდეგ ხეხვას აწარმოებენ მომდევნო ნომრის ზუმფარის ქალაღლზე, მხოლოდ წინა ხეხვის შტრიხების მართობი მიმართულებით მათ აცილებაამდე და ა. შ.

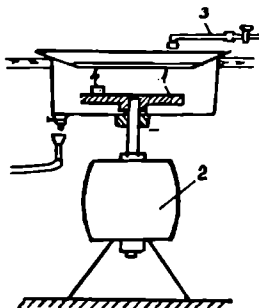


ნახ. 39. ნიმუშის ხელით ხეხა

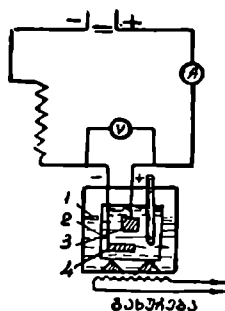
მექანიკურ ხეხვას აწარმოებენ სპეციალურ სახეხ მანქანებზე. რისთვისაც ზუმფარის ქალაღლს ჩამოაცემენ ან დააწებებენ მანქანის მბრუნავ ბადროზე, რომლის დიამეტრი 200 — 250 მმ უდრის. მბრუნავ ბადროზე ნიმუშის ხეხვა ისეთივე თანამიმდევრობით ხდება, როგორც ხელით ხეხვის შემთხვევაში.

ზუმფარის ქალაღლზე ნიმუშის ხეხვის დამთავრების შემდეგ მის გაპრიალებას აწარმოებენ მექანიკური და ელექტროლიტური მეთოდით.

მექანიკური გაპრიალებისათვის სპეციალური საპრიალებელი ჩარხი გამოიყენება, რომლის სქემა ნაჩვენებია 40-ე ნახაზზე.



ნახ. 40. საპრიალებელი ჩარხის სქემა



ნახ. 41. ელექტროლიტური გაპრიალების სქემა

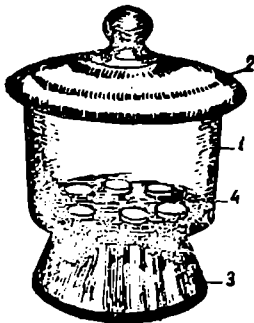
ამ ჩარხის 200-250 მმ-იანი დიამეტრის ბადროზე სპეციალური რგოლით აწარმოებენ მაუდის ან ფეტრის შემოქიმვას. ბადროს ბრუნვა (700—1000ბრ/წთ) ელექტროძრავიდან 2 ხდება. მაუდის დასველებას მილიდან 3 გამონადენი საპრიალებელი სითხით აწარმოებენ (დისტელირებული წყალი ალუმინის უანგის ფხვნილით — 1 ლ წყალზე 5 გ ალუმინის უანგი). ნიმუშის 4 ზედაპირის გასაპრიალებლად მსუბუქად აკერენ მბრუნავ ბადროზე. გაპრიალების პროცესში ნიმუშს ხელში აბრუნებენ. გაპრიალების პროცესის ხანგრძლიობა 5 — 10 წუთია.

ელექტროლიტური გაპრიალების სქემა ნაჩვენებია 41-ე ნახაზზე. ელექტროლიტს და ელექტროგაპრიალების რეჟიმს გასაპრიალებელი ლითონის გვარობის მიხედვით სპეციალური ცხრილიდან ირჩევენ. ელექტროლიტში უშვე-

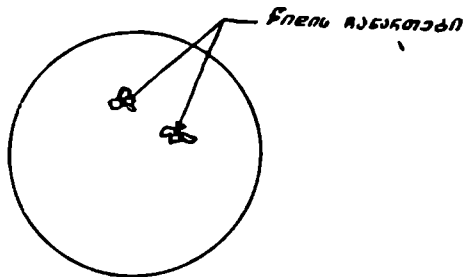
ბენ მუდმივ დენს, რის შედეგადაც ნიმუშის ზედაპირზე ხდება უსწორმასწორო ადგილების ანოდური გახსნა და ნიმუშის (ხეხის) ზედაპირი მიიღება გლუვი სარკისებური. ელექტროლიტური მეთოდის უპირატესობა ის არის, რომ ლითონის დეფორმირებული აფსკი გაპრიალებულ ზედაპირზე აცილებულია და მიკროსტრუქტურა მექანიკურთან შედარებით უფრო ზუსტი მიიღება.

ზოგჯერ შავი ლითონების გაპრიალებისათვის გამოიყენება „ბონი“-ს (სახელმწიფო ოპტიკური ინსტიტუტის) პასტები. გაპრიალების შემდეგ ნიმუშს რეცხავენ წყლით, წმენდენ სპირტში დასველებული ბამბით, აშრობენ საწური ქაღალდით ან მშრალი ბამბით, სინჯავენ მიკროსკოპით. მიკროხეხი მზად ითვლება, თუ მასზე ნაყაწრები არ მოჩანს (დასაშვებია 1—2 ნაყაწრი).

ხეხებს ინახავენ ექსიკატორში (ნახ. 42), ანუ მინის ჭურჭელში 1, რომელსაც მჭიდროდ მორგებული აქვს სახურავი 2. მასში ათავსებენ ქლოროვან კალციუმს 3, რომელიც შთანქვავს ტენს და ხეხს 4 იცავს დაუანგვისაგან.



ნახ. 42. ექსიკატორი



ნახ. 43. გაპრიალებული მიკროხეხი არალითონური ჩანართებით

მიკროხეხის ამოკმა. გაპრიალებული ხეხი მიკროსკოპში მოჩანს ნათელ წრედ. თუ ხეხი შეიცავს არალითონურ ჩანართებს, მაშინ ნათელ წრეზე შეიმჩნევა ლაქები (ნახ. 43).

ლითონის სტრუქტურის გამოსავლინებლად მიკროხეხის ამოკმას აწარმოებენ ამომკმელი რეაქტივით. სხვადასხვა ლითონისათვის ამომკმელი რეაქტივის სახეობა და ამოკმის რეჟიმის შერჩევა ხდება მე-14 ცხრილის მიხედვით. ამოკმისათვის მიკროხეხს უშვებენ ფინჯანში ჩასხმულ რეაქტივში ან კიდევ რეაქტივის საწვეთარით ასხამენ ხეხის ზედაპირზე (შეიძლება რეაქტივის წასმა ბამბითაც).

სუფთა ლითონის მიკროხეხზე ამომკმელი რეაქტივი პირველ რიგში მოქმედებს მარცვლების საზღვრებზე, რადგანაც ისინი დიდ ქიმიურ აქტიურობით ხასიათდებიან.

ამომკმელი რეაქტივი ხეხზე ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად იწვევს მარცვლების ამოკმას, რომლებსაც დაკრისტალების სხვადასხვა ორიენტირებით გამოწვეული ანიზოტროპიული თვისებების გამო სხვადასხვა ქიმიური მედეგობა ახასიათებთ. თითოეული მარცვლის სიბრტყის ქიმიური მედეგობაც სხვადასხვა ადგილას არაა ერთნაირი. აღნიშნულის გამო ამომკმელი რეაქტივი

№ რიგ	რეაქტივის დასახელება	რეაქტივის შედგენილობა	რეაქტივის დანიშნულება და გამოყენების თავისებურებანი
-------	----------------------	-----------------------	---

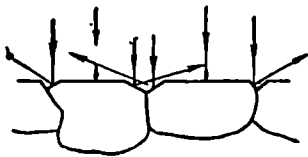
I. რეაქტივები რკინისა და მისი შენადნობების ამოჭმისათვის

1	აზოტმეავას ხსნარი სპირტში	1—5 სმ <sup>3</sup> აზოტმეავა (ხვედრითი წონა 1,4) 100 სმ <sup>3</sup> ეთილის ან მეთილის სპირტში	რეაქტივი პერიტს ფერაჲს მუქ ფერად; ავლენს ფერიტის მარცელების სახლერებს, მარტენსიტის სტრუქტურას და მოშეების პროდუქტებს; გამოიყენება აგრეთვე (ინტენტირებულს და აზოტირებულს ფოლადებისათვის). აზოტის სიმეავის გალიდებოთ ამოქმა ჩქარდება. ამოქმის ხანგრძლივობა რამდენიმე წამიდან 1 წუთამდე.
2	პიკრინის მეავას ხსნარი სპირტში	4 გ კრისტალოი პიკრინის მეავა, 100 სმ <sup>3</sup> ეთილის სპირტი	დანიშნულება იგივე. კარგად გამოყოფს ფერიტს პერიტისაგან. გამოიყენება უშუალოდ ან 5%-იანი აზოტმეავას სპირტხსნარის შემდეგ.
3	ამონიუმის პერსულფატის ხსნარი	10 გ ამონიუმის პერსულფატი 1 100 სმ <sup>3</sup> წყალი	ფერაჲს ფერიტს ნახშირბადმცირე ფოლადებში.
4	ნატრიუმის პიკრატი	2 გ პიკრინის მეავა, 25 გ მწვევე ნატრიუმი, 100 სმ <sup>3</sup> წყალი	ფოლადისათვის, როლესაც საჭიროა ფერიტისა და ცენტრიტის სტრუქტურების ერთი მეორისაგან განსხევეება, ცემენტის ფერაჲს მუქ ფერად. რეაქტივი გამოიყენება მდლარე მდგომარეობაში, ამოქმის ხანგრძლივობა არა ნაკლ. 30 წუთი.
5	აზოტისა და მარილის სიმეავეების ხსნარი გლიცერინში	10% HNO <sub>3</sub> (ხვედ. წონა 1,4) 20—30 სმ <sup>3</sup> HCl (ხვე. წ. 1, 19), 30 სმ <sup>3</sup> გლიცერინი	ნარტობი ქრომუხვი, სწრაფმქრელი და აუსტენიტიანი მანგანუმიანი ფოლადებისათვის. უკეთესია ამოქმისა და გაპირალების შენაცელება.
6	მეფის არაყი	3 ნაწ. HCl და 1 ნაწ. HNO <sub>3</sub>	უფანგავი ფოლადებისა და შენადნობებისათვის. ხმარებამდე ამოჭმელი დაყენებული უნდა იქნეს 20—30 სთ.

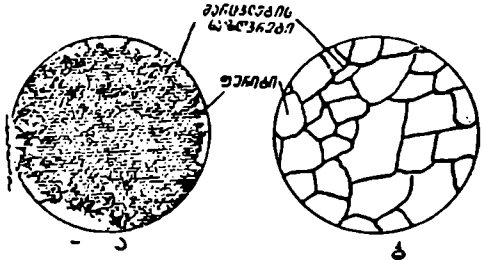
II. რეაქტივები ფერადი ლითონების და მათი შენადნობებისათვის

7	ქლორიანი რკინის ხსნარი მარილმეავაში	10 გ FeCl <sub>3</sub> 25 სმ <sup>3</sup> HCl 100 სმ <sup>3</sup> წყალი	სპილენძის, თითბრის (მ ფაზას ლებავს მუქ ფერად), კალიანი და ალუმინიანი ბრიწყაოების და ბისმუტისტიბიუმის შენადნობებისათვის.
8	ქლოროვანი სპილენძისა და ქლოროვანი ამონიუმის ორმაგი მარილის ამიაკის ხსნარი	10 გ ორმაგი მარილი 100 სმ <sup>3</sup> წყალი, — ნეიტრალური ან ტუტე რეაქციის მიღებამდე	სპილენძისა და მისი შენადნობებისათვის (მ ფაზა იღებება მუქად).
9	ფორწყალბადმეავას 0,5%-იანი წყალხსნარი	0,5 სმ <sup>3</sup> HF, 99,5 სმ <sup>3</sup> წყალი	დურალუმინისა და ალუმინის სხმელი შენადნობებისათვის.
10	მეავეების ხსნარი	1,0 სმ <sup>3</sup> HF, 1,5 სმ <sup>3</sup> HCl 2,5 სმ <sup>3</sup> HNO <sub>3</sub> 95 სმ <sup>3</sup> წყალი	დურალუმინის ტიპის შენადნობებისათვის.
11	მარილმეავას 10%-იანი ხსნარი სპირტში	10 სმ <sup>3</sup> HCl, 90 სმ <sup>3</sup> წყალი	ბაბიტისათვის, ამოქმის ხანგრძლივობა 20—30 წმ.

მიკრობებზე წარმოქმნის მარცვლების სხვადასხვა კუთხით დახრილ სიბრტყეებს. ასეთი ხეხის ზედაპირზე დაცემული სინათლის სხივი მარცვლების საზღვრებიდან და სხვადასხვა დახრილობის სიბრტყეებიდან სხვადასხვა კუთხით აირელება (ნახ. 44), რის შედეგადაც მიკროსკოპში მარცვლების საზღვრებისა და სიბრტყეების შეფერილობა იქნება სხვადასხვა, რაც თავის მხრივ მარცვლების საზღვრებისა და თვით ამ მარცვლების გარჩევის საშუალებას იძლევა (ნახ. 45). შენაღობის შემთხვევაში რეაქტივის ზემოქმედებით უფრო მეტად მარცვლებსა და ფაზებს შორის საზღვრები ამოიქმება, შემდეგ ნაკლებად



ნახ. 44. ამოკმული მიკრობების ზედაპირიდან სხივების არეკვლის სქემა



ნახ. 45. ამოკმული სუფთა ლითონის მიკროსტრუქტურა ა და ბ სქემა

მდგრადი ფაზები და ბოლოს მდგრადი ფაზები, რის შედეგადაც საზღვრების შეფერვა იქნება ყველაზე უფრო შავი, ხოლო ფაზებისა უფრო ნაკლები სიშავის.

ამგვარად, ამოკმის მიზანია მიკრობებზე ზემოქმედებით ხელოვნურად გამოვიწვიოთ მისი სტრუქტურული მდგენელებიდან სინათლის სხივის სხვადასხვანაირი არეკვა ან შივილოთ მარცვლების მკვეთრი საზღვრები.

**მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულვლად**

**I. დავალება**

1. შეისწავლეთ მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის აგებულება და მასზე მუშაობა;
2. დაამზადეთ ტექნიკური რკინის მიკრობები;
3. მიკრობები მოწამლეთ რეაქტივით;
4. მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე გასინჯეთ მოწამლული და მოუწამლავი მიკრობები და ჩაიხაზეთ მიკროსტრუქტურის სქემები;
5. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

**II. სამუშაოს მიზანი**

მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპის მუშაობისა და მიკრობების დამზადების ტექნიკის პრაქტიკული გაცნობა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. საპრიალებელი ჩარხი ან ელექტროლიტური აბაზანა; 2. მაგიდის გირა-გი; 3. საპირე კლიბები; 4. სხვადასხვა ნომრის ზუმფარის ქალაღლები; 5. ბონი-ს პასტა; 6. ალუმინის ეანგი; 7. მომწამლაი რეაქტივები; 8. ნიმუშები მიკროსხეების დასამზადებლად; 9. საშრობი კარადა; 10. სპირტი და ბამბა; 11. პინცეტი; 12. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი MIM-6.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. შეისწავლეთ მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის აგებულება და მასზე მუშაობა;
2. წინასწარ სათანადო წესით ამოკრილი რბილი ფოლადის ნიმუშის ერთი მხარე სუფთად გაქლიბეთ;
3. მიღებული ბრტყელი ზედაპირი გახეხეთ მინაზე დაფენილ ზუმფარის ქალაღზე; მსხვილმარცვლოვანი ზუმფარის ქალაღიდან წერილმარცვლოვანზე გადასვლისას ნიმუში შეაბრუნეთ  $90^{\circ}$ -ით და ხეხვა აწარმოეთ წინა ხეხვის კვალის სრულ მოსპობამდე;
4. ჩართეთ საპრიალებელი ჩარხის ელექტროძრავი; მბრუნავ ბადროზე გადაქიბული მუდი ან ფეტრი დაასველეთ საპრიალებელი სითხით და მას მსუბუქად შეახეთ ნიმუშის გახეხილი მხარე;
5. გაპრიალების შემდეგ ნიმუში გარეცხეთ წყალში; გაპრიალებული ზედაპირი გაწმინდეთ სპირტში დასველებული ბამბით, შემდეგ გააშრეთ საწური ქალაღლით ან მშრალი ბამბით;
6. მიკროსხეხი გასინჯეთ მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე; მიკროსხეხი მზად ითვლება, თუ მიკროსკოპის მხედველობის არეში ნაკაწრები არ მოჩანს;

შენიშვნა: მხედველობის არეში დასაშვებია 1—2 ნაკაწრი.

7. ჩახაზეთ მიკროსკოპის მხედველობის არე 60 მმ დიამეტრის წრეში და მასზე უჩვენეთ არალითონური ჩანართები;
8. ლითონის გვარობის შესაბამისად მე-14 ცხრილის მიხედვით შეარჩიეთ ამომკმელი რეაქტივი და ამოკმის რეჟიმი.
9. ჩაასხით რეაქტივი ფაიფურის ჯამში, მიკროსხეხის გაპრიალებული ზედაპირი ჩაუშვით შიგ ამოსაქმელად და დააყოვნეთ შერჩეული რეჟიმით.
10. ხეხი გარეცხეთ წყლით, შემდეგ სპირტით ან ბენზინით და გააშრეთ საწური ქალაღლით;
11. ამოკმული მიკროსხეხი გასინჯეთ მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე, დააკვირდით სტრუქტურას და ჩაიხაზეთ;
12. შეინახეთ მზა მიკროსხეხი ექსიკატორში.

შენიშვნა: 1. თუ მიკროსტრუქტურა მკრთალია, საჭიროა დამატებით ამოკმა; 2. თუ მიკროსტრუქტურა ბნელია, ეს შეტი ამოკმის მაჩვენებელია, რის გამოსასწორებლად საჭიროა ხეხის ხელახლა გაპრიალება და ამოკმა.

13. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება, მიზანი, მიკროსხეხის დამზადების თანამიმდევრობა, მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის ოპტიკური სისტემის სქემა, სამუშაოს მსვლელობის აღწერა, სამუშაოს შესრულების ოქმი, დასკვნა.

სამუშაოს შესრულების ოქმი

მიკრობების მასალა	ხეხვა			გაპრილება		ამოკმა			მიკროსტრუ- ქტურა
	მიწი- ლობა	იარაღი	მასალა	მიწი- ლობა	მასალა	რეაქტივი	ამოკმის რეჟიმი	რეაქტივის და- ნიშნულება	

თ ა ვ ი IV

**რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მიკროანალიზი**

რკინა-ნახშირბადის შენადნობები — ფოლადი და თუჯი შეისწავლება ისეთ მდგომარეობაში, როდესაც ყოველგვარი ფაზური გარდაქმნები დამთავრებულია რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამის (ნახ. 46) შესაბამისად. ასეთ მდგომარეობას წონასწორული ეწოდება. 46-ე ნახაზზე მთლიანი ხაზები შეესაბამება რკინა-ცემენტის მდგომარეობის დიაგრამას. ხოლო წყვეტილი ხაზები რკინა-გრაფიტის მდგომარეობის დიაგრამას. პირველი დიაგრამა აიღება რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა ნელი გაცივებით (რამდენიმე გრადუსი წუთში), ხოლო მეორე რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა ძლიერ ნელი გაცივებით. ამიტომაც უკანასკნელი, ე. ი. რკინა-გრაფიტის სისტემა რკინა-ცემენტის სისტემაზე უფრო წონასწორულია.

**ლაბორატორიული სამუშაო № 9**

**ნახშირბადოვანი ფოლადისა და თათრი თუჯის მიკროანალიზი**

**მოკლე თეორიული ცნობები**

რკინა-ნახშირბადის შენადნობებში ტემპერატურისა და გაცივების სიჩქარის ცვლის მიხედვით სხვადასხვა სტრუქტურული მდგენელები წარმოიქმნება. ტემპერატურისა და კონცენტრაციის მიხედვით სტრუქტურული მდგენელები რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამით განისაზღვრება (ნახ. 46).

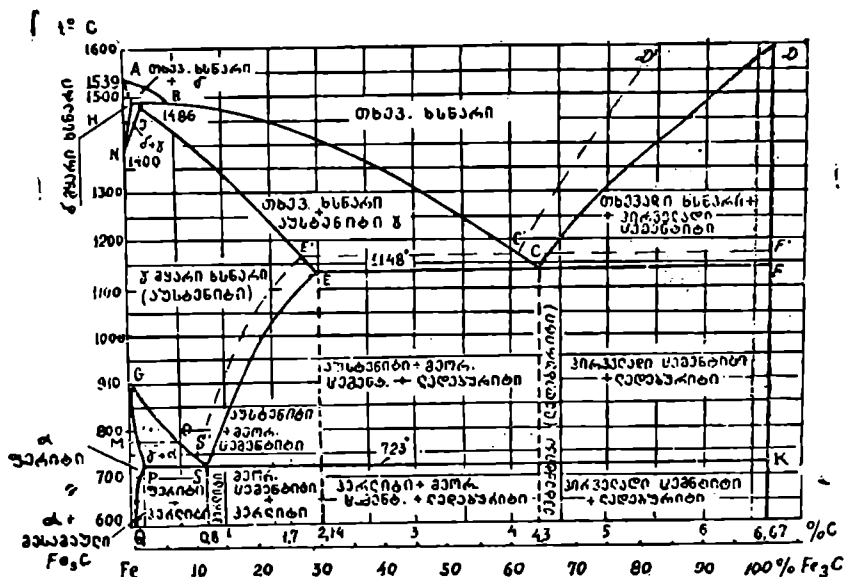
ქვემოთ დახასიათებულია სტრუქტურული მდგენელები, რომლებსაც ეხვდებით რკინა-ნახშირბადის შენადნობებში — ფოლადში და თუჯში.

ფერტი (α მყარი ხსნარი) წარმოადგენს ნახშირბადის მყარ ხსნარს α რკინაში. ფერტიში ნახშირბადის მაქსიმალური ხსნადობა 723°-ზე 0,025%-ს უდრის, ხოლო 0,008%-ს ოთახის ტემპერატურაზე. იგი ხასიათდება მაგნიტური და დაბალი მექანიკური თვისებებით.

ფერიტის გამოსავლინებელ საუკეთესო რეაქტივს წარმოადგენს 4%-იანი აზოტმეწვეას ხსნარი წყალში. მარცვლების საზღვრების მკვეთრი გამოვლინება

მიიღება მთელი რიგი განმეორებადი გაპრიალება — ამოკმით; რკინა-ნახშირბადის (0,008%-მდე ნახშირბადის შემცველი) შენადნობები მარტო ფერიტის მარცვლებისაგან შედგება, ხოლო 0,008—0,025%-მდე ნახშირბადის შემცველი შენადნობები ფერიტისა და მესამეული ცემენტიტისაგან. უკანასკნელის გამოსავლინებლად საჭიროა სუსტი ამოკმა და მიკროსტრუქტურის დიდი გადიდება (400-ჯერ და მეტი). ფერიტის მარცვლები მიკროსკოპში ჩანს თეთრ ფერად (ნახ. 45).

აუსტენიტი (ყ მყარი ხსნარი) წარმოადგენს ნახშირბადის მყარ ხსნარს ყ რკინაში. რკინა-ნახშირბადის შენადნობებში აუსტენიტს 723°-ზე დაბალ ტემპერატურებზე არ ვხვდებით, რადგან დაბალ ტემპერატურაზე იგი იშლება ფერიტად და ცემენტიტად.



ნახ. 46. რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამა.

ცემენტიტი (Fe<sub>3</sub>C) ნახშირბადისა და რკინის ქიმიური ნერთია. ცემენტიტში ნახშირბადის რაოდენობა 6.67% უდრის, ხასიათდება მაღალი სისალთი — 800 HB და დაბალი პლასტიკურობით, 4%-იან აზოტმეყვას სპირტ-ხსნარში არ იღებება, ამიტომ მიკროსკოპის ქვეშ ცემენტიტი ნათელი ფერისაა. ნატრიუმის პიკრატის ამოკმული მოქმედებისას ცემენტიტი მოშაო ფერს იღებს. შენადნობის მიკროსტრუქტურაზე ცემენტიტი მოჩანს მარცვლების ირგვლივ ბადის სახით, მარცვლების კრისტალოგრაფიულ სიბრტყეებში ნემსებისა და ცალკეული გამონაყოფების სახით (ნახ. 52).

პერიტიტი ფერიტისა და ცემენტიტის მიკრომექანიკური ევტექტიოიდური ნარევია. მისი სისალე 180 HB უდრის. სტრუქტურის მიხედვით ვხვდებით ორი



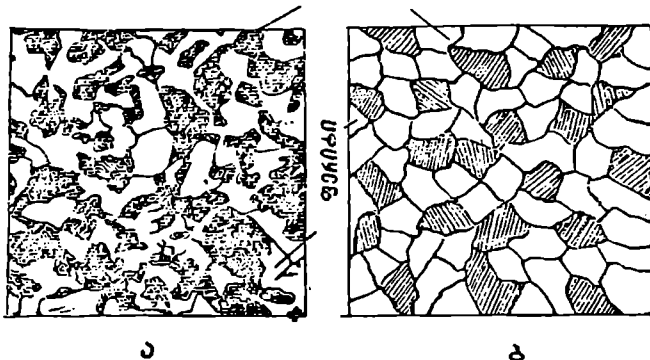
სახის პერლიტს: ფირფიტოვანს და მარცლოვანს. რკინა-ნახშირბადის შენადნობებში პერლიტი  $\approx 0,8\%$  ნახშირბადს შეიცავს.

პერლიტი ცემენტიტის და ფერიტის ფირფიტების ან მარცლების შენაცვლებას წარმოადგენს. ცემენტიტის ფირფიტები გაცილებით უფრო თხელი და სალია, ვიდრე ფერიტისა. ამოკმულ მიკროხეხზე ცემენტიტის ფირფიტები უფრო ამოწეული იქნება, ხოლო ფერიტისა ჩაღრმავებული. ასეთ მიკროხეხზე ირიბად დაცემული სხივები ცემენტიტის ფირფიტების ერთ მხარეს იძლევა განიერ ჩრდილს, ხოლო მეორე მხარეს ვიწრო და სუსტ ზოლს. მიკროსტრუქტურაზე ბნელი ზოლები წარმოადგენს ცემენტიტის ფირფიტების ან მარცლების საზღვრებს, ხოლო ნათელი უბნები ცემენტიტის ან ფერიტის ფირფიტებს ან მარცლებს. მცირე გადიდების შემთხვევაში შავი და თეთრი ზოლების შენაცვლების გამო პერლიტი მიკროსკოპში რუხ ფერად მოჩანს. მისი ფერი მით უფრო მუქია, რაც უფრო მცირეა გადიდება (ნახ. 47, 48).

ლეღებურიტი წარმოადგენს აუსტენიტისა და ცემენტიტის ( $723^{\circ}$ -ზე ზევით) ან პერლიტისა და ცემენტიტის ( $723^{\circ}$ -ზე ქვევით) მიკრომექანიკურ ევტექტიკურ ნარევეს (ნახ. 51). სუფთა ლეღებურიტის სტრუქტურა აქვს რკინა-ნახშირბადის ისეთ შენადნობებს, რომლებიც  $4,3\%$  ნახშირბადს შეიცავენ. ლეღებურიტი ხასიათდება პერლიტზე მაღალი სისალით ( $400HB$ ) და მაღალი სიმკვრივით.

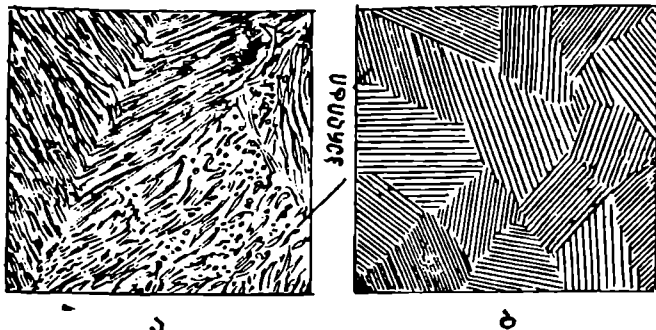
გრაფიტი რკინა-ნახშირბადის შენადნობებში გვხვდება ფირფიტების ან მრგვალი ფორმის სახით. გრაფიტი მიკროსკოპში შავად მოჩანს.

### პერიტი



ნახ. 47. ა — ქვევეტექტიოიდური ნახშირბადოვანი ფოლადის  $C=0,5\%$ ) მიკროსტრუქტურა  $\times 150$ ; ბ — მიკროსტრუქტურის სქემა

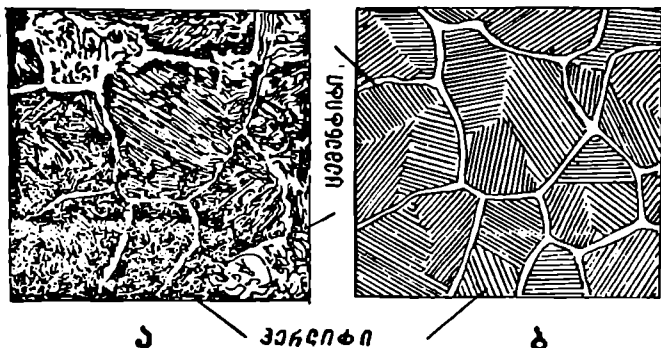
ფოლადი ეწოდება რკინა-ნახშირბადის შენადნობს, რომელიც ნახშირბადს  $2,14\%$ -ზე ნაკლებს შეიცავს. ფოლადები ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით იყოფა: ქვევეტექტიოიდურ, ევტექტიოიდურ და ზევეტექტიოიდურ ფოლადებად. ქვევეტექტიოიდური ფოლადი ეწოდება ფოლადს, რომელიც ნახშირბადს  $0,8\%$ -ზე ნაკლებს შეიცავს. იგი შედგება ფერიტისა და პერლიტის სტრუქტურული მდგენელებისაგან (ნახ. 47).



ნახ. 48. ა — ევტექტოიდური ნახშირბადოვანი ფოლადის ( $C=0,8\%$ ) მიკროსტრუქტურა  $\times 600$ ; ბ — მიკროსტრუქტურის სქემა

ევტექტოიდური ეწოდება ფოლადს, რომელიც შეიცავს  $0,8\%$  ნახშირბადს და შედგება მხოლოდ პერლიტისაგან (ნახ. 48).

ფოლადი, რომელიც შეიცავს  $0,8\%$ -ზე მეტ ნახშირბადს ეწოდება ზევტექტოიდური და შედგება ცემენტიტისა და პერლიტის სტრუქტურული მდგენელებისაგან (ნახ. 49).



ნახ. 49. ა — ზევტექტოიდური ფოლადის მიკროსტრუქტურა  $\times 150$ ; ბ — მიკროსტრუქტურის სქემა

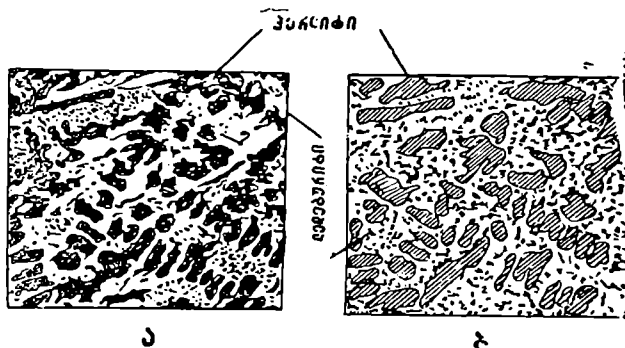
თუჯი ეწოდება რკინა-ნახშირბადის შენადნობს, რომელიც ნახშირბადს  $2,14\%$ -ზე მეტს შეიცავს. თუჯის ძირითადი სახეებია თეთრი და რუხი. თეთრი თუჯი ნახშირბადს ცემენტიტის  $Fe_3C$  სახით შეიცავს, ხოლო რუხი თუჯი გრაფიტის სახით. თეთრი თუჯი ხასიათდება მაღალი სისალით და სიმყიფით, რის გამო მანქანის დეტალების დასამზადებლად არ იყენებენ. გამოიყენება ე. წ. ქედადი თუჯის მისაღებად.

თეთრი თუჯი ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით არსებობს ქვეევტექტიკური, ევტექტიკური და ზევტექტიკური.

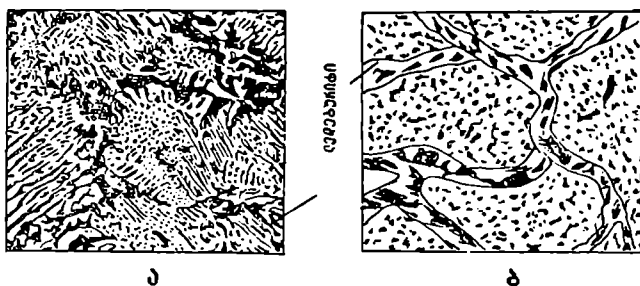
ქვეევტექტიკური თეთრი თუჯი ნახშირბადს  $4,3\%$ -ზე ნაკლებს შეიცავს და შედგება ლედებურიტისა და პერლიტისაგან (ნახ. 50).

ეპიტექური თეთრი თუჯი ნახშირბადს შეიცავს 4,3%-ს და შედგება მხოლოდ ლედებურიტისაგან (ნახ. 51).

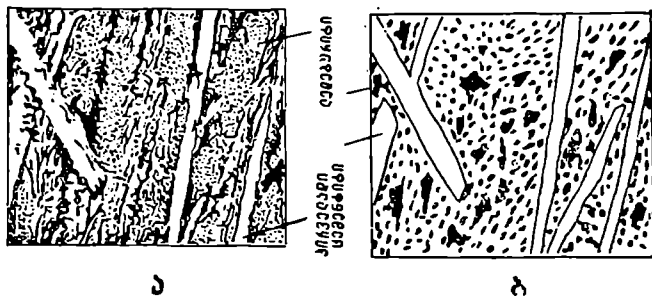
ზევეტექური თეთრი თუჯი ნახშირბადს შეიცავს 4,3%-ზე მეტს და მისი სტრუქტურა შედგება პირველადი ცემენტის მსხვილი ფირფიტებისა და ლედებურიტისაგან (ნახ. 52).



ნახ. 50. ა—ჰევეტექური თეთრი თუჯის ( $C=3,2\%$ )  $\times 200$ ;  
ბ—მიკროსტრუქტურის სქემა



ნახ. 51. ა—ეპიტექური თეთრი თუჯის ( $C=4,3\%$ ) მიკროსტრუქტურა  
 $\times 200$ ; ბ—მიკროსტრუქტურის სქემა



ნახ. 52. ა—ზევეტექური თეთრი თუჯის ( $C=4,8\%$ )  
მიკროსტრუქტურა  $\times 200$ ; ბ—მიკროსტრუქტურის სქემა

მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს  
შასარულაზღაღ

I. დავაღება

1. შესწავღეთ რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მიკროსტრუქტურები;
2. ჩახაზეთ რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მღგომარეობის დიაგრამა და შესასწავღი მიკროსტრუქტურების სქემები სტრუქტურული მღგენეღების ჩვენებით; 3. შეადღინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

II. სამუშაოს მიზანი

რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა (ფოღადებისა და თუჯების) მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავღა.

III. ხელხაწყოები და მასაღები

1. მეტაღოგრაფიული მიკროსკოპი; 2. ნახშირბადოვანი ქვეღვტეპტიოღური, ვტეპტიოღური და ზეღვტეპტიოღური ფოღადების და ქვეღვტეპტიკური, ვტეპტიკური და ზეღვტეპტიკური თუჯების მიკროხეხები; 3. საპრიღღებღი ჩარხი; 4. ამომღმელი რეაქტივები; 5. რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მღგომარეობის დიაგრამა; 6. ფარღალი და სახაზავი.

IV. მუშაობის მსღღღღობა

1. ჩამოთღღიღი მიკროხეხებისათვის მე-14 ცხრიღის მიხეღღით შეარჩიეთ ამომღმელი რეაქტივი და ამოღმის რეღიმი.
2. მოამზადეთ ფოღადებისა და თუჯების მიკროხეხები მეტაღოგრაფიულ მიკროსკოპზე გასასინჩავღ, ამისათვის გააპრიღღეთ მიკროხეხები და მოწამღეთ შერჩეული ამომღმელი რეაქტივით.
3. რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მღგომარეობის დიაგრამის გამოყენებით გასინჩეთ მიკროსკოპზე ქვეღვტეპტიოღური ფოღადის მიკროსტრუქტურა, ჩახაზეთ მისი სქემა და აჩვენეთ სტრუქტურული მღგენეღები;
4. თღღით განსაზღვრეთ მიკროსტრუქტურაზე პერიღღით დეკავებული ფართობი ( $F_3$ );
5. განსაზღვრეთ ფოღადის ნახშირბადის პროცენტული შემცვეღობა ფორმულით:

$$C = \frac{F_3 \cdot 0,8}{100} \%,$$

სღღღ.  $E_3$  არის მიკროსტრუქტურაზე პერიღღით დეკავებული ფართობი %-ობით.

6. გასინჩეთ მიკროსკოპზე ვტეპტიოღური და ზეღვტეპტიოღური ფოღადის მიკროსტრუქტურა, ჩახაზეთ მათი სქემა და აჩვენეთ სტრუქტურული მღგენეღები.
7. მიკროსკოპზე გასინჩეთ ქვეღვტეპტიკური, ვტეპტიკური და ზეღვტეპტიკური თეთრი თუჯების სტრუქტურა და აჩვენეთ სტრუქტურული მღგენეღები.

8. მიღებული შედეგები შეიტანეთ სამუშაოს შესრულების ოქმში.

9. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში და მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავლება და მიზანი, რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამა, სამუშაოს მსვლელობა, ფოლადებისა და თუჩების მიკროსტრუქტურების სქემები და სტრუქტურული მდგენელების აღწერა, შესრულებული სამუშაოს ოქმი, დასკვნა.

შესრულებული სამუშაოს ოქმი

№№ რიგზე	შენადნობის დასახელება	გაპრიალება		ამოკმა			მდგომარეობის სტრუქტურა	ნახშირბადის მასპროცენტი შემცველობა %-ით
		მოწყობა	ძისალა	რეაქტივი	ამოკმის რეჟიმი	რეაქტივის დახმარება		

**ლაბორატორიული სამუშაო № 10**

**რუხი და ხადადი თუჩების ვიარონალიზი**

**მოკლე თეორიული ცნობები**

რუხი თუჩი ნახშირბადს შეიცავს გრაფიტის სახით. თუჩში გრაფიტის არსებობა მას რუხ ფერს, დაბალ მექანიკურ თვისებებს აძლევს და ჭრით კარგად მუშავდება. რუხი თუჩის მიკროხეხზე გრაფიტი მიკროსკოპით შეიმჩნევა ამოუქმველადაც.

გრაფიტის ფორმა და რაოდენობა გავლენას ახდენს თუჩის მექანიკურ თვისებებზე და სტრუქტურაზე.

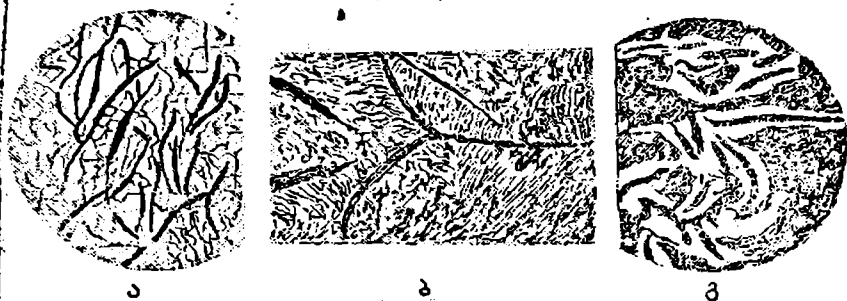
გრაფიტი თუჩში შეიძლება იყოს მსხვილი ფირფიტების, გამრუდებული წვრილი ფირფიტების, წერტილოვანი ჩანართებისა და მომრგვალებული ჩანართების სახით.

სტრუქტურის მიხედვით არჩევენ რუხი თუჩის შემდეგ სახეებს:

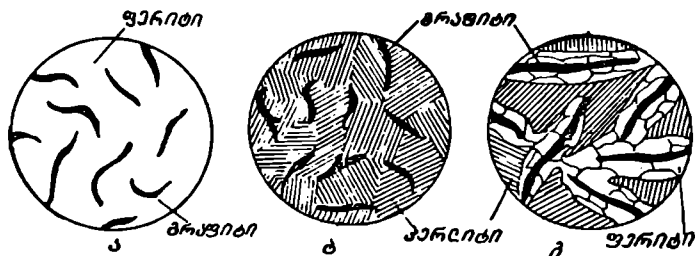
1. ფერიტული თუჩი ფერიტისა და გრაფიტისაგან შედგება. ამ თუჩს ძლიერ დაბალი მექანიკური თვისებები და მცირე ცვეთამედეგობა აქვს. ფერიტული თუჩის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია 53-ე, ა ნახაზზე, ხოლო მისი მიკროსტრუქტურის სქემა 54-ე, ა ნახაზზე.

2. პერლიტური თუჩი პერლიტისა და გრაფიტისაგან შედგება; ხასიათდება მაღალი მექანიკური თვისებებით და ამავე დროს ჭრითაც კარგად მუშავდება. პერლიტური თუჩის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია 53-ე, ბ ნახაზზე, ხოლო მისი სქემა—54-ე, ბ ნახაზზე.

3. ფერიტო-პერლიტური თუჩი შეიცავს ფერიტს, პერლიტსა და გრაფიტს. ფერიტო-პერლიტური თუჩის მექანიკური თვისებები ფერიტულ თუჩზე მაღალია. ამ თუჩის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია 53, ბ ნახაზზე, ხოლო მიკროსტრუქტურის სქემა 54, ბ ნახაზზე.



ნახ. 53. რუხი თუჯის მიკროსტრუქტურა: ა — ფერიტული; ბ — პერილიტური; გ — ფერიტო-პერილიტური.



ნახ. 54. რუხი თუჯის მიკროსტრუქტურების სქემები: ა — ფერიტული; ბ — პერილიტური; გ — ფერიტო-პერილიტური.

რუხ თუჯებს მათში შემავალი გრავიტის ფორმის მიხედვით ყოფენ ჩვეულებრივ და მოდიფიცირებულ რუხ თუჯებად.

თუჯის მოდიფიცირება ეწოდება ციხეში ჩასხმული თუჯის დაკრისტალევაზე ზეგავლენის მოსახდენად სპეციალური მინარეების დამატებით დამუშავების პროცესს. დანამატ ელემენტებს (ალუმინი, მაგნიუმი და სხვ.) მოდიფიკატორები ეწოდება, ხოლო მიღებულ თუჯს მოდიფიცირებული თუჯი. მოდიფიკატორები წარმოქმნიან ნაერთებს, რომლებიც დაკრისტალევის ხელოვნურ მრავალრიცხოვან ცენტრებს წარმოადგენენ და რის შედეგადაც მიიღება გრავიტის წვრილი და მომრგვალებული გამონაყოფები.

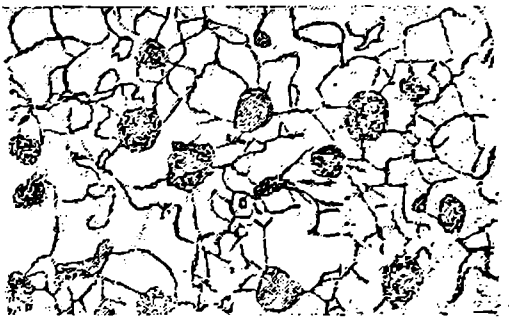
55-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მაგნიუმით მოდიფიცირებული თუჯის მიკროსტრუქტურა.

ქედალი თუჯი სიმტკიცის მიხედვით დგას ფოლადსა და რუხ თუჯს შორის.

ქედალი თუჯის მისაღებად დეტალებს ასხამენ თეთრი თუჯისაგან და ახდენენ 900—1000°-ზე ხანგრძლივ მოწვას. ამის შედეგად თეთრი თუჯი. ხდება ბლანტი და ადვილად დასამუშავებელი.

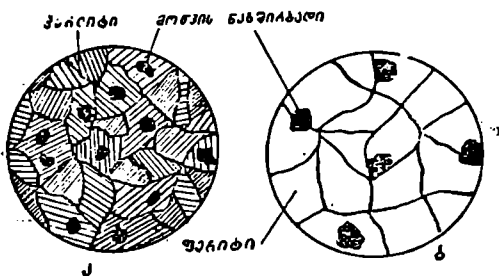
იმის მიხედვით, თუ როგორი წესით ხდება ჰედადი თუჯის მიღება, შეიძლება მიღებულ იქნეს თეთრგულა და შავგულა ჰედადი თუჯი.

თეთრგულა ჰედადი თუჯის მისაღებად თეთრი თუჯისაგან ჩამოსხმულ დეტალებს ფუთავენ რკინის მადანში. მაღალი ტემპერატურისა და მადნის მოქმედებით ხდება თეთრი თუჯის დეტალებიდან ნახშირბადის ნაწილობრივ ამოწევა და ცემენტის დაშლა ფერიტად და მოწვის ნახშირბადად. მიღებული ძირითადი ლითონური მასა შედგება პერლიტისაგან, მისი ნატეხი მოვერცხლისფერია, რისთვისაც მას თეთრგულას ან პერლიტურ ჰედად თუჯს უწოდებენ (ნახ. 56. ა).



ნახ. 55. მაგნიუმით ჰოლიფიტირებული თუჯის მიკროსტრუქტურა.

ჰედადი თუჯის მიღების მეორე ზერხით თეთრს თუჯის სხმულებს მოწვას სილაში აწარმოებენ ამ დროს მიიღება თუჯის სტრუქტურა, რომელიც შედგება მოწვის შედეგად მიღებული ფერიტული ლითონის მასისა და მასზე გამოყოფილი მოწვის ნახშირბადისაგან. ასეთი წესით მიღებულ ჰედად თუჯს შავგულა ან ფერიტულ ჰედად თუჯს უწოდებენ (ნახ. 56. ბ).



ნახ. 56. ჰედადი თუჯის მიკროსტრუქტურის სქემები: ა.—თეთრგულა ანუ პერლიტური; ბ.—შავგულა ანუ ფერიტული

**მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად**

**I. დავალება**

1. შეისწავლეთ რუხი და ჰედადი თუჯების მიკროსტრუქტურები; 2. სქემატურად ჩაიხაზეთ შესწავლილი მიკროსტრუქტურების სქემები, სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

**II. სამუშაოს მიზანი**

რუხი და ჰედადი თუჯების მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი; 2. საპრიალებელი ჩარჩი; 3. სტრუქტურების გამოსამქლავნებელი რეაქტივები; 4. რუხი თუჩების (ფერიტული, ფერიტოპერლიტური, პერლიტური და მაგნიუმით მოდიფიცირებული) და ქვადი თუჩების (ფერიტული და პერლიტური) მიკროხეხები; 5. ფარგალი და სახაზავი.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. ზემოთ ჩამოთვლილი მიკროხეხებისათვის მე-14 ცხრილის მიხედვით შეარჩიეთ სტრუქტურების გამოსამქლავნებელი რეაქტივი და განსაზღვრეთ მასში მიკროხეხების დაყოვნების ხანგრძლივობა.
2. მიკროხეხები გააპრიალეთ საპრიალებელ ჩარჩზე.
3. შერჩეული რეჟიმის მიხედვით მიკროხეხზე იმოქმედეთ ამომქმელი რეაქტივით.
4. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი დაეაყენოთ საჭირო გადიდებაზე.
5. მიკროსკოპზე გასინჯეთ რუხი და ქვადი თუჩების მიკროხეხები, შეინიშნაველეთ და ჩაიხაზეთ მიკროსტრუქტურების სქემები.
6. თითოეული მიკროსტრუქტურის ქვევით უჩვენეთ თუჩის დასახელება, ამომქმელი რეაქტივი და მიკროსტრუქტურის გადიდება.
7. ჩანახაზ მიკროსტრუქტურების სქემებზე უჩვენეთ თუჩის სტრუქტურული მდგენელები.
8. მიღებული შედეგება შეიტანეთ შესრულებული სამუშაოს ოქმში.
9. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, სადაც შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყოები და მასალები, მუშაობის მსვლელობა, რუხი და ქვადი თუჩების მიკროსტრუქტურების სქემები და მათი მიკროანალიზის ოქმი, დასკვნა.

#### რუხი და ქვადი თუჩების მიკროანალიზის ოქმი

რუხი	თუჩის დასახელება	თუჩის სახეობა სტრუქტურის მიხედვით	ამომქმელი რეაქტივი	ამოქმის რეჟიმი	სტრუქტურული მდგენელები	მიკროსტრუქტურის გადიდება

თ ა ვ ი

### ფოლადის თერმული და ქიმიურ-თერმული დამუშავება

ფოლადის თერმული დამუშავება ისეთი პროცესია, რომლის დროსაც თბური პროცესების საშუალებით, ქიმიური შედგენილობის შეუცვლელად, იცვლება ფოლადის სტრუქტურა და თვისებები.



თერმული დამუშავების მიზანია ფოლადის სიმტკიცის, დრეკადობისა და სისალის შეცვლა.

თერმული დამუშავების არსი გულისხმობს ფოლადის განსაზღვრულ ტემპერატურამდე გახურებას, ამ ტემპერატურაზე დაყოვნებას და განსაზღვრული სიჩქარით გაცივებას.

გახურების ტემპერატურისა და გაცივების სიჩქარის მიხედვით არჩევენ თერმული დამუშავების შემდეგ სახეებს: მოწვას, ნორმალიზაციას, წრთობას და მოშვებას.

ქიმიურ-თერმული დამუშავების დროს ნაყეთობათა სტრუქტურისა და თვისებების ცვლა ხდება როგორც ქიმიური შედგენილობის შეცვლით, ასევე თბური პროცესების საშუალებით. ამ პროცესის მიზანია ცვეთამდეგი ზედაპირის და ბლანტი გულის მქონე ნაყეთობის მიღება. ქიმიურ-თერმული დამუშავების სახეებია: დანახშირბადიანება, დააზოტება, დაციანება, დიფუზიური დალითონება.

## ლაბორატორიული სამუშაო № 11

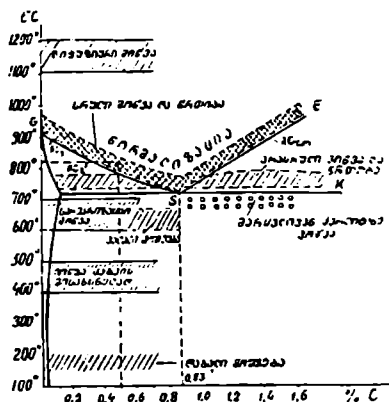
### ფოლადის ნორმალიზაცია

#### მოკლე თერმული ცნობები

ნორმალიზაცია თერმული დამუშავების ისეთი სახეა, რომლის დროსაც ფოლადს ახურებენ.  $AC_3 - AC_{cm}$  კრიტიკულ ტემპერატურაზე  $30 - 50^{\circ}$ -ით მაღლა. აყოვნებენ ამ ტემპერატურაზე და შემდეგ აცივებენ ჰაერზე (ნახ. 57).

ნახშირბადოვანი ფოლადის ნორმალიზაციის დანიშნულებაა მიკროსტრუქტურის და მექანიკური თვისებების გაუმჯობესება, რბილი ფოლადის მექანიკური ქრით დამუშავებადობის გაუმჯობესება, სტრუქტურის მომზადება შემდგომი თერმული დამუშავებისათვის (ამ უკანასკნელს ხშირად მიმართავენ ლეგირებული ფოლადების შემთხვევაში). ნორმალიზაციის ხარისხოვანი ჩატარებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს რეჟიმის სწორ შერჩევას, რაც გულისხმობს გახურების ტემპერატურის, გახურებისა და დაყოვნების ხანგრძლივობის და გაცივების სიჩქარის (გამააცივებელი გარემოს) სწორ დადგენას.

ნორმალიზაციის ტემპერატურა შეიძლება განისაზღვროს რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამით (ნახ. 46) და აგრეთვე მე-15 ცხრილის მიხედვით.



ნახ. 57. თერმული დამუშავების ტემპერატურული ინტერვალები რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამაზე.

ნორმალიზაციისათვის გახურების ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ღუმელის ტიპზე და ნაკეთის განიკვეთის ზომაზე. ხანგრძლივობა განისაზღვრება მე-16 ცხრილით.

ცხრილი 15

ნაკონსტრუქციო ნახშირბადოვანი ფოლადების ნორმალიზაციის ტემპერატურები °C-ით

ფოლადის მარკა	AC <sub>3</sub>	ნორმალიზაციის ტემპერატურა 0°-ით
10	860	920—970
15	880	
20	865	910—690
25	840	
30	825	880—980
35	810	870—920
40	800	830—900
45	785	840—890
50	770	830—880
55	765	820—870
60	760	900—850
65	750	790—840

ცხრილი 16

ნაკეთების გახურების საორიენტაციო ხანგრძლივობა

ღუმელის ტიპი	ღუმელის ტემპერატურა °C-ით	ნაკეთის გახურების დრო წმ-ით დიამეტრის ან სისხის 1 მ-ზე		
		მრგვალი კვეთის	კვადრატული კვეთის	მართკუთხოვანი კვეთის
ელექტროღუმელი	800	45—50	55—60	70—75
ელექტროღუმელი	900	40—45	50—55	65—70
მარილის აბაზანა	800	12—15	15—18	18—22
ტყეის აბაზანა	800	6—8	8—10	10—12
მარილის აბაზანა	1300	6—8	8—10	10—12

ნორმალიზაციის ტემპერატურამდე გახურებული ნიმუშის ღუმელში დაკუნების დრო აიღება გახურების ხანგრძლივობის 25%.

ნახშირბადმცირე ფოლადების სტრუქტურა ნორმალიზაციის შედეგად ჰიილება რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის შესაბამისად, ე. ი. ფერითი + პერლიტი. ნახშირბადსაშუალო ფოლადების სტრუქტურა ნორმალიზაციის შედეგად არის სორბიტისებრი, მცირე რაოდენობის თავისუფალი ფერითით (იხ. ნახ. 58, გ).

მომწვარი და ნორმალზებული ფოლადის მექანიკური თვისებები ნაჩვენებია მე-17 და მე-18 ცხრილში.

ნახშირბადოვანი ფოლადის სისალე მოწევისა და ნორმალიზაციის შემდეგ

მდგომარეობა	საკონსტრუქციო ფოლადი		
	ნახშირბადმცარი	სახშირბადსაშუალო	ნახშირბადუბევი
მომწეარა	125	160	185
ნორმალიზებული	140	190	230

ნორმალიზებული ნახშირბადოვანი ფოლადის მექანიკური თვისებები

ფოლადის კარკა	მექანიკური თვისებები					სისალე HB	ნახევარფაბრიკატის დასახელება
	მკ/კმ <sup>2</sup> -ობით	მკ/კმ <sup>2</sup> -ობით	ნ %-ობით	ჭ %-ობით	სისალე		
20	35	2	24	—	—		
25	43	24	18	50	121—170	ნაკელები, წნელები, მილები	
35	52	28	15	45	143—187	ნაკელები, წნელები,	
45	60	32	13	40	170—229	ნაკელები, წნელები, მილები	
50	63	34	13	40	174—255	ნაკელები, მილები	

მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

I. დავალება

1. გაზომეთ მომწეარი ნახშირბადოვანი ფოლადის ნიმუშის სისალე; 2. აწარმოეთ ნახშირბადოვანი ფოლადის ნიმუშის ნორმალიზაცია; 3. დაადგინეთ ნორმალიზაციის გავლენა ნახშირბადოვანი ფოლადის მექანიკურ თვისებებზე; 4. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

II. სამუშაოს მიზანი

ნახშირბადოვანი ფოლადის ნორმალიზაციის ტექნიკის პრაქტიკული შესწავლა და ნორმალიზებული ფოლადის მიკროსტრუქტურის გაცნობა.

III. ხელსაწყოები და მასალები

1. ლაბორატორიული ელექტროლუმელი; 2. თერმოელექტრული პირომეტრი;
3. ბრინელის (ან როკველის) წნეხი; 4. ნახშირბადოვანი საკონსტრუქციო (45, 50) და საიარალო V10, V12) ფოლადების ნიმუშები ( $d=10-15$  მმ;  $l=15-20$  მმ).
5. შტანგენფარგალი; 6. ზემფარის ქალაღი; 7. მარწეხი.

#### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. ბრინელის წნეხზე გაზომეთ აღებული ნიმუშის სისალე.
2. ნიმუშის ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით 57-ე ნახაზის მიხედვით განსაზღვრეთ ნორმალიზაციის ტემპერატურა.

შენიშვნა: 57-ე ნახაზიდან ნორმალიზაციის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის ნიმუშის ნახშირბადის შემცველობა (მაგალითად, 0,5%) მონახეთ აბსცისათა ღერძზე, ამ წერტილიდან აღმართვით მართობი ნორმალიზაციის ტემპერატურის ინტერვალამდე, მართობიდან გაატარეთ თარაზული ხაზი ორდინატის ღერძის ვადაკვეთამდე. ვადაკვეთის წერტილი (830°) ნორმალიზაციის ტემპერატურას წარმოადგენს.

3. ნორმალიზაციის ტემპერატურა შეამოწმეთ მე-15 ცხრილით.
4. შეარჩიეთ გახურების ხანგრძლივობა მე-16 ცხრილის მიხედვით.
5. შეარჩიეთ ღუმელში დაყოვნების დრო.
6. გაახურეთ ღუმელი ნორმალიზაციის ტემპერატურამდე და მასში მოათავსეთ ნიმუში. გახურებისა და სათანადო დაყოვნების შემდეგ ნიმუში გამოიღეთ და გააცივეთ ჰაერზე.
7. ნორმალიზებული ნიმუშის ზედაპირი გაასუფთავეთ ზუმფარის ქაღალდით.
8. ბრინელის წნეხზე გაზომეთ ნორმალიზებული ფოლადის სისალე და შეადარეთ მე-17 ცხრილს.
9. ამოიწერეთ ნორმალიზებული ფოლადის (რომლის მარჯა 50-ია) მექანიკური თვისებები (ცხრილი 18).
10. გააკეთეთ დასკვნა ნორმალიზაციის შედეგად მექანიკური თვისებების ცვლილებებზე.
11. ცდის შედეგები შეიტანეთ ნორმალიზაციის ოქმში.
12. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასაზღვება, დაელება და მიზანი, ფოლადის დახასიათება ცდამდე, რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ნაწილი (ნახ. 57), მუშაობის მსვლელობა, ნორმალიზაციის ოქმი და დასკვნა. <sup>1</sup>

#### ნორმალიზაციის ოქმი

ნიმუშის №	მასალის დასაზღვრება	სისალე ნორმალიზაციამდე	ნორმალიზაცია				სისალე HB ნორმალიზაციის შემდეგ
			ტემპერატურა °C-ობით	გახურების ხანგრძლივობა წთ-ობით	დაყოვნების დრო წთ-ობით	გამაცივებელი გარემო	

#### ლაბორატორიული სამუშაო № 12

ნახშირბადოვანი ხაირალღ ფოლადის წართყა და მოუწყება

#### მოკლე თეორიული ცნობენი

წრთობა ეწოღება თერმული დამუშავების ისეთ პროცესს, რომლის დროსაც ნაქეთს ახურებენ განსაზღვრულ ტემპერატურამდე, აყოვნებენ ამ ტემპერატურაზე საჭირო დროის განმავლობაში და შემდეგ სწრაფად აცივებენ წყალში ან ზეთში.

პრაქტიკაში წრთობას იყენებენ საკონსტრუქციო ფოლადების სიმტკიცისა და დრეკადობის და საიარალო ფოლადების სისალის ამაღლებისათვის.

წრთობის ხარისხისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს წრთობის ტემპერატურის, გახურების ხანგრძლივობის, დაყოვნების დროისა და გამაცივებელი გარემოს (გაცივების სისწრაფის) სწორად შერჩევას.

წრთობისათვის ფოლადის გახურების ტემპერატურა დამოკიდებულია უმთავრესად მასში ნახშირბადის შემცველობაზე. საერთოდ პრაქტიკაში ისეთ ფოლადს აწრთობენ, რომლებიც ნახშირბადს შეიცავენ 0,3% -ზე მეტს. სხვადასხვა ფოლადისათვის წრთობის ტემპერატურის განსაზღვრა შეიძლება რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამაზე.

წრთობისათვის ქვევტექტოიდურ ფოლადებს ახურებენ  $AC_3$  კრიტიკულ ტემპერატურაზე 20—30°-ით მეტად, აყოვნებენ ამ ტემპერატურაზე და შემდეგ სწრაფად აცივებენ. ასეთ წრთობას სრული წრთობა ეწოდება, რის შედეგადაც მიიღება მარტენსიტის სტრუქტურა.

ევეტექტოიდური ფოლადის ( $C=0,8\%$ ) წრთობისათვის გახურება ხდება  $AC_1$  კრიტიკული ტემპერატურის ზევით 30—50°-ით, აყოვნებენ ამ ტემპერატურაზე და სწრაფად აცივებენ, რის შედეგადაც მიიღება მარტენსიტის სტრუქტურა.

ზევეტექტოიდური ფოლადები ( $C>0,8\%$ ) წრთობისათვის მიხანშეწონილია გახურებულ იქნეს  $AC_1$  კრიტიკულ ტემპერატურაზე 40—50°-ით მეტად. ამ ტემპერატურის დროს პერლიტი გარდაიქმნება აუსტენიტად, ხოლო ქარბი ცემენტოტი რჩება თითქმის უცვლელად. სწრაფი გაცივების შედეგად ნაწრთობ ფოლადს ექნება სტრუქტურა მარტენსიტი + მეორეული ცემენტოტი. უკანასკნელი ამაღლებს ფოლადის ცვეთამდეგობას და სისალეს.

გახურების ხანგრძლივობა (ანუ გახურების სიჩქარე) და დაყოვნების დრო დამოკიდებულია ფოლადის ქიმიურ შედგენილობაზე, გასახურებელი ნაკეთის კვეთზე, სახურებელი ღუმელის ტიპზე და სხვ. ფოლადი რაც უფრო დიდი რაოდენობით შეიცავს ნახშირბადს და ხვა მინარევებს. რაც მეტია საწრთობი ნაკეთის კვეთი და რაც უფრო რთულია მათი მოყვანილობა, მით უფრო ნელი უნდა იყოს მათი გახურება ნაკეთში შინაგანი ძაბვების წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად.

გახურების ხანგრძლივობის საორიენტაციო მნიშვნელობები მოცემულია მე-16 ცხრილში.

ღუმელში დაყოვნების დრო უნდა იყოს გახურების ხანგრძლივობის 25% - გაცივების სისწრაფის ცვლა შეიძლება გამაცივებელი გარემოს შერჩევით.

საკონსტრუქციო ნახშირბადისაშუალო ფოლადების წრთობისათვის გამაცივებულ გარემოდ იყენებენ წყალს, ხოლო ნახშირბადუხვი საიარალო ფოლადების წრთობისათვის ზეთს.

საიარალო ფოლადებს, რომლებიც შეიცავენ 0,6—1% ნახშირბადს, ხშირად აცივებენ ორ გამაცივებელში ჯერ 200—250° წყალში და შემდეგ ოთახის ტემპერატურის ზეთში.

ნაწრთობი ფოლადი ხასიათდება დიდი სიმყიფით და შიგა ძაბვების არსებობით.

შემციკრებული სიმყიფის, შემციკრებული შიგა ძაბვებისა და ერთგვაროვანი

სტრუქტურის მქონე ფოლადის მისაღებად ზშირად ფოლადს ჯერ მარტენსიტზე აწრობენ და შემდეგ მოშვებას აწარმოებენ.

მოშვება ეწოდება თერმული დამუშავების ისეთ სახეს, რომლის დროსაც ნაწრობი ფოლადს AC<sub>1</sub> კრიტიკულ ტემპერატურაზე დაბლა ახურებენ, აყოვნებენ ამ ტემპერატურაზე ამა თუ იმ ხანგრძლივობით და შემდეგ ფოლადის გვარობისა და მიხედვით აცივებენ ნელა (ჰაერზე) ან ჩქარა (ზეთში, წყალში).

მოშვების ტემპერატურის მიხედვით არჩევენ მოშვების შემდეგ სახეებს:

ა. დაბალი მოშვება. ასეთი მოშვების მიზანია ნაწრობი ფოლადის სიმყიფის შემცირება სისალის შეუცვლელად შიგა ძაბვების ნაწილობრივი მოხსნის ხარჯზე. დაბალი მოშვებისათვის ნაწრობი ფოლადს 150—200°-ზე ახურებენ 1—3 საათის განმავლობაში, რის შედეგადაც მოშვების მარტენსიტის სტრუქტურა მიიღება. დაბალ მოშვებას ნახშირბადოვანი საიარალო ფოლადებისაგან დამზადებულ იარაღებს უკეთებენ.

ბ. საშუალო მოშვების მიზანია ნაწრობი ფოლადის ღრეკადობის ზღვარის ამალეება სიმტკიცის შენარჩუნებით. ამ დროს მოშვების ტემპერატურა 300—400°-ში იცვლება, ამის შედეგად მოშვების ტროსტიტის სტრუქტურა მიიღება. ტროსტიტზე მოშვებას ზამბარებისათვის, რესორებისათვის, ხის ხერხებისათვის და სხვა ამგვარი ნაკეთობისათვის იყენებენ.

გ. მაღალი მოშვება. ნაწრობი ფოლადის მაღალ მოშვებას 500—650°-ზე გახურებით აწარმოებენ. ასეთი მოშვების დროს მთლიანად ისპობა შიგა ძაბვები და მოშვების სორბიტის სტრუქტურა მიიღება. მოშვების სორბიტის სტრუქტურა წართობის სორბიტის სტრუქტურასთან შედარებით მეტი პლასტიკურობით, სიბლანტით და საკმაოდ მაღალი სიმტკიცით ხასიათდება. თერმული დამუშავების ისეთ სახეს, როდესაც წართობის შემდეგ მაღალ მოშვებას აწარმოებენ, გაუმჯობესებას უწოდებენ.

ზოგიერთი საკონსტრუქციო და საიარალო ნახშირბადოვანი ფოლადების საორიენტაციო თერმული დამუშავების რეჟიმი და სისაღეები მოცემულია მე-19 და მე-20 ცხრილებში.

ცხრილი 19

საკონსტრუქციო ნახშირბადოვანი ფოლადების თერმული დამუშავების საორიენტაციო რეჟიმები და სისაღეები

ფოლადის მარკა	გახურების ტემპერატურის, ნორმალიზაციის და მოწესისათვის °C	წართობის რეჟიმი	გამაცივებელი გარემო	მოშვების ტემპერატურა °C	სისაღე წართობისა და მოშვების შემდეგ RC
40	820—850		წყალი	200—300	52—48
				300—400	48—41
				400—500	41—33
				500—600	33—22
45	810—840		—, —	200—300	54—50
				300—400	50—41
				400—500	41—33
				500—600	33—24
				600—700	24—15
50	800—840		—, —	180—200	55—50
				380—400	48—40
				500—550	33—24
				560—620	24—20
60	785—820		წყალი-ზეთი	400	40—35
				550—620	24—18
70	770—815		—, —	400	46—39
				660—670	27—22

საიარაღო ნახშირბადოვანი ფოლადების თერმული დამუშავების  
საორიენტაციო ჩევიშები და სისაღებები

ფოლადის მარკა	მოწევა		წრთობა			მოშევა	
	ტემპერატურა °C	სისაღე HB (არა მკვლები)	ტემპერატურა °C	გამსუფუბელი გარეშე	სისაღე RC	ტემპერატურა °C	სისაღე RC
У7, У7А	750—760	187	800—820	წყალი—ზეთი	61—63	160—200 200—300 300—400 400—500	63—60 60—54 54—43 43—35
У8, У8А У8Г, У8ГЛ	750—760	187	780—800	იგივე	62—64	160—200 200—300 300—400 500—600	64—60 65—60 55—45 35—27
У9, У9А	750—760	192	760—780		62—65	160—200 200—300 300—400 400—500 500—600	64—62 62—56 56—46 46—37 37—28
У10	760—780	197	760—780		62—65	160—200	64—62
У12	760—780	207	760—780	ზეთი	62—66	160—200	65—62
У12А						200—300	62—57

მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს  
შესასრულავლად

I. დავალები

1. გაზომეთ ნახშირბადოვანი მომწვარი საიარაღო ფოლადის (C=0,8—1,0%) სისაღე; 2. აწრთეთ ნახშირბადოვანი საიარაღო ფოლადი ორ გამსუფუბელში (წყალში და ზეთში); 3. გაზომეთ ნიმუშის სისაღე წრთობის შემდეგ; 4. მოახდინეთ ნაწრთობი ნიმუშის მოშევა 200° (დაბალი მოშევა) და 600° (მაღალი მოშევა) ტემპერატურაზე გახურებით; 5. გაზომეთ ფოლადის სისაღე მოშევის შემდეგ.

II. სამუშაოს მიზანი

ნახშირბადოვანი ფოლადის წრთობისა და მოშევის ჩევიშების ათვისება.

III. ხელსაწყოები და ნიმუშები

1. ლაბორატორიული ელექტროლუმელი; 2. თერმოელექტრული პირომეტრი; 3. როკველის წნეხი; 4. საიარაღო ნახშირბადოვანი ფოლადის ნიმუშები (Φ 15 მმ, l=15—20 მმ); 5. შტანგენფარგალი; 6. ზუმფარის ქალაღი; 7. მარწყუხი; 8. წყლის საწრთობი ავზი; 9. ზეთის საწრთობი ავზი.

#### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. გაზომეთ მომწვარი ნიმუშის სისალე როკველის წნეხზე; მიღებული შედეგი გადაიყვანეთ ბრინელის რიცხვზე.
2. მოცემული ნიმუშისათვის ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით 57-ე ნახაზის საშუალებით შეარჩიეთ წრთობის ტემპერატურა.

შენიშვნა: ამისათვის მოცემული ნიმუშის ნახშირბადის შემცველობა მონახეთ აბსცისათა ღერძზე. აღპართე მართობი წრთობის ტემპერატურის ინტერვალმდე და იქიდან გაატარეთ თარაზული ხაზი ორდინატის ღერძის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილი წრთობის ტემპერატურას წარმოადგენს (საბარალო ფოლადისათვის 760—780°).

3. გაზომეთ ნიმუში და მე-11 ლაბორატორიული სამუშაოს ანალოგიურად შეარჩიეთ ელექტროლუმელში ნიმუშის გახურების ხანგრძლივობა და დაყოვნების დრო (მე-16 ცხრილიდან).
4. ღუმელი გაახურეთ წრთობის ტემპერატურაზე 10—20°-ით მეტად და შეაწყვეთ საწრთობი ნიმუშები.

შენიშვნა: მუუელის ღუმელი წინასწარ უნდა გახურდეს 700°-ზე.

5. გახურების შემდეგ საიარალო ფოლადის ნიმუში გამოიღეთ, ვერტიკალურად ჩაუშვით წყალში, ენერგიულად ამოძრავეთ 2—3 წუთის განმავლობაში ორთქლის პერანგის დასარღვევად, გააცივეთ 200—250°-მდე, რის შემდეგ სწრაფად გადაიტანეთ ზეთში შემდგომი გაცივებისათვის.

შენიშვნა: წყალში გაცივების საორიენტაციო დრო ნიმუშის დიამეტრის ან სისქის ყოველ 5—6 მმ-ზე დაახლოებით 1—1,5 წმ უდრის.

6. ნიმუშის ტორსი გაწმინდეთ ხენჯისა და გაუნახშირბადიანებელი შრისაგან. გაზომეთ ნაწრთობი ნიმუშის სისალე როკველის წნეხზე.
7. გაახურეთ ღუმელი მოშვების ტემპერატურამდე (200°).
8. განსაზღვრეთ მოშვებისათვის ღუმელში დაყოვნების საჭირო დრო.

შენიშვნა: ღუმელში ნიმუშის დაყოვნების ხანგრძლივობა აიღება მისი სისქის ყოველ 1 მმ-ზე 2—3 წუთი.

9. ნაწრთობი ნიმუში ჩადეთ ელექტროლუმელში, დაყოვნეთ გარკვეული დროის განმავლობაში, შემდეგ გამოიღეთ და გააცივეთ ჰაერზე.
10. გაზომეთ მოშვებული ფოლადის ნიმუშის სისალე როკველის წნეხზე.
11. ცდის შედეგები შეიტანეთ წრთობისა და მოშვების ოქმში.
12. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში და მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დაეალება და მიზანი, ფოლადის დახასიათება ცდამდე, რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის ქვედა მარცხენა კუთხე (ნახ. 57), მუშაობის მსვლელობა, წრთობისა და მოშვების ოქმი და დასკვნა.



№ რიგზე	ფოლადის მარკა	ნაშენის დამატების სისქე მშ-ობით	სისალე სპეციფიკაციის მდგომარეობაში		წარმოების ტექნოლოგია აცობით	გახურების ხანგრძლივობის დროს	სისალე		დაყენების დრო მოშვების დროს	სისალე 200°-ზე მოშვების შემდეგ	სისალე 600°-ზე მოშვების შემდეგ
			HRB	HB			HRC	HB			

ლაბორატორიული საგუშაგო № 13

თარგულად და კვირურ-თარგულად დაუშავებული ფოლადების მიჩრონალური

მკვლე თეორიული ცნობები

რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიაგრამაზე ნაჩვენებნი სტრუქტურული მდგენელები (ნახ. 46) ოთახის ტემპერატურის დროს შეესაბამება ფოლადის ნელ გაცივებას (0,1°/წამში სიჩქარით). ამ დროს აუსტენიტიდან გამოყოფას ასწრებს ფერიტი და ცემენტიტი გაზრდილი ფირფიტების სახით, რის შედეგადაც ფოლადში მიიღება პერლიტი. პერლიტის სისალე 200 HB უდრის.

როდესაც აუსტენიტის ზონამდე გახურებული ქვეეპიტოიდური ფოლადი ცივდება ლუმელთან ერთად (0,1°/წამში სიჩქარით), ე. ი. ხდება მისი მოწვა, მაშინ მიიღება ფოლადი, რომელიც შედგება ფერიტისა და პერლიტისაგან (ნახ. 58, ბ). ეპიტოიდური ფოლადის ასეთივე გაცივებით მიიღება ფოლადი, რომელიც მხოლოდ პერლიტს შეიცავს, ხოლო ზეეპიტოიდურის გაცივებით კი მიიღება ცემენტიტისა და პერლიტის შემცველი ფოლადი.

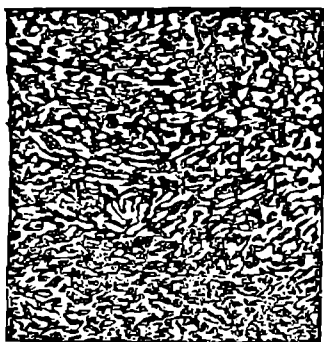


ნახ. 58. ქვეეპიტოიდური ფოლადის მიკროსტრუქტურა: ა—სხული; ბ—მოწვის შემდეგ; გ—ნორმალისაციის შემდეგ.

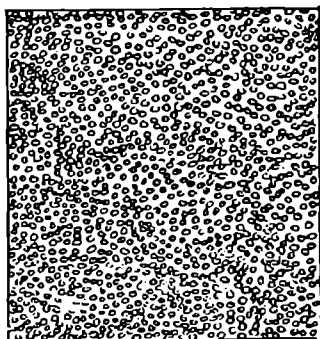
თუ აუსტენიტის ზონამდე (ტემპერატურა  $AC_3 + 30 - 50^\circ$ ) გახურებული ფოლადი ცივდება მშვიდ ჰაერზე ( $1^\circ/\text{წამში}$  სიჩქარით), პროცესს ნორმალიზაცია ეწოდება. ამ დროს აუსტენიტის დაშლის პროდუქტები — ფერიტი და ცემენტიტი უფრო დისპერსიულია (ნახ. 58, გ).

აუსტენიტის ზონამდე გახურებული ნახშირბადოვანი ფოლადის ზეთში ( $50^\circ\text{-მდე}/\text{წამში}$  სიჩქარით) გაცივებისას უკვე მიმდინარეობს წრთობის პროცესი. ამ დროს მიიღება უფრო მეტი დისპერსიობის პერლიტის მქონე ფოლადი. ასეთ სტრუქტურას წრთობის სორბიტი ეწოდება. სორბიტი ხასიათდება დიდი სიბლანტიანა და კარგი დრეკადობით. სორბიტის სისაღე  $250 - 350$  HB უდრის.

ფოლადმა სორბიტის სტრუქტურა შეიძლება მიიღოს წყალში წრთობით და შემდეგ  $500 - 650^\circ\text{-ზე}$  მოშვებით. ასეთ სტრუქტურას მოშვების სორბიტი ეწოდება (ნახ. 59).



ა



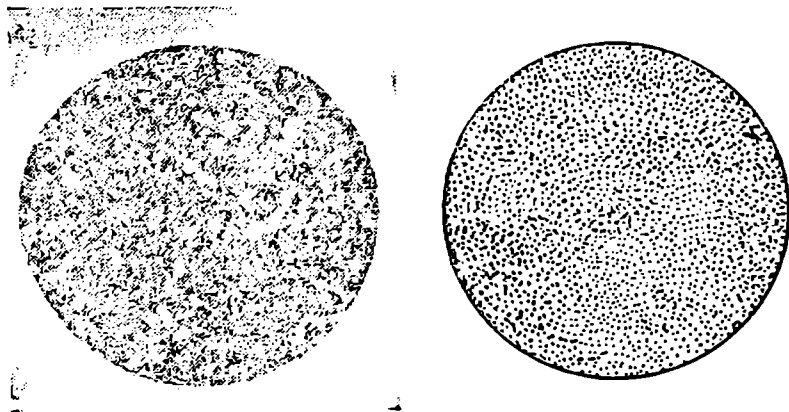
ბ

ნახ. 59. მოშვების სორბიტი: ა—მიკროსტრუქტურა; ბ—მიკროსტრუქტურის სქემა.

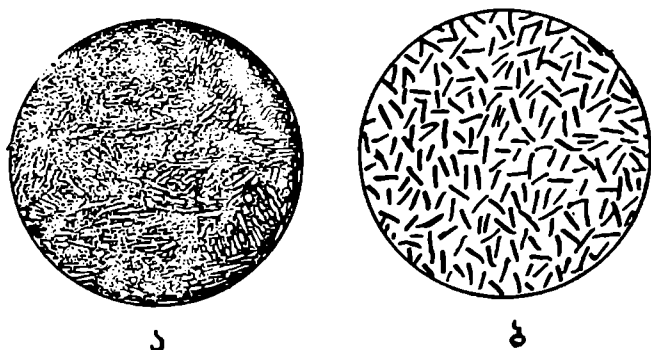
აუსტენიტის ზონამდე გახურებული ნახშირბადოვანი ფოლადის გაცივების სისწრაფის წამში  $100^\circ\text{-მდე}$  გაზრდით ფერიტისა და ცემენტიტის დისპერსიულობის ხარისხი სორბიტთან შედარებით კიდევ უფრო იზრდება. ამ დროს ცემენტიტი მხოლოდ ჩასახვას ასწრებს. მიღებულ სტრუქტურას ეწოდება წრთობის ტროსტიტი, რომლის სისაღე  $350 - 500$  HB უდრის. ტროსტიტი ამომკმეღი რეაქტივით შავად იღებება. მისი დანახვა შეიძლება მხოლოდ მიკროსკოპის დიდი გადიდებისას. საკონსტრუქციო ფოლადები ტროსტიტის სტრუქტურას იღებენ ზეთში ან წყალში წრთობით და შეჰდეგ  $350 - 450^\circ\text{-ზე}$  მოშვებით. უკანასკნელ შემთხვევაში მიიღება მოშვების ტროსტიტი (ნახ. 60).

გაცივების სიჩქარის უფრო მეტად გაზრდით  $150 - 200^\circ$  წამში (რაც წყალში გაცივებით მიიღწევა) აუსტენიტიდან ნახშირბადი ვერ ასწრებს გამოყოფას, ორჯინა გადაღის ა-რჯინაში, ნახშირბადის ატომები ჩაქეჩილი რჩება მოცულობით დაცენტრებული კუბის კრისტალურ გისოსში. ნახშირბადის ატომების ჩაქეჩვისას კრისტალური გისოსი მახინჯდება, რის გამოც ფოლადის სისაღე აღწევს  $500 - 700$  HB. მიღებული წრთობის სტრუქტურას ეწოდება მარტენ-

სიტი (ნახ. 61, 62). მარტენსიტი წარმოადგენს ნახშირბადის გადამენატჯერ-  
მყარ ხსნარს α რკინაში.



ნახ. 60. პოშევის ტროსტიტი: ა — მიკროსტრუქტურა; ბ — მისი სქემა.



ნახ. 61. ქვევრეტაქტილური ფოლადის წრთობის მარტენსიტის სტრუქტურა:  
ა — მიკროსტრუქტურა; ბ — მიკროსტრუქტურის სქემა.

წრთობის სტრუქტურების სიმყიფე გამოწვეულია მათში ცემენტის წაგრძელებული ფორმებისა და შიგა ძაბვების გამო. წრთობის მარტენსიტის სტრუქტურაში შიგა ძაბვების არსებობა კუბური კრისტალური გისოსის დამახინჯებით აიხსნება. ამასთან შიგა ძაბვები შედეგია იმისა, რომ ნაკეთის წრთობის ცალკეული უბნების გაციეება არათანაბრად მიმდინარეობს, რის გამოც ნაკეთში შეიძლება მიღებულ იქნეს წრთობის სხვადასხვა სტრუქტურა, რომლებიც სხვადასხვა მოცულობით ხასიათდებიან (მარტენსიტის სტრუქტურა ყველაზე მეტად იმატებს მოცულობაში).



ქიმიურ-თერმულად დამუშავებული ფოლადების მიკროსტრუქტურების შესწავლა საშუალებას იძლევა წარმოდგენა ექონიით ქიმიურ-თერმული დამუშავების სიღრმეზე, ქიმიურ შედგენილობაზე, სისაღისა და სხვა თვისებების ცვალებადობაზე და სხვა.

დანახშირბადიანებულ შრეში ნახშირბადის რაოდენობა ზედაპირიდან გულსაკენ მცირდება, რის შესაბამისად იცვლება სტრუქტურებიც. როგორც 63-ე ნახაზიდან ჩანს, რადგან ფოლადის ზედაპირში ნახშირბადის შემცველობა 0,8% -ზე მეტია, ამიტომ მიიღება ზეექტექთოიდური ფოლადისათვის დამახასიათებელი მიკროსტრუქტურა (პერლიტი + ცემენტი). გულსაკენ ნახშირბადის რაოდენობის თანდათანობითი შემცირების გამო, დანახშირბადიანებული ფოლადის მიკროსტრუქტურაზე ვხვდებით ჯერ პერლიტის, შემდეგ ფერიტ + პერლიტის გარდამავალ შრეს, ხოლო შემდეგ ისევ ცემენტაციამდე არსებულ სტრუქტურას (დიდი რაოდენობის ფერიტი + მცირე რაოდენობის პერლიტი). დანახშირბადიანებული ფოლადის წრთობის შემდეგ ზედაპირულ შრეში მიიღება მარტენსიტი, ხოლო გულის სტრუქტურა დამოკიდებულია ფოლადის გვარობაზე. მაგალითად, ნახშირბადოვანი ფოლადის შემთხვევაში ცემენტირებული ფოლადის გულში რჩება ფერიტ + პერლიტის სტრუქტურა; ლეგირებული ფოლადების შემთხვევაში კი გულში მიიღება ნახშირბადმცირე მარტენსიტი.

## მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ მომწვარი, ნორმალიზებული, ნაწრთობი და მოშვებული და დანახშირბადიანებული ფოლადების მიკროსტრუქტურები;
2. სქემატურად ჩაიხაზეთ შესწავლილი მიკროსტრუქტურები, სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები;
3. გაზომეთ თერმულად დამუშავებული ნიმუშის სისაღე;
4. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

თერმულად დამუშავებული ნახშირბადოვანი ფოლადების მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავლა და თერმული დამუშავების რეჟიმსა და მექანიკურ თვისებებს შორის დამოკიდებულების დადგენა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი;
2. საპრილატელები ჩაჩხი;
3. სტრუქტურების გამოსამკვლავებელი რეაქტივი;
4. მომწვარი, ნორმალიზებული, ნაწრთობი და მოშვებული და დანახშირბადიანებული ნახშირბადოვანი ფოლადების მიკრონახეხების კომპლექტი;
5. სისაღის საზომი (TK ან ТП ტიპის);
6. მიკროსტრუქტურათა ფოტოსურათების ალბომი.

### IV. მუშაობის მხელელობა

1. ზემოთ ჩამოთვლილი მიკრონახეხებისათვის მე-14 ცხრილიდან შეარჩიეთ მიკროსტრუქტურების გამოსამკვლავებელი რეაქტივები და მოწამვლის რეჟიმი;

2. მოამზადეთ მიკროხეხები მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე გასასინჯად.
3. მიკროსკოპზე გასინჯეთ თერმულად და ქიმიურ-თერმულად დამუშავებული ფოლადების მიკროხეხები.
4. შეისწავლეთ მიკროსტრუქტურები და ჩაიხაზეთ.
5. თითოეული მიკროსტრუქტურის ქვეშ უჩვენეთ ფოლადის დასახელება, ნახშირბადის შემცველობა, მრწამვლის რეჟიმი, სტრუქტურის დასახელება და გადიდება.

შენიშვნა: მე-19 და მე-20 ცხრილებში მოცემულია ზოგიერთი საკონსტრუქციო და საიარალო ნახშირბადოვანი ფოლადების საორიენტაციო თერმული დამუშავების რეჟიმები და შექანიერა თვისებები.

6. ჩანახაზი მიკროსტრუქტურის სქემაზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები.
7. გავომეთ თერმულად დამუშავებული მიკროხეხების სისალე TK ან TП ტიპის სისალის მზომებზე.
8. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში და მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავლება და მიზანი, სამუშაოს მსვლელობა, თერმულად და ქიმიურ-თერმულად დამუშავებული ფოლადების მიკროსტრუქტურების სქემები და სტრუქტურული მდგენელების აღწერა, თერმულად დამუშავებული ფოლადების მიკროანალიზის ოქმი, დასკვნა.

თერმულად დამუშავებული ნახშირბადოვანი ფოლადის მიკროანალიზის ოქმი

№ რიგზე	ფოლადის დასახელება	თერმული დამუშავების სახე	თერმული დამუშავების რეჟიმი		მომწველი რეჟიმი	რეაქტივის დაყენების დრო	სტრუქტურული მდგენელები	სისალე	
			გახურების ტემპერატურა	გამაცივებული გარეშო				HRC	HB

თ ა ვ ი VI

ლეგირებული ფოლადების მიკროანალიზი

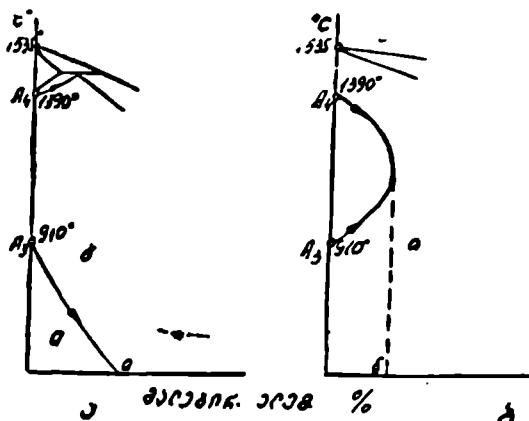
ლეგირებული ეწოდება ისეთ ფოლადს, რომელიც ნახშირბადისა და გარდუვალის მინარევების (Si, Mn, S, P) გარდა შეიცავს ერთ ან რამდენიმე სპეციალურად დამატებულ მალეგირებელ ელემენტს.

მალეგირებელ ელემენტებად გამოიყენება ქრომი, ნიკელი, მანგანუმი, კაბადი, ვოლფრამი, მოლიბდენი, ვანადიუმი, კობალტი და სხვა.

მალეგირებული ელემენტები რკინასთან წარმოქმნის სხვადასხვა კონცენ-

ტრაციის მყარ ხსნარებს. მალეგირებელი ელემენტების დამატება იწვევს გარდაქმნის კრიტიკული წერტილების ( $AC_1$ ,  $AC_2$ ) გადანაცვლებას, რასაც მოსდევს ან  $\gamma$  მოდიფიკაციების საზღვრების გადიდება ან შეშუპება.

როდესაც მალეგირებელი ელემენტი იძლევა  $\gamma$  მოდიფიკაციის შეშუპებულ ჩაკეტილ კონტურს, მაშინ  $\alpha$  მოდიფიკაციის საზღვრები იზრდება (ნახ. 64) და მალეგირებელი ელემენტები, ყოველ ტემპერატურაზე გახსნილია  $\alpha$  მყარ ხსნარში — ფერიტში, ამიტომ ასეთ ფოლადებს „ფერიტული ფოლადები“ ეწოდება, როდესაც  $\gamma$  მოდიფიკაციის საზღვრები იზრდება და  $\alpha$  მოდიფიკაციის საზღვრები მცირდება, მაშინ მალეგირებელი ელემენტები ყოველ ტემპერატურაზე გახსნილია  $\gamma$  მყარ ხსნარში — აუსტენიტში და ასეთ ფოლადებს „აუსტენიტური ფოლადები“ ეწოდება.



ნახ. 64. ორკომპონენტიანი ლიგანდის ნაწილი: ა—ჩაკეტილი  $\alpha$  კონტური; ბ—ჩაკეტილი  $\gamma$  კონტური

ფერიტულ ფოლადებს წარმოქმნის ქრომი, ვოლფრამი, ევანდიუმი, მოლიბდენი, ალუმინი და სხვ., ხოლო აუსტენიტურ ფოლადებს — ნიკელი, მანგანუმი, კობალტი და სხვ. ფერიტული და აუსტენიტური ფოლადების თვისებები ერთმანეთისაგან განსხვავდება  $\alpha$  და  $\gamma$  მყარი ხსნარების თვისებათა სხვადასხვაობის გამო.

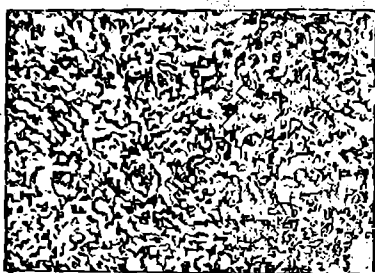
როდესაც რკინაში ზოგიერთი მალეგირებელი ელემენტი (ევანდიუმი, მოლიბდენი და სხვ.) ხსნალობის ზღვარზე მეტი რაოდენობით არის, მაშინ იგი მყარ ხსნართან ერთად წარმოქმნის ქიმიურ ნაერთებსაც, მაგალითად,  $Fe_2W$ ,  $Fe_3W_3$  და ა. შ.

ამგვარად, მალეგირებელი ელემენტები რკინასთან წარმოქმნის მხოლოდ მყარ ხსნარებს ან მყარ ხსნარებს და ქიმიურ ნაერთებს.

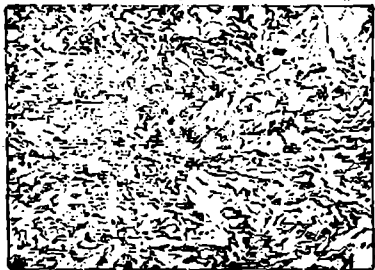
ნახშირბადთან ურთიერთობის მიხედვით მალეგირებელი ელემენტები იყოფა ორ ჯგუფად: კარბიდის წარმოქმნელ ელემენტებად და კარბიდის არ წარმოქმნელ ელემენტებად.



ა



ბ



გ



დ



ე



ვ

ნახ. 65. სხვადასხვა კლასის ლეგირებული ფოლადების მიკროსტრუქტურები: ა — ფერიტული; ბ — პერლიტური; გ — მარტენსიტული; დ — აუსტენიტური; ე — ლეღებურიტული სხმული; ვ — ლეღებურიტული ნაკელი

კარბიდის წარმოქმნელი ელემენტებია: ქრომი, მანგანუმი, მოლიბდენი, ვოლფრამი, ვანადიუმი და სხვ. კარბიდები შეიძლება იყოს მარტივი ( $Cr_4C$ ,  $MnC$ ) და რთული  $[(FeCr)_3C$  და სხვ.] რამდენადაც მეტია ნახშირბადი ფოლადში, მით უფრო მეტია მალეგირებელი ელემენტების კარბიდები.

ნიკელი, კობალტი, ალუმინი და სხვ., რომლებიც ფოლადში უმთავრესად მყარი ხსნარების სახით არსებობს, კარბიდებს არ წარმოქმნის.

ლეგირებულ ფოლადებს ასხევეებენ: ლეგირების ხარისხის მიხედვით (მცირედლეგირებულ, საშუალოდლეგირებულ და უზვადლეგირებულ ფოლადებად), მალეგირებელი ელემენტების რაოდენობის მიხედვით (სამმაგლეგირე-



ბული, ოთხმაგლევირებული და რთულლევირებული), სტრუქტურისა და დანიშნულების მიხედვით (საკონსტრუქციო, საიარაღო და სპეციალური დანიშნულების ფოლადებად).

სტრუქტურის მიხედვით ლევირებული ფოლადები იყოფა 5 კლასად: ფერიტული, პერლიტური, მარტენსიტული, აუსტენიტური და კარბიდული ან ლედებურიტული (ნახ. 65).

## ლაბორატორიული სამუშაო № 14

### ლევირებული საკონსტრუქციო ფოლადების მიკროანალიზი

#### მკვლე თეორიული ცნობები

ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით საკონსტრუქციო ფოლადები არსებობს ცემენტირებადი და გაუმჭობესებადი.

ცემენტირებად ფოლადებში ნახშირბადის შემცველობა არის 0,1—0,2%, ხოლო გაუმჭობესებად ფოლადებში 0,3—0,5%. მალევირებული ელემენტები აუმჭობესებენ ამ ფოლადების გაწრობადობას, მარცვლებს აწვრილმანებენ, ფერიტს და სხვა სტრუქტურულ მდგენელებს სიმტკიცეს მატებენ. ლევირებული ფოლადების სტრუქტურული მდგენელებია: ლევირებული ფერიტი, ლევირებული აუსტენიტი, ლევირებული ცემენტიტი და სპეციალური კარბიდები.

მალევირებული ელემენტების მყარ ხსნარს ფერიტში ლევირებული ფერიტი ეწოდება (ნახშირბადის მყარი ხსნარი α რკინაში).

ლევირებული ფერიტის მიკროსტრუქტურა ჩვეულებრივი ფერიტის მსგავსია. ნახშირბადოვანი ფოლადის ფერიტისაგან ლევირებული ფერიტი განსხვავდება იმით, რომ რკინის მოცულობით დაცენტრებულ კრისტალურ გისოსში ნახშირბადის ატომებს გარდა ვხვდებით აგრეთვე მალევირებული ელემენტების ატომებს.

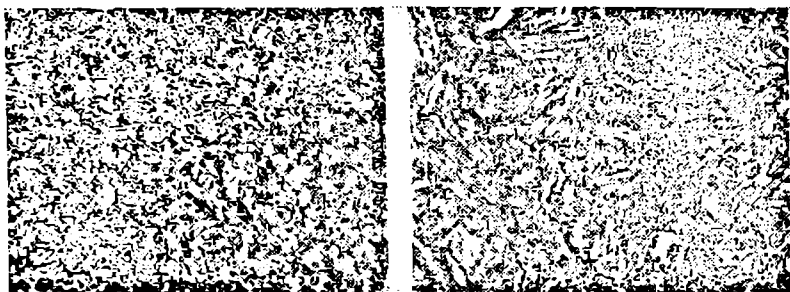
მალევირებული ელემენტების მყარ ხსნარს აუსტენიტში ლევირებული აუსტენიტი ეწოდება. ოთახის ტემპერატურაზე ლევირებული აუსტენიტი გვხვდება მხოლოდ უხვადლევირებულ ფოლადში, რომელიც მიკროსკოპში მოჩანს ერთგვაროვანი მარცვლების სახით, რომლებზედაც ხშირად შეიმჩნევა ძვრის ხაზები ან მრჩობლები.

ლევირებული ცემენტიტი ეწოდება მალევირებული ელემენტების მყარ ხსნარს რკინის ცემენტიტში ( $Fe_3C$ ).

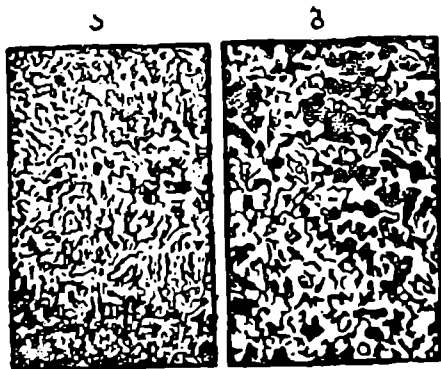
ლევირებული ცემენტიტი რკინის ცემენტიტისაგან განსხვავდება იმით, რომ მის კრისტალურ გისოსში მოთავსებულია აგრეთვე მალევირებული ელემენტების ატომები. ჩვეულებრივი ამოკმის შედეგად ლევირებული ცემენტიტი მიკროსკოპში მოჩანს, ისევე როგორც რკინის ცემენტიტი.

სპეციალური კარბიდები არის მალევირებული ელემენტების ნაერთები ნახშირბადთან. სპეციალური კარბიდები იყოფა ორ ჯგუფად: რთულ კრისტალურგისოსიანი კარბიდები ( $Cr_{23}C_6$ ,  $Cr_7C_3$ ,  $Fe_2W_2C$ ), რომლებიც განსაზღვრულ ტემპერატურაზე აუსტენიტში იხსნებიან და მარტივ კრისტალურგისოსიანი კარბიდები ( $W_2C$ ,  $WC$ ,  $Mo_2C$ ,  $VC$  და  $TiC$ ), რომლებიც აუსტენიტში არ იხსნებიან.

სპეციალური კარბიდები არ წარმოადგენენ სუფთა ქიმიურ ნაერთებს. ისინი მყარი ხსნარებია ამ ქიმიური ნაერთების ბაზაზე. მაგალითად, ქრომიანი კარბიდი ( $Cr_7Fe$ )- $C_3$ , რომელშიც ქრომის ატომები ნაწილობრივ ჩანაცვლებულია რკინის ატომებით. სპეციალური კარბიდების მიკროსტრუქტურა ჩვეულებრივისაგან ძნელად გასარჩევია. მათი შედგენილობის გამოსარკვევად იყენებენ სპეციალურ ამომჟმელ რეაქტივებს. ზოგი სპეციალური კარბიდები ხასიათდება სპეციფიკური ფორმით. მაგალითად, ტიტანის კარბიდებს აქვს კუბიკების ფორმა.



ნახ. 66. 12XH3A ფოლადის მიკროსტრუქტურა: ა — ნაირი წერილნემსოვანი სტრუქტურით; ბ — გული მარტენსიტის და ფერიტის (არასრული წრთობის გამო) მიკროსტრუქტურით X 500



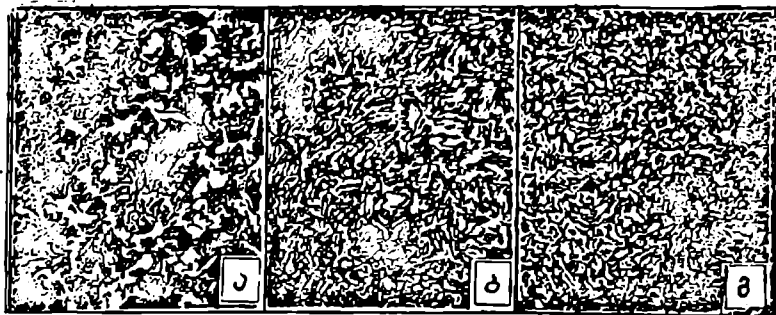
ნახ. 67. 40X მარკის ქრომიანი ფოლადის მიკროსტრუქტურა: ა — ნორმალზაციის შემდეგ (X100); ბ — წრთობისა და მოშეების შემდეგ (X 500).

30XГСА მარკის ქრომმანგანსილიციუმისანი (ქრომანსილის) ფოლადის მიკროსტრუქტურები.

ლეგირებული საცემენტაციო საკონსტრუქციო ფოლადებიდან ფართოდ გამოიყენება ქრომნიკელიანი ფოლადები (12XH3A).

66-ე ნახაზზე ნაჩვენებია 12XH3A მარკის ფოლადის ნაპირისა და გულის მიკროსტრუქტურები, ორმაგი წრთობისა (860°-ზე ზეთში და 770°-ზე ზეთში) და 150°-ზე მოშეების შემდეგ.

ლეგირებული გაუმჯობესებადი საკონსტრუქციო ფოლადებიდან 67-ე ნახაზზე წარმოდგენილია 40X მარკის ქრომიანი ფოლადის მიკროსტრუქტურები, ხოლო 68-ე ნახაზზე



ნახ. 68. პოპროპენი ქრომანგანისილიციუმიანი ფოლადის მიკროსტრუქტურა: ა — მომწვარი (ფერიტი+პერიტი); ბ — ზეთში ნაწრობი 880°-ზე (მარტენსიტი); გ — 450°-ზე ნაწრობი და მოშვებული (სორბიტი)

## მეთოდური ვითითებათა ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ თერმულად დამუშავებული საკონსტრუქციო ლეგირებული ფოლადების მიკროსტრუქტურები; 2. სქემატურად ჩაიხაზეთ მიკროსტრუქტურები, სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

თერმულად დამუშავებული ლეგირებული საკონსტრუქციო ფოლადების მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი (МИМ-6); 2. საპრიალებელი ჩარხი; 3. სტრუქტურების ამომკმელი რეაქტივი; 4. თერმულად დამუშავებული ნიკელიანი, ქრომიანი და ქრომანგანისილიციუმიანი ფოლადების მიკროხეხები.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. მიკროხეხები გააპრიალეთ საპრიალებელ ჩარხზე და მოამზადეთ მიკროსკოპზე გასასინჯად.
2. მე-14 ცხრილის მიხედვით შეარჩიეთ სტრუქტურების ამომკმელი რეაქტივი და ამოკმის რეჟიმი.
3. შერჩეულ რეჟიმის მიხედვით მიკროხეხებზე იმოკმედეთ ამომკმელი რეაქტივით.
4. დაყენეთ მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი სასურველ გადიდებაზე X 400 -- 500.

5. მომზადებული მიკროხეხები გასინჯეთ მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპზე, შეისწავლეთ მიკროსტრუქტურები და ჩაიხაზეთ მიკროსტრუქტურის სქემა. სქემაზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები.
6. თითოეული მიკროსტრუქტურის სქემის ქვეშ უჩვენეთ ფოლადის დასახელება, მარკა, თერმული დამუშავების სახეობა, ამომკმელი რეაქტივი და მიკროსკოპის გადიდება.
7. მიღებული შედეგები შეიტანეთ ლეგირებული საკონსტრუქციო ფოლადების მიკროანალიზის ოქმში.
8. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყოები და მასალები, მუშაობის მსვლელობა, ლეგირებული საკონსტრუქციო ფოლადების მიკროსტრუქტურების სქემები, შესრულებული სამუშაოს ოქმი, დასკვნა.

ლეგირებული საკონსტრუქციო ფოლადების მიკროანალიზის ოქმი

№ რიგზე	ფოლადის დასახელება და მარკა	თერმული დამუშავების სახეობა	თერმული დამუშავების ტემპი °C	გამაყუბებელი გარეუ	ამომკმელი რეაქტივი	ამოკმის რეჟიმი	სტრუქტურული მდგენელები	მიკროსტრუქტურის გადიდება

### ლაბორატორიული სამუშაო № 15

#### საიარაღო ლეგირებული ფოლადების მიკროანალიზი

#### მოკლე თეორიული ცნობები

საიარაღო ლეგირებული ფოლადები არის მცირედლეგირებული და უხვადლეგირებული.

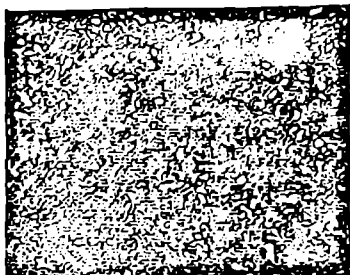
მცირედლეგირებული საიარაღო ფოლადები ჩვეულებრივ შეიცავენ 0,8% ნახშირბადს და 1—3% მალეგირებელ ელემენტებს. ასეთი ფოლადების მარკებია: X, XГ, XБГ, 9XC, XB5 და სხვ. მაგალითისათვის 69-ე ნახაზზე წარმოდგენილია 800°-ზე ნაწრობი და 150°-ზე მოშვებული X მარკის ქრომიანი ფოლადის მიკროსტრუქტურა, რომელიც ზასიათდება მარტენსიტის და ლეგირებული ცემენტიტის სტრუქტურული მდგენელებით. ლეგირებული ცემენტის მიკროსკოპზე მოჩანს თეთრი მარცვლების სახით.

საიარაღო ლეგირებულ ფოლადებს გამოყენება აქვს საჭრელი და საზომი იარაღების დასამზადებლად.

უხვადლეგირებული ფოლადებიდან განსაკუთრებით დიდი გავრცელება აქვს P 18 მარკის სწრაფმჭრელ ფოლადს. ამ ფოლადში მალეგირებული ელემენტების (ვოლფრამი, ვანადიუმი და ქრომი) დიდი რაოდენობით არსებობა

იწვევს ლეგირებული ფერიტისა და ცემენტის გარდა სპეციალური კარბიდის წარმოქმნას ( $Fe_2W_2C$ ).

70-ე ნახაზზე ნაჩვენებია P 18 მარკის სხმული სწრაფმკრელი ფოლადის მიკროსტრუქტურა. იგი შედგება ლედებურიტული ვებეპტიკისაგან (პირველ-



ნახ. 69. ნაწითობი (800°-ზე) და სოშე-ბული (150°-ზე) X მარკის ლეგირებული საიარაღო ფოლადის მიკროსტრუქტურა (მარტენსიტი+ლეგირებული ცემენტი) X900.



ნახ. 70. P 18 მარკის სხმული სწრაფმკრელი ფოლადის მიკროსტრუქტურა.

დი კარბიდები + აუსტენიტი), რომელსაც აქვს „ჩონჩხისებრი“ ფორმა და რომელშიც კარბიდების ფირფიტები მონაცვლეობს აუსტენიტთან. შემდგომი ვაცივების შედეგად აუსტენიტს გამოეყოფა მეორეული კარბიდები. აუსტენიტის 800°-მდე ვაცივებისას მასში კარბიდების ხსნალობა მცირდება (ისე როგორც ამას ადგილი აქვს რკინა-ნახშირბადის შენადნობებში SE ხაზზე), რაც იწვევს მეორეული კარბიდების გამოყოფას. ამ ტემპერატურაზე კი იწყება პერლიტური გარდაქმნა (ლეგირებული ფერიტი + წვრილი ვებეპტიოიდური კარბიდები).

ჩვეულებრივად ვაცივება უფრო სწრაფად ხდება, ასეთ შემთხვევაში სხმულ სწრაფმკრელ ფოლადში რჩება ევრეთ წოდებული „ნ-ფერიტი“, რომელიც მიკროსტრუქტურაზე მოჩანს მუქი მომრგვალებული კრისტალების სახით.

სხმული სწრაფმკრელი ფოლადის ლედებურიტული ვებეპტიკა, რომელიც გარსშემოვლებულია მარცვლებზე, ფოლადს სიმყიფეს აძლევს. ამიტომ სიმყიფის თავიდან ასაცილებლად სხმულ ფოლადს წნევით ამუშავებენ (ჭედვით ან გლინვით) და შემდეგ მოწვას აწარმოებენ.

მომწვარი ნაქედი სწრაფმკრელი ფოლადის მიკროსტრუქტურა (ა) და სქემა (ბ) ნაჩვენებია 71-ე ნახაზზე.

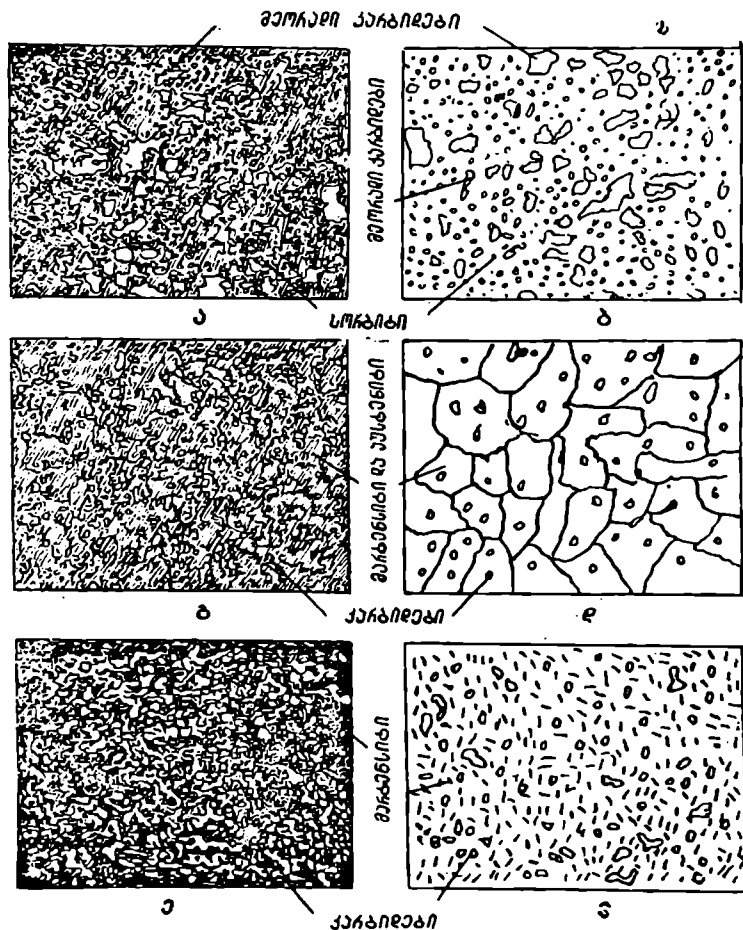
მიკროსტრუქტურები შედგება მსხვილი პირველადი კარბიდებისაგან, წვრილი მეორეული კარბიდებისაგან და სორბიტისაგან.

71-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ასევე ნაწითობი სწრაფმკრელი ფოლადის მიკროსტრუქტურა (გ) და მისი სქემა (დ). სტრუქტურა შედგება პირველადი კარბიდებისაგან, მარტენსიტისაგან და ნარჩენი აუსტენიტისაგან ( $\approx 40\%$ ), რის გამოც ფოლადის სისალე შემცირებულია.

იმისათვის, რომ ნარჩენი აუსტენიტი გადაყვანილ იქნეს მარტენსიტში,

აბდენენ წრთობის შემდეგ სწრაფმკრელი ფოლადის სამჭერად ან ოთხჭერად მოშვებას და ცივად დამუშავებას.

71-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ნაწრთობი და სამჭერადი მოშვებით დამუშავებული P 18 სწრაფმკრელი ფოლადის მიკროსტრუქტურა (ე) და სქემა (ვ).



ნახ. 71. სწრაფმკრელი P 18 შარკის ფოლადის მიკროსტრუქტურები და შათი სქემები: ა, ბ — მომწვარი ნაკელი; გ, დ — ნაწრთობი; ე, ვ — ნაწრთობი სამჭერადი მოშვებულნი

**მეთოდური მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს  
შეასრულებლად**

**I. დავალება**

1. შეისწავლეთ საიარაღო ლეგირებული ფოლადების მიკროსტრუქტურები; 2. სქემატურად ჩაიხაზეთ შესწავლილი მიკროსტრუქტურები, სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

**II. სამუშაოს მიზანი**

საიარაღო ლეგირებული ფოლადების მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავლა.

**III. ხელსაწყოები და მასალები**

1. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი; 2. საპრიალებელი ჩარხი; 3. სტრუქტურების გამოსამკლავნებელი რეაქტივები; 4. მიკროხეხების ნიმუშები: X მარკის ქრომიანი ფოლადი, სხმული, მომწვარი ნაქედი, ნაწრთობი, წრთობით და სამჭერადი მოშვებით დამუშავებული სწრაფმჭკრელი P 18 მარკის ფოლადი.

**IV. მუშაობის მსვლელობა**

1. მე-14 ცხრილიდან შეარჩიეთ ზემოთ ჩამოთვლილი მიკროხეხებისათვის სტრუქტურების ამომკმელი რეაქტივი და მასში მიკროხეხების დაყოვნების ხანგრძლივობა.
2. მიკროხეხები გააპრიალეთ საპრიალებელ ჩარხზე.
3. შერჩეული რეჟიმის მიხედვით მიკროხეხზე იმოქმედეთ ამომკრელი რეაქტივით.
4. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი მომართეთ საჭირო გადიდებაზე.
5. მიკროსკოპზე გასინჯეთ მიკროხეხები, შეისწავლეთ მიკროსტრუქტურები და ჩაიხაზეთ მათი სქემები.
6. თითოეული მიკროსტრუქტურის ქვემოთ უჩვენეთ ფოლადის დასახელება. მისი მარკა, დამუშავების სახეობა, ამომკმელი რეაქტივი, სტრუქტურის გადიდება.
7. ჩანახაზი მიკროსტრუქტურების სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები.
8. მიღებული შედეგები შეიტანეთ ლეგირებული საიარაღო ფოლადების მიკროანალიზის ოქმში.

**ლეგირებული საიარაღო ფოლადების მიკროანალიზის ოქმი**

№ რიგზე	ფოლადის დასახელება და მარკა	თერმული დამუშავების სახეობა	თერმული დამუშავების ტემპერატურა	გამაყვებელი გარემო	ამომქმელი რეაქტივი	ამოქმის რეჟიმი	სტრუქტურული მდგომარეობები	მიკროსტრუქტურის გადოლება

9. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყოები და მასალები, სამუშაოს მსვლელობა, საიარაღო ლეგირებული ფოლადების მიკროსტრუქტურების სქემები, საიარაღო ლეგირებული ფოლადების მიკროანალიზის ოქმი, დასკვნა.

თ ა ვ ი VII

**ფერადი ლითონებისა და მათი შენადნობების მიკროანალიზი**

ფერადი ლითონები და მათი შენადნობები განსაკუთრებული თვისებებით ხასიათდება, ამიტომ მათ ფართო გამოყენება აქვთ მრეწველობის სხვადასხვა დარგში.

ფერადი ლითონებიდან მრეწველობაში განსაკუთრებით გამოიყენება სპილენძისა და ალუმინის შენადნობები და აგრეთვე სასაქონლო ფერადი შენადნობები — ბაბიტები. ქვემოთ განხილულია აღნიშნული ლითონებისა და შენადნობების მიკროანალიზი.

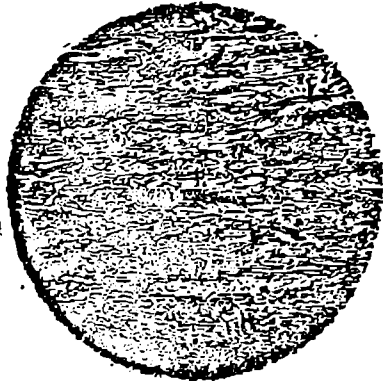
**ლაბორატორიული სამუშაო № 16**

**სპილენძისა და მისი შენადნობების მიკროანალიზი**

სხმული სუფთა სპილენძის მიკროსტრუქტურა, ისე როგორც სხვა სუფთა ლითონებისა, შედგება პოლიედრული მარცვლებისაგან, რომლებიც სხვადასხვა ორიენტაციების გამო ამომქმელი რეაქტივით სხვადასხვა ფერად იღებება. დეფორმაციის შემდეგ პოლიედრული სტრუქტურა იღებს ბოჰკოვან სტრუქტურას (ნახ. 72). მომწვარი დეფორმირებული სპილენძის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია 73-ე ნახაზზე. მიკროსტრუქტურაზე ჩანს ალდგენილი პოლიედრული მარცვლებისათვის დამახასიათებელი დიდი რაოდენობის მრჩობლი კრისტალები.

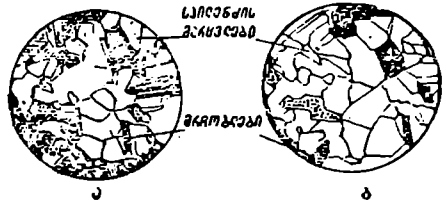


სუფთა სპილენძის მაღალი ელექტროგამტარობის გამო დიდი გამოყენება აქვს ელექტრომრეწველობაში. აგრეთვე მას ფართოდ იყენებენ ტექნიკაში შენადნობების სახით. სპილენძის შენადნობებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია თითბერი და ბრინჯაო.



ნახ. 72. დეფორმირებული (ნავლინი) სპილენძის მიკროსტრუქტურა.

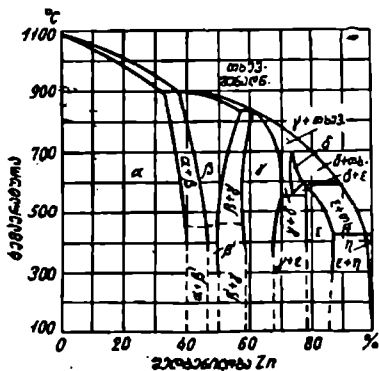
თითბერი ეწოდება სპილენძისა და თუთიის შენადნობს. პრაქტიკაში გამოყენება 45%-მდე თუთიის შემცველი სპილენძ-თუთიის შენადნობები.



ნახ. 73. მოწვარი დეფორმირებული სპილენძი: მიკროსტრუქტურა X200; ა—მისი სქემა.

როგორც დიავრამიდან (ნახ. 74) ჩანს, თითბერი, რომელიც შეიცავს 39%-მდე თუთიას, ხასიათდება ერთი ა ფაზით (თუთიის მყარი ხსნარი სპილენძში), ამიტომ ასეთ თითბერს ა თითბერს უწოდებენ.

სხმული ა თითბრის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია 75-ე ნახაზზე. იგი ხასიათდება დენდრიტული აგებულებით. ნათელი უბნები — დენდრიტები მდიდარია სპილენძით (სითხიდან პირველი კრისტალდება), ხოლო მუქი უბნები კი მდიდარია თუთით.



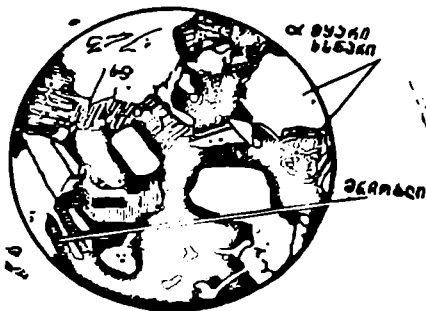
ნახ. 74. Cu-Zn შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის დიავრამა



ნახ. 75. სხმული ა თითბერი

მომწვარი ლეფორმირებული ა თითბრის მიკროსტრუქტურა (ნახ. 76), ხასიათდება მრჩობლების შემცველი მარცვლოვანი აგებულებით. აქაც ნათელა უბნები შეესაბამება სპილენძით მდიდარ, ხოლო მუქი თუთიით მდიდარ უბნებს.

40% თუთიის შემცველი თითბრის მიკროსტრუქტურა შედგება ა და ბ' ფაზებისაგან, რის გამოც ასეთ თითბერს ა+ბ' თითბერს უწოდებენ. სხმული ა+ბ' თითბრის მიკროსტრუქტურა ნაჩვენებია 77-ე ნახაზზე, სადაც ნათელი უბნები (დენდრიტები) მდიდარია სპილენძით და არის ა ფაზა, ხოლო მუქი უბნები მდიდარია თუთიით და წარმოადგენს ბ' ფაზას.



ნახ. 76. მომწვარი ლეფორმირებული ა თითბერი

ძველთაგანვე ბრინჯაოს სპილენძ-კალის შენადნობს უწოდებენ. ახლა ასეთ ბრინჯაოებს კალიანი ბრინჯაოებს აკუთვნებენ. დღეისათვის, გარდა კალიანი ბრინჯაოებისა, ცნობილია აგრეთვე ალუმინიანი, ტყვიანი, ბერლიუმიანი და სხვა სახის ბრინჯაოები. მაგალითისათვის ქვემოთ განხილულია კალიანი ბრინჯაოების მიკროსტრუქტურები.

ტექნიკაში გამოიყენება კალიანი ბრინჯაოები, რომლებიც 12%-მდე კალას შეიცავენ. 78-ე ნახაზზე წარმოდგენილია სპილენძ-კალის შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამის მხოლოდ ნაწილი. როგორც ნახაზზე ნაჩვენებია დიაგრამიდან ჩანს,  $Cu-Sn$  შენადნობები შეიცავენ ა, ბ, γ ფაზებს.

ა ფაზა ეწოდება კალის მყარ ხსნარს სპილენძში. რომელიც, ისე როგორც  $Cu$ , ხასიათდება წახნაგდაცენტრებული კუბის კრიტალური გისოსით.

ბ ფაზა წარმოადგენს  $Cu_3Sn$



ნახ. 77. სხმული ა+ბ' თითბერი

ელექტრონული ნაერთის ტიპის მყარ ხსნარს, რომელიც ხასიათდება ცენტრირებული კუბის გისოსით.

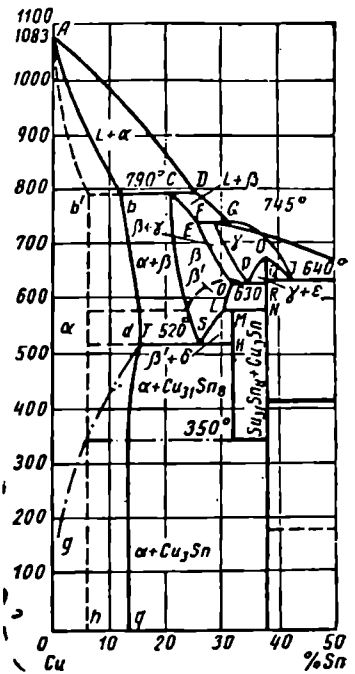
γ ფაზა არის მყარი ხსნარი  $Cu_3Sn_8$  ელექტრონული ტიპის ნაერთების ბაზაზე.

დიაგრამის მარცხენა მხარეზე ა მყარი ხსნარი შემოსაზღვრულია მთლიანი და წყვეტილი ხაზებით. მთლიანი ხაზები შეესაბამება  $Cu-Sn$  შენადნობთა წონასწორულ მდგომარეობას, ანუ სხმულის ძლიერ ნელ გაციეებას (ე. ი. ჩამოსხმის შემდეგ ხანგრძლივ მოწვას). წყვეტილი ხაზი შეესაბამება ჩვეულებრივ ჩამოსხმას, ანუ სხმულის შედარებით სწრაფ გაციეებას.

როგორც დიაგრამიდან ჩანს, 4—6%-მდე კალის შემცველი ჩვეულებრივი ბრინჯაო უნდა შეიცავდეს ერთგვაროვან და ფაზას. მაგრამ ასეთი ბრინჯაოს მიკროსტრუქტურა (ნახ. 79, ა) ხასიათდება არაერთგვაროვანი დენდრიტული აგებულების და ფაზით. აქ მუქი უბნები—დენდრიტების ლერძები სპილენძით მდიდარია, უფრო მაგარია და კრისტალდება პირველად. დენდრიტებს შორის მოთავსებული ნათელი უბნები მდიდარია კალით, უფრო რბილია და მუარდება ბოლოს. მიკროსტრუქტურის არაერთგვაროვნება უზრუნველყოფს ანტიფრიქციულობის თვისებას.

იგივე ბრინჯაო დეფორმაციისა და მოწეის შემდეგ, ე. ი. წონასწორული მდგომარეობისას იღებს ერთგვაროვან და მყარი ხსნარის მიკროსტრუქტურას,

ნახ. 78. სპილენძ-კალის შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამის ნაწილი.



ნახ. 79. კალიანი ბრინჯაო (Sn=6%), ა — სხმული; ბ — ჩამოსხმის შემდეგ დეფორმირებულა და მომწეარი X250

რომელზედაც შეინიშნება მრჩობლები. ასეთი ბრინჯაოს ანტიფრიქციულობა სტრუქტურის ერთგვაროვნების გამო ცუდია.

სხმულის შედარებით სწრაფი გაცივების შემთხვევაში, როდესაც კალის შემცველობა ბრინჯაოში 4—6%-ზე მეტია (არა უმეტეს 14%-ისა), მიკრო-

სტრუქტურა ხასიათდება ორი ფაზით: არაერთგვაროვანი დენდრიტული ა მყარი ხსნარი და ევტექტოიდი  $\alpha + \text{Cu}_3\text{Sn}_8$ .

იგივე ბრინჯაო დეფორმაციისა და ხანგრძლივი მოწვის შემდეგ ხასიათდება ერთგვაროვანი ა მყარი ხსნარით.

## მათილარი მითითება ლაბორატორიული სამუშაოს შასასრულეალად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ სპილენძისა და მისი შენადნობების — თითბრის და ბრინჯაოების მიკროსტრუქტურები; 2. სქემატურად ჩაიხაზეთ შესწავლილი მიკროსტრუქტურები და სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

სპილენძისა და მისი შენადნობების — თითბრისა და ბრინჯაოების მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი; 2. საპრიალებელი ჩარხი; 3. სტრუქტურების ამომკმელი რეაქტივები; 4. მიკროხეხების ნიმუშები სუფთა სპილენძის, მომწვარი დეფორმირებული სპილენძის, სხმული ა თითბრის, მომწვარი დეფორმირებული ა თითბრის, სხმული  $\alpha + \beta^1$  თითბრის, სხმული კალიანი ბრინჯაოს ( $\text{Sn}=6\%$ ), ჩამოსხმის შემდეგ დეფორმირებული და მომწვარი კალიანი ბრინჯაოს ( $\text{Sn}=6\%$ ) ნაგონი.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. სპილენძი და მისი შენადნობების ზემოთ დასახელებული ნიმუშებისათვის მე-14 ცხრილიდან შეარჩიეთ სტრუქტურების ამომკმელი რეაქტივები და მასში მიკროხეხების დაყოვნების ხანგრძლივობა.

2. მიკროხეხები გააპრიალეთ საპრიალებელ ჩარხზე.

3. იმოქმედეთ მიკროხეხზე ამომკმელი რეაქტივით შერჩეული რეჟიმის მიხედვით.

4. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი მომართეთ საჭირო გადიდებაზე.

5. მიკროსკოპზე გასინჯეთ მიკროხეხები, შეისწავლეთ მიკროსტრუქტურები, ჩაიხაზეთ მათი სქემები.

6. თითოეული მიკროსტრუქტურის ქვემოთ უჩვენეთ სუფთა ლითონის ან შენადნობის დასახელება, დამუშავების სახეობა, ამომკმელი რეაქტივი და მიკროსტრუქტურის გადიდება.

7. ჩანახაზი მიკროსტრუქტურების სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები.

**მ. მიღებული შედეგები შეიტანეთ სპილენძისა და მისი შენადნობების მიკროანალიზის ოქმში.**

**სპილენძისა და მისი შენადნობების მიკროანალიზის ოქმი**

№ რიგზე	ნიმუშების დასახელება	დამუშავების სახეობა	ფარული დამუშავება	ფარული დამუშავების ტემპერატურა	ამომკვეთი რუკა	ამოკვის რეჟიმი	სტრუქტურული მდგომარეობა	მიკროსტრუქტურის აღიწერვა

9. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყოები და მასალები, მუშაობის მსვლელობა, სპილენძ-თუთიის და სპილენძ-კალის შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამები, სპილენძისა და მისი შენადნობების მიკროსტრუქტურების სქემები, შესწავლილი შენადნობის მდებარეობა შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამაზე, თითბრებისა და ბრინჯაოების თვისებები მათი სტრუქტურების მიხედვით, სპილენძისა და მისი შენადნობების მიკროანალიზის ოქმი, დასკვნა.

**ლაბორატორიული სამუშაო № 17**

**ალუმინის, მისი შენადნობებისა და ჰააიტაის მიკროანალიზი**

**მოკლე თეორიული ცნობები**

სუფთა ალუმინის მიკროსტრუქტურა. როგორც ყველა სუფთა ლითონისა შედგება ერთგვაროვანი მარცვლებისაგან (ნახ. 80).

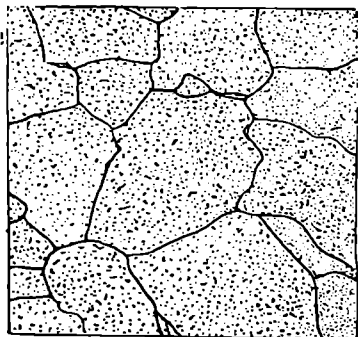
ალუმინის შენადნობები ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა: 1. დეფორმირებადი ალუმინის შენადნობები, რომელთაგანაც ნაკეთებს წნევით დამუშავებით (გლინვით, ქედვით, ტეფვით და სხვ.) ანზადებენ; 2. სამსხველო შენადნობები, რომელთა ნაკეთების დამზადება ჩამოსხმის გზით ხდება.

დეფორმირებადი შენადნობებია: ალუმინის საქედი შენადნობები (AK2, AK4, AK6, AK8), დურალუმინი (D1, D6, D16, D18, D3Π) და სხვ. ალუმინის სამსხველო შენადნობებია: ალუმინ-სპილენძის შენადნობები (AL1, AL2, AL7, AL12), ალუმინ-სილიციუმის შენადნობები, ანუ სილუმინები (AL 4, AL 5, AL9 და AL10) და სხვა.

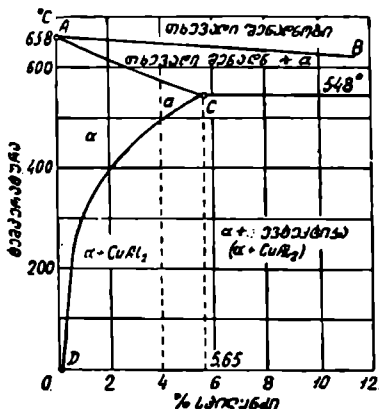
ქვემოთ განხილულია მხოლოდ დურალუმინისა და სილუმინის მიკროანალიზი.

დურალუმინი ეწოდება ალუმინის და სპილენძის შენადნობს, რომელიც 4% სპილენძის გარდა, შეიცავს აგრეთვე მაგნიუმს, მანგანუმს, სილიციუმს და რკინას, თითოეულს დაახლოებით 0,5% რაოდენობით. ამათგან Si და Fe აუცილებელი მინარევებია.

დურალუმინი თერმული დამუშავებით — მოწვით, წრთობით, და ძველებით იცვლის სტრუქტურას და, მაშასადამე, თვისებებსაც. თერმული დამუშავებით დურალუმინის სტრუქტურის ცვლილების წარმოსადგენად 81-ე ნახაზზე წარმოდგენილია დურალუმინის შემცველი მთავარი ელემენტების Al — Cu შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამის ნაწილი.



ნახ. 80. სუფთა ალუმინის მიკროსტრუქტურა



ნახ. 81. Al — Cu შენადნობთა მდგომარეობის დიაგრამის ნაწილი

როგორც დიაგრამიდან ჩანს, ალუმინი სპილენძთან იძლევა მყარ ხსნარს  $\alpha$ , სპილენძის მაქსიმალური ხსნადობა ალუმინში არის 5,65% 548° ტემპერატურის დროს. ტემპერატურის შემცირებით ხსნადობა მცირდება და ოთახის ტემპერატურაზე იგი თითქმის 0 უდრის. შენადნობის ნელა გაცივებისას მყარი ხსნარი  $\alpha$  იშლება და გამოყოფს ქიმიურ ნაერთს  $CuAl_2$ . ამიტომ Al — Cu შენადნობები უწრთობ ან მომწვარ მდგომარეობაში შეიცავს  $\alpha$  მყარ ხსნარს (თითქმის სუფთა ალუმინის) და  $CuAl_2$  კრისტალებს, რომლებიც ხასიათდება დაბალი სიმტკიცით.

თუ ალუმინ-სპილენძის შენადნობებს გავახურებთ DC ზაზზე რამდენიმე გრადუსით ზევით, მაშინ  $CuAl_2$ -ის ქარბი კრისტალები იხსნება ალუმინში და შენადნობი იღებს ერთფაზიან ( $\alpha$  მყარი ხსნარი) აგებულებას; შემდეგ სწრაფი გაცივებით (წრთობით)  $\alpha$  მყარი ხსნარიდან  $CuAl_2$  გამოყოფას ვერ ასწრებს და ოთახის ტემპერატურაზე შენადნობის სტრუქტურა ერთფაზოვანი, გადაჭრებული  $\alpha$  მყარი ხსნარისაგან შედგება. ნაწრთობი დურალუმინის სიმტკიცე მომწვარისაზე ოდნავ მეტია ( $\sigma_b = 25$  კგ/მმ<sup>2</sup>, ნაცეკლად 20 კგ/მმ<sup>2</sup>-ისა).

გადაჭრებული მყარი ხსნარი გარემოს ტემპერატურისა და დროის მიხედვით დაშლას, ანუ დაძველებას განიცდის, რომლის მექანიზმი შემდეგნაირად შეიძლება წარმოვიდგინოთ.

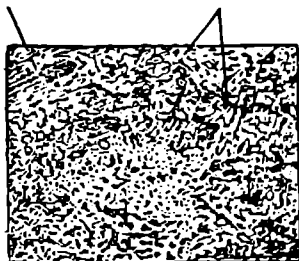
ოთახის ტემპერატურაზე შენადნობის მოთავსებისას, ანუ ბუნებრივი დაძველების დროს ხდება გადაჭერებული მყარი ხსნარის კრისტალური გისოსის განსაზღვრულ ადგილებში სპილენძის ატომების დაგროვება, რის შედეგადაც მყარი ხსნარის კრისტალის შიგნით წარმოიქმნება სპილენძის ატომების ამაღლებული კონცენტრაციის ზონები. ამ ზონებში ადგილი აქვს კრისტალური გისოსის დამახინჯებას, რომელიც კრისტალში ქმნის დიდ ძაბვებს, რაც თავის მხრივ იწვევს სისაღისა და სიმტკიცის ამაღლებას (40 კგ/მმ<sup>2</sup>-მდე).

ბუნებრივი დაძველების დროს მაქსიმალური სიმტკიცე მიიღება წრთობიდან 4 — 5 დღეამის შემდეგ, ამასთან პირველ საათებში სიმტკიცის ამაღლების პროცესის სიჩქარე უფრო მცირეა (შეინიშნება ე. წ. საინკუბაციო პერიოდი), ვიდრე შემდგომში. ნაწრთობი და დაძველებული ალუმინ-სპილენძის შენადნობის 150 — 200°-ზე ხანმოკლე გახურებისას მასში ადრე წარმოიქმნილი სპილენძის ატომების მცირე ზომის დაჯგუფებები „გაიხსნება“ და შენადნობი უბრუნდება საწყის მდგომარეობას. ამ მოვლენას დაბრუნება ეწოდება.

შენადნობის 150 — 200° ტემპერატურაზე დაძველებისას ცალკეულ ზონებში სპილენძის ატომების კონცენტრაცია იქამდე იზრდება, რომ წარმოიქმნება ახალი ევრეთ წოდებული Q' ფაზის კრისტალები, რომლებსაც აქვს ისეთივე შედგენილობა როგორც CuAl<sub>2</sub>-ს, მხოლოდ ხასიათდება სხვაგვარი კრისტალური გისოსით, ე. ი. წარმოადგენს CuAl<sub>2</sub>-ის მოდიფიკაციას. Q' ფაზა შენადნობს აძლევს მაღალ მექანიკურ თვისებებს.

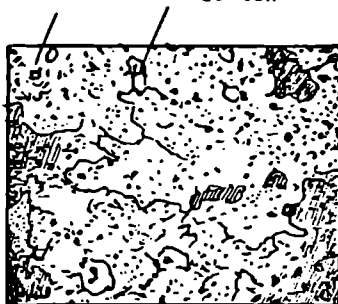
თუ დაძველების ტემპერატურა უფრო მაღალია, მაშინ ადგილი აქვს მყარი ხსნარიდან CuAl<sub>2</sub> გამოყოფას, რის შედეგადაც შენადნობის სიმტკიცე მცირდება.

მყარი ხსნარი სხნარი და უხსნარი ფაზები



ნახ. 82. მომწვარი ღურალუმინის მიკროსტრუქტურა

α მყარი ხსნარი არახსნადი ფაზები



ნახ. 83. ნაწრთობი და დაძველებული ღურალუმინის მიკროსტრუქტურა

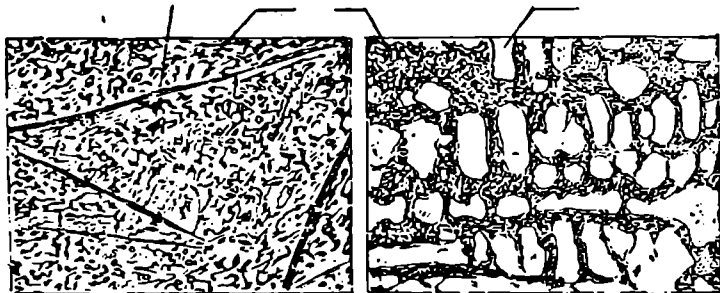
360°-ზე მომწვარი ღურალუმინის მიკროსტრუქტურა შედგება მყარი ხსნარისაგან და სხვადასხვა ფაზისაგან (მოჩანს მუქფერად), რომელთაგან გახურებით ზოგი ხსნადია ალუმინში (მაგალითად, CuAl<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>Si, CuMgAl<sub>2</sub>) და ზოგიც არა ხსნადი (მაგალითად, FeCl<sub>3</sub>, Cu<sub>2</sub>FeAl).

510°-ზე ნაწრთობი ღურალუმინის მიკროსტრუქტურა შედგება გადაჭი-

რებული ა მყარი ხსნარის მარცვლებისაგან და ზემოთ აღნიშნული უხსნადი ფაზების ჩანართებისაგან (მიკროსტრუქტურაზე ჩანს მუქფერად).

ნაწრობი და დაძველებული ღურალუმინის მიკროსტრუქტურა (ნახ. 83) არაფრით არ განსხვავდება ნაწრობი ღურალუმინის მიკროსტრუქტურისაგან, რადგან დაძველების შედეგად წარმოქმნილი ფაზები მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპში შეუჩინველია.

**Si ევტექტია მყარი ხსნარის დენდრიტი**



ა

ბ

ნახ. 84. სილუმინის მიკროსტრუქტურა ამოკმული 0,5%-იანი მჟავათი (HF), X100:  
 ა — არამოდიფიცირებული; ბ — მოდიფიცირებული

სილუმინი ეწოდება ალუმინ-სილიციუმის სამსხმელო შენადნობებს, რომლებშიც სილიციუმის შექცევლობა 8—14%—ობით იცვლება.

ალუმინ-სილიციუმის ევტექტიური შენადნობი მიიღება სილიციუმის 11,6%-ის შექცევლობის დროს. ქვეევტექტიური სილუმინის სტრუქტურა (ნახ. 84, ა) შედგება α მყარი ხსნარისა და ევტექტიისაგან (α+Si). ჩვეულებრივ სილუმინის ევტექტიაში კაუბადი იმყოფება მსხვილი ნემსების სახით. ასეთი სტრუქტურის მქონე სილუმინი დაბალი მექანიკური თვისებებით ხასიათდება.

ზეევტექტიური სილუმინის მიკროსტრუქტურა შეიცავს ისეთივე ევტექტიკას და სილიციუმის პირველად კრისტალებს როგორსაც ქვეევტექტიური. იმის გამო, რომ სილიციუმის პირველადი კრისტალები ხასიათდება სიმყიფით და მცირე სიმტკიცით, ამიტომ ზევტექტიური სილუმინის მექანიკური თვისებები ქვეევტექტიურთან შედარებით კიდევ უფრო დაბალია.

სილუმინის მექანიკური თვისებების გასაუმჯობესებლად მის მოდიფიცირებას აწარმოებენ (ნახ. 84, ბ), რაც იმაში მდგომარეობს, რომ გამდნარ სილუმინში ყალიბში ჩასხამდე შეაქვთ 0,1% ნატრიუმი ან კიდევ მისი მარილების ნარევი, რის შედეგადაც ევტექტია წვრილმარცვლოვანი და სილიციუმის ჩანართებიც დაწვრილმანებული მიიღება. ასეთი სილუმინის მექანიკური თვისებები გაუმჯობესებულია.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ნატრიუმით მოდიფიცირების დროს სილიციუმი და ევტექტიის კრისტალიზაციის ტემპერატურა დაბლა იწევს და აგრეთვე ევტექტიის წერტილი მარჯვნივ ადგილდება. ამიტომ პრაქტიკაში ხმარებული

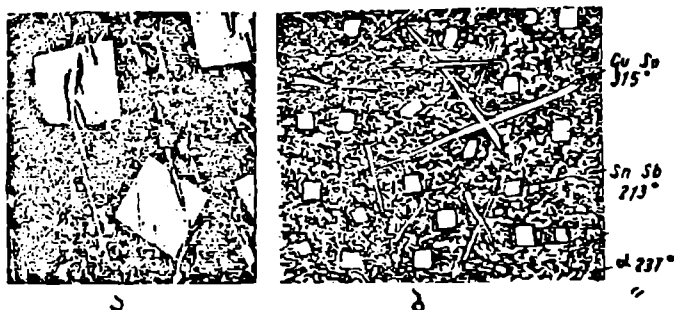


მთელი რიგი ზევეტექტიკური სილუმინები მოდიფიცირების შემდეგ ქვევეტექტიკური ხდება.

ბაბიტები ეწოდება კალის ან ტყვიის ფუძის მქონე ანტიფრიქციულ სასაყისრე შენადნობებს.

იმისათვის, რომ ბაბიტს ჰქონდეს ანტიფრიქციული თვისება, ამიტომ მისი სტრუქტურა უნდა შედგებოდეს რბილი პლასტიკური ფუძისა და მასში ჩართული მყარი ნაწილაკებისაგან. რბილი ფუძე ლილვია ხახუნის შედეგად ადვილად ცვლება, მყარი ნაწილაკები რჩება ამოწეული, მათ შორის მოთავსებული ზეთის ნაწილაკები არ ჩამოიღვრება და ამგვარად ლილვს უხდება მუშაობა ზეთის ბალიშზე, რაც თავის მხრივ ამცირებს ხახუნს.

ბაბიტების ორი ძირითადი ჯგუფი არსებობს: ბაბიტები კალის ფუძეზე და ბაბიტები ტყვიის ფუძეზე. კალის ფუძეზე არსებული ბაბიტებიდან ყველაზე უკეთესია B83 მარკის ბაბიტი (ნახ. 95). მისი მუქი ფონი არის სტიბიუმის ა მყარი ხსნარი კალაში, ოთხკუთხა და სამკუთხა ნათელი კრისტალები — β' ფაზა (SnSb ნაერთი), ხოლო ნათელი წერილი ვარსკვლავისებრი კრისტალები Cu<sub>3</sub>Sn ფაზა.



ნახ. 85. B 83 მარკის ბაბიტი, ა—ზოტმეიას 4%-იანი სპირტხსნარით ამოქმული მიკროსტრუქტურა X250; ბ—მიკროსტრუქტურის სქემა

## მეთოდური ვითითებათა ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ ალუმინისა და მაგნიუმის შენადნობებისა და ბაბიტების მიკროსტრუქტურები; 2. სქემატურად ჩაიხაზეთ შესწავლილი მიკროსტრუქტურები, სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგენელები; 3. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

ალუმინისა და მაგნიუმის შენადნობების და ბაბიტების მიკროსტრუქტურების პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და მასალები

1. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი; 2. საპრიალებელი ჩარხი; 3. სტრუქტურების ამომკმელი რეაქტივები; 4. მიკროხეხები (სუფთა ალუმინის, მომწვარი და წყალში ნაწრთობი ღურალუმინის, მოდიფიცირებული და არამოდიფიცირებული სილუმინის და N 83 მარკის ბაბიტის).

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. ზემოთ ჩამოთვლილი მიკროხეხების ნიმუშებისათვის მე-14 ცხრილიდან შეარჩიეთ სტრუქტურების გამოსამკლავებელი რეაქტივები და მათში მიკროხეხების დაყოვნების ხანგრძლივობა.
2. მიკროხეხები გააპრიალეთ საპრიალებელ ჩარხზე.
3. იმოკმედეთ მიკროხეხზე ამომკმელი რეაქტივით შერჩეული რეჟიმის მიხედვით.
4. მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი დააყენეთ საჭირო გადიდებაზე.
5. მიკროსკოპზე დააკვირდით მიკროხეხებს, შეისწავლეთ მიკროსტრუქტურები და ჩაიხაზეთ მათი სქემები.
6. თითოეული მიკროსტრუქტურის სქემის ქვემოთ უჩვენეთ სუფთა ლითონის ან შენადნობის დასახელება, დამუშავების სახეობა, ამომკმელი რეაქტივი და სტრუქტურის გადიდება.  
ჩანახაზის მიკროსტრუქტურების სქემებზე უჩვენეთ სტრუქტურული მდგებელები.
8. მიღებული შედეგები შეიტანეთ ალუმინის შენადნობებისა და ბაბიტების მიკროანალიზის ოქმში.

ალუმინის შენადნობებისა და ბაბიტების მიკროანალიზის ოქმი

№ რიგზე	ნიმუშის დასახელება	დამუშავების სახეობა	თერმულ დამუშავება	თერმულ დამუშავების ტემპერატურა	ამომკმელი რეაქტივი	ამოკმის რეჟიმი	სტრუქტურული მდგებელები	მიკროსტრუქტურის გადიდება

9. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყოები და მასალები, მუშაობის მსვლელობა, ალუმინის და მავნიუმის შენადნობებისა და ბაბიტების მიკროსტრუქტურების სქემები, ალუმინის შენადნობების და ბაბიტების მიკროანალიზის ოქმი, დასკვნა.

**ს ა მ ს ხ მ ე ლ ო წ ა რ მ ო ე ბ ა**

**პ რ ა კ ტ ი კ უ ლ ი ს ა მ უ შ ა რ № 1**

**ს ხ მ უ ლ ა ი ს წ ა რ მ ო ე ბ ა ს ტ ა ნ ო ლ ო გ ი უ რ ი პ რ ო ც ე ს ი ს უ ნ წ ა ვ ა ლ ა**

(რეკომენდებულია ექსპერსია სამსხმელო საქარმოებში)

**მ ო კ ლ ე ც ნ ო ბ ე ბ ი ს ა მ ს ხ მ ე ლ ო წ ა რ მ ო ე ბ ა შ ე ხ ა ხ ე ბ**

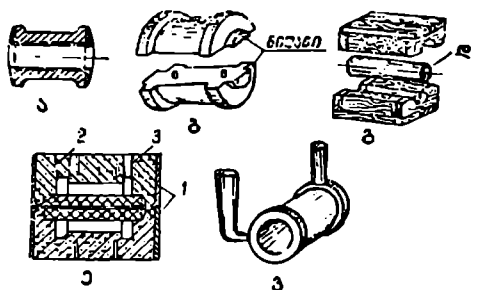
სამსხმელო წარმოება ცხელი დამუშავების ისეთი სახეა, რომლის დროსაც ნაკეთები ან ნამზადები მიიღება სათანადო სიღრუის მქონე ყალიბებში გამდნარი ლითონის ჩასხვისა და გამყარების შედეგად.

მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული დეტალების საერთო წონის დახლოებით 60 — 80% სხმულება. ჩამოსხმის ფართოდ გავრცელება იმით აიხსნება, რომ ამ ხერხით შეიძლება ყოველგვარი ლითონისაგან სასურველი ზომის და მოყვანილობის ნაკეთის მიღება მაშინ, როცა წნევით დამუშავება მხოლოდ პლასტიკური ლითონებისათვის გამოიყენება.

სხმულის წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის წარმოსადგენად 86-ე ნახაზზე ნაჩვენებია მილისის სხმულის მიღების ტექნოლოგიური პროცესის ძირითადი ელემენტები.

მილისის სხმულის ესკიზზე (ნახ. 86, ა) შვიი სქელი ხაზებით აღნიშნულია დამუშავების ნამეტი (შრე, რომლის ათლა ხდება დეტალის ზედაპირისათვის სასურველი ზომებისა და სისუფთავის მისაღებად). სხმულის დასამზადებლად უპირველეს ყოვლისა საჭიროა დამზადდეს მოდელი (ბ) და საკოპე ყუთი (გ):

შემდეგ წინასწარ შემზადებული საყალიბე და საკოპე ნარეგებით ხდება ყალიბყუთებში ყალიბის (ე) და საკოპე ყუთში (ვ) კოპის (დ) დამზადება, ყალიბის აწყობა, ლითონის დნობა, გამდნარი ლითონით ყალიბის ავსება და გამყარების შემდეგ სხმულის (ე) ყალიბიდან ამოგდება. საბოლოოდ სხმულს სასხმთა სისტემას მოტეხავენ (ან აჭრიან თუ მასალა ბლანტიან), ასუფთავებენ და სხმულის შემოწმებას ახდენენ. სხმულების წარმოების ტექ-



ნახ. 86. მილისის სხმულის მიღების ტექნოლოგიური პროცესის ძირითადი ელემენტები: ა—სხმული ნამეტი; ბ—მოდელი; გ—საკოპე ყუთი; დ—კოპი; ე—ყალიბი (1—ყალიბყუთები; 2—სასხმი; 3—სასულე); ვ—სხმული.

ნოლოგური პროცესის შესაბამისად სამსხმელო საამქროს (ქარხანას) უააჩნია შემდეგი განყოფილებები (საამქროები): სამოდელო, საყალიბე და საკოპე ნარევები შემამზადებელი, საყალიბო, სადნობი, სამსხმელო და სხმულეების სასუფთავებელი.

სამოდელო განყოფილებაში ხდება მოდელებისა და საკოპე ყუთების დამზადება. მოდელი ეწოდება სხმელის მოყვანილობის მქონე ხის ან ლითონის ნაკეთს, რომელიც განკუთვნილია ყალიბის სიღრუის წარმოსაქმნელად. მოდელსა და საკოპე ყუთს ამზადებენ სხმელის ან დეტალის ნახაზის მიხედვით. სხმელის მიხედვით მათი დამზადების დროს მხედველობაში იღებენ გამყარებისას ლითონის ჩაჯდომას (იცვლება 1—2%-ით), ხოლო დეტალის ნახაზის მიხედვით მოდელის დამზადების შემთხვევაში კრით დამუშავების ნამეტსაც. ჩაჯდომის გასათვალისწინებლად მემოდელები იყენებენ ჩაჯდომის მეტრებს. ნამეტის სიდიდე დამოკიდებულია დეტალის ზედაპირის სისუფთავეზე, ზომებზე და ყალიბში მის მდებარეობაზე. რაც უფრო სუფთაა ზედაპირი და მეტია ზომები, მით უფრო მეტია ნამეტი. თუჯის სხმულეებისათვის ნამეტი 2—20 მმ-ში იცვლება, ხოლო ფოლადისა 4—28 მმ-ში.

მარტივი მოდელი მთლიანი კეთდება, რთულს კი გასახსნელს აკეთებენ. ყალიბიდან მოდელის ამოღების სიადვილისათვის მის შვეულ ზედაპირებს სამსხმელო დახრებს უკეთებენ. დახრის სიდიდე გამოისახება გრადუსებით ან პროცენტებით. ხის მოდელებისათვის დახრა 1—3% აიღება, ლითონის მოდელებისათვის — 0,5—1%.

ხის მოდელებსა და საკოპე ყუთებს ძირითადად ინდივიდუალურ წარმოებაში იყენებენ. ხის, როგორც სამოდელო მასალის, ნაკლია: არაერთგვაროვნება, ფორმის ცვალებადობა, ჰიგროსკოპიულობა და მცირე გამძლეობა.

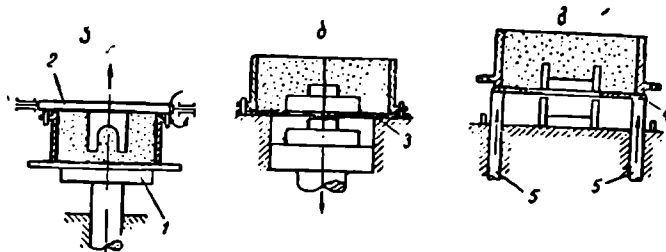
არაერთგვაროვნებისა და ფორმაცვლის შემცირების მიზნით მოდელების დამზადებისას ხის მცირე ზომის ნაკრებს გარკვეული წესის მიხედვით აწებებენ, ჰიგროსკოპიულობის ასაცილებლად კი ხის მოდელებს საღებავით ფარავენ (წითლად თუჯის სხმულეებისათვის, ლურჯად ფოლადის სხმულეებისათვის, ყვითლად სპილენძის შენადნობებისათვის, შავად საკოპე ნიშნებს). დიდ მოდელებს ფიქვისაგან ამზადებენ, ვინაიდან იაფი და ადვილად დამამუშავებელია. იყენებენ აგრეთვე ცაცხვის, ვაშლის, მსხლის და კაკლის ზეს. ლითონის მოდელებს მასობრივ და სერიულ წარმოებაში იყენებენ. მოდელებისა და საკოპე ყუთების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი შედგება შემდეგი საფეხურებისაგან: ძელაკების დახერხვა, შრობა და რანდვა, მოდელისა და საკოპე ყუთის ნამზადის შეწებება, ნამზადის კრით დამუშავება, მოდელისა და საკოპე ყუთის შეღებვა. სამოდელე საამქროს მოწყობილობა: ხის დამამუშავებელი სახარატო, სახერხი, სარანდავი, საბურღი და სხვა ჩარხები. მასობრივი წარმოებისათვის ლითონის მოდელებისა და საკოპე ყუთების დასამზადებლად სამოდელო საამქროს უააჩნია აგრეთვე ლითონსაქრელი ჩარხები.

საყალიბე და საკოპე ნარევების შესამზადებელი განყოფილება. საყალიბე და საკოპე ნარევების მოსამზადებლად საჭიროა მათი შემადგენელი ნაწილების — ქვიშების, თიხების, ნახმარი საყალიბე ნარევების და სხვ. შემზადება. ახალ ქვიშაა და თიხას ამრობენ 100—110°-მდე გახურებულ სპეციალურ ღუმელებში, ცრიან, ანაცერს სრესავენ რბიებზე და ხელმეორედ ცრიან. ნახმარ საყალიბე მიწას ქერ მაგნიტურ სეპარატორში ატარებენ, ლითონის ნაწი-

ლაკების მოსაცილებლად და შემდეგ ცრიან ხის ნაჭრებისა და სხვა ნაწილაკების მოსაცილებლად. შემზადებულ მასალებს აზავებენ, რის შემდეგ ურევენ რბივებზე ან ნიჩბებიან სარეველაზე.

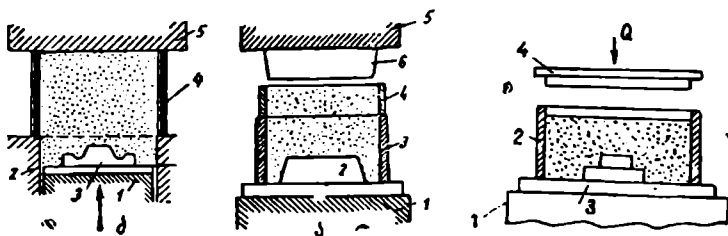
საყალიბო განყოფილებაში ყალიბებისა და კოპების დამზადება ხდება ხელით ან მანქანების საშუალებით. მანქანურ ყალიბობას იყენებენ მსხვილსერიულ და მასობრივ წარმოებაში. იგი ხასიათდება კარგი შრომის პირობებით, დიდი მწარმოებლობით, სხმულების სიზუსტით და დაბალი კვალიფიკაციის მუშას მოითხოვს. მანქანური ყალიბობია დროს იყენებენ ლითონის სამოდელე ფილებს მათზე მიხრახნილი ლითონის მოდულებით.

საყალიბე მანქანები სხვადასხვა სახისაა: არის მანქანები, რომლებშიც მექანიზებულია მხოლოდ ყალიბიდან მოდელი ამოღების (ნახ. 87) ოპერაცია (ნარევიტ ყალიბუთის შეესება და ტყეპნა ხელით წარმოებს) ან კიდევ საყალიბე ნარევის ჩაყრისა და ტყეპნის (მაგალითად, სილასაქრევი მანქანა) და მსთან ყალიბიდან მოდელი ამოღების ოპერაციები (ნახ. 88, 89).



ნახ. 87. ყალიბიდან მოდელის ამოღების სქემები:

- ა — საბრუნე ფილით (1 — მიმღები მაგიდა; 2 — საბრუნე ფილა); ბ — სამოდელე ფილის ძირს დაწევა (3 — გამოსაწევი ფილა); გ — ყალიბუთის აწევა (4 — გამოსაწევი ფილა; 5 — თითები)

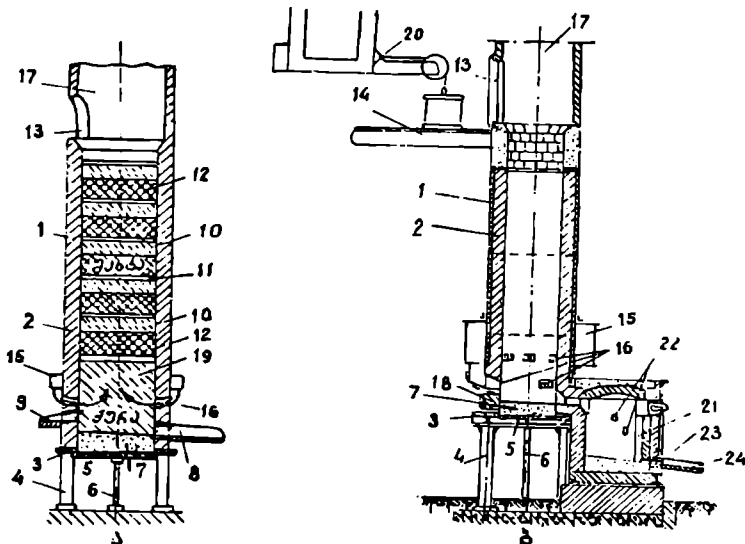


ნახ. 88. საწნებ-საყალიბე მანქანის მუშაობის პრინციპული სქემები: ა — ზევიდან წნეხა (1 — მაგიდა, 2 — სამოდელე ფილა; 3 — ყალიბუთი; 4 — დამატებითი ჩარჩო; 5 — განივა; 6 — ხუნდი); ბ — ქვევიდან წნეხა (1 — მოძრავი მაგიდა; 2 — მაგიდა; 3 — სამოდელე ფილა; 4 — ყალიბუთი; 5 — განივა).

ნახ. 89. საყალიბე მანქანის რევიტოა და წნეხით ტყეპნის სქემა: 1 — მაგიდა; 2 — ყალიბუთი; 3 — სამოდელე ფილა; 4 — ფილა.

ამებამდ დიდი ყურადღება ექცევა ყალიბობის ავტომატიზაციას. კომპების დამზადებას აწარმოებენ საყალიბე ახ სპეციალურ საკომპე განყოფილებაში ხელით ან მანქანებით.

სამსახმელო წარმოებაში ლითონების დნობისათვის გამოიყენება ძირითადად ბოვი, რომელშიც საჭირო რაოდენობის თუჯის 80 — 90% აღნობენ. არჩევენ ორი სახის ბოვს: საგროველით და საგროველის გარეშე (ნახ. 90).



ნახ 90. ბოვი: ა — საგროველის გარეშე; ბ — საგროველით. 1 — გარსაცმი; 2 — ამონაგი; 3 — საქვედე ფილა; 4 — სვეტები; 5 — სახურავი; 6 — ქვესაბრჯენი; 7 — ლორფინი; 8 — სათუჯე ღარი; 9 — საწილე ღარი; 10 — საწვევი; 11 — მდნობი; 12 — კაზმის ლითონური ნაწილი; 13 — საკერძე ფანჯარა; 14 — საკერძე მოედანი; 15 — საპერო კოლოფი; 16 — საქმენი; 17 — საკვამლე მილი; 18 — სამუშაო ფანჯარა; 19 — უქმი კერძი; 20 — ამწე; 21 — საგროველი; 22 — წიდის გამოსაშვები კრიკა; 23 — თუჯის კრიკა; 24 — ღარი.

ბოვი წარმოადგენს ვერტიკალურ ცილინდრულ ლუმელს, რომელსაც აქვს ფურცლოვანი ფოლადის გარსაცმი 1 და ცეცხლგამძლე აგურის (შამოტის) ამონაგი 2. ლუმელის გარსაცმი და ამონაგი საქვედე ფილის 3 მეშვეობით საძირკველზე მდგარ ოთხ სვეტს 4 ეყრდნობა.

ქვედი, ანუ ლორფინი 7 წარმოადგენს ბოვის ცილინდრული ნაწილის ჟაკერს. ლორფინის მისაღებად ფილის წრიული ფორმის ამონაქერს 5 ქვევით გასახსნელი სახურავით ზურავენ, ქვესაბრჯენს 6 უდგამენ და ფსკერს საყალიბე მიწით ტენიან თუჯის კრიკისაყენ დაქანებით.

კრიკიდან თუჯის გამოშვებას სათუჯე ღარის მეშვეობით აწარმოებენ. სამუშაო ფანჯარა 18 მოთავსებულია თუჯის გამოსაშვები კრიკის მოპირდაპირე მხარეს, ლორფინის დონეზე. ამ ფანჯრიდან ხდება ლორფინის დატენა და

ბოვის გაშვების დროს ცეცხლის შენთება. ბოვის მუშაობის პროცესში სამუშაო ფანჯარა ამოქოლილია.

წილის კრიკა მოთავსებულია თუჯის კრიკის ზემოთ. კრიკიდან წილის გამოშვება საწილე ღარის 9 მეშვეობით ხდება.

ქშინები 16 ეწყობა წილის კრიკის ზემოთ. მათი საშუალებით საწვავის წვისათვის საჭირო ვენტოლატორიდან დაბერილი ჰაერი, ბოვის საპაერო კოლოფის 15 გავლით, ბოვში შედის.

წვის პროცესის გასაუმჯობესებლად ხშირად ბოვში ქშინებს ორ-სამ რიგად აწყობენ. ქშინების რაოდენობა რიგში 4 — 8-მდე იცვლება და დამოკიდებულია ბოვის ზომაზე.

საკერძე ფანჯარა 13 მოთავსებულია ბოვის ზედა ნაწილში, საიდანაც ბოვში საწვავის 10, მდნობისა 11 და კაზმის ლითონური ნაწილის 12 ჩატვირთვას აწარმოებენ. საკერძე ფანჯარასთან ბოვს აქვს მოედანი, რომელსაც საკერძე მოედანი 14 ეწოდება.

ბოვის ლორფინსა და ქშინებს შორის მოთავსებულ ნაწილს ქურა ეწოდება, ხოლო ბოვის ქშინების ზედა ღონესა და საკერძე მოედანს შორის მოთავსებულ ნაწილს — შახტი. ბოვის საკაზმე ზოედნის ზევით მოთავსებულია საკვამლე მილი 17, რომელსაც თავზე ნაპერწყლის საქრობ მოწყობილობას ადგამენ.

ბოვის ამუშავება ასე ხდება: აყვებენ ლორფინს, სამუშაო ფანჯარიდან შემოთ ანთებენ ცეცხლს, რის შემდეგ საკერძე ფანჯარიდან ტვირთავენ საწვავის (კოქსის) უქმ კერძს 19, რომლის სიმაღლე ჩვეულებრივად ქშინების ზევით 600 — 900 მმ აღწევს. უქმი კერძი წარმოადგენს ერთგვარ საყრდენს ბოვში ჩატვირთული კაზმისათვის და იგი დიდ გავლენას ახდენს ღნობის ზონის ტემპერატურასა და თუჯის ქიმიურ შედგენილობაზე. ღნობის მთელ პერიოდში უქმი კერძის სიმაღლე უცვლელია საწვავის მუშა კერძებით შევსების გამო.

კოქსის უქმი კერძის გაღვივების შემდეგ მან აყრიან მდნობის, ლითონისა და კოქსის კერძებს და ასეთი მიმდინარეობით ჩატვირთვას იმეორებენ მანამ, სანამ კაზმის სვეტის სიმაღლე საკერძის ფანჯარას არ მიაღწევს. ბოვში კაზმს ტვირთავენ ხელით ან სპეციალური ამწეების 20 საშუალებით. კაზმის ჩატვირთვის შემდეგ სამუშაო ფანჯარას 18 ცეცხლგამძლე აგურითა და თიხით ამოქოლავენ, რკინის კარით მას ხურავენ და იწყებენ ვენტოლატორით ჰაერის შებერვას. წვას იწყებს უქმი კერძის ზედა ნაწილი. ზადაც ერთარდება წალალი ტემპერატურა (1600°) და იწყება ლითონური კერძის ღნობა. საათში 5 — 8 ლითონური კერძი ღნება და ამდენივე იტვირთება ბოვში.

თუჯის გამდნარი წვეთები, კოქსის უქმი კერძის ნატეხებს შორის გავლით გროვდება ლორფინზე. წვის პროდუქტები შახტში არსებულ კერძებს შორის გადადის და ხედება საკვამლე მილში.

ლორფინზე თუჯის დაგროვებისას წილის გამოშვების შემდეგ ძალაყრით თუჯის კრიკას ხერხტენ (კრიკა ჩაქოლილია თიხისა და კოქსის ნარევისაგან დამზადებული საცობით) და თხევად თუჯს ციხვებში უშვებენ.

დიდი ზომის სხმულების მიხედვად ბოვს უყვებენ საგროველს 21, რომელიც რკინის ცილინდრულ კოლოფს წარმოადგენს; იგი ამოგებულია ცეცხლგამძლე აგურით და ქვედი დატენილია საყალიბო მიწით. ღნობის პროცესში თუჯი ბოვიდან განუწყვეტლივ საგროველაში იწურება. საგროველს აქვს ო-

გორც წილის გამოსაშვები კრიჲა 22 და ღარი (ნახაზზე არ ჩანს), ისე თუჲის გამოსაშვები კრიჲა 23 და ღარი 24.

საგროველის დაღებითი მხარე ისაა, რომ იგი პატარა ბოვიდან ღიდი სხმულები მღღების შესაძლებლობას იძლევა, უზრუნველყოფს თუჲის ქიმიური შედგენილობის გათანაბრებას. იმის გამო, რომ თუჲის დაგროვება ბოვის ქურაში არ ხდება და ქშინები ქვედიდან მცირე სიმაღლეზე ლაგდება, თუჲი ნაკლებად დანაშაშირბადიანებული და დაგოგირდიანებული მიიღება.

ბოვის კუთრი მწარმოებლობა (თუჲის რაოდენობა ტ/სთ, ბოვის ქვედის 1 მ<sup>2</sup>-დან) უღრის 7 — 8 ტ/სთ. ბოვი ღღელამეში 4 — 8 სთ და ზოგჯერ 20 სთ მუშაობს. ბოვის ღიამეტრი 0,7 — 2,0 მ-ში იცვლება.

ბოვიდან თხვეად თუჲს ციცხვებში ასხაფენ, ხოლო ციცხვებიდან სამსხმელო განყოფილებაში განლაგებულ აწყობილ ყალიბებში. ყალიბებიდან სხმულების ამოყრას ხელით ან მექანიკური საშუალებით აწარმოებენ, რის შემდეგ სხმულებს ასუფთავებენ.

## მეთოდური მითითებაი პრაქტიკული საშუაოს შესასრულავლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ სამსხმელო წარმოების უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნები;
2. გაეცანით: საყალიბე და საკოპე ნარევების დამზადების პროცესს; მოღლეებისა და საკოპე ყუთების დამზადების პროცესს; ხელით და მანქანური ყალიბობის სახეებს; კოპების დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესს;
3. შეისწავლეთ ბოვის აგებულება და მუშაობა;
4. გაეცანით ყალიბების თხვეადი ლითონით აესების, სხმულების ამოყრის, გასუფთავების და გაწმენდის პროცესებს.

### II. საშუაოს მიზანი

სხმულების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის შესწავლა.

### III. მოწყობილობა და მასალები

1. სამსხმელო წარმოების უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქციები;
2. საყალიბე და საკოპე ნარევების მოსაწადებელი მოწყობილობა;
3. მოღლეებისა და საკოპე ყუთების დასაწადებელი მოწყობილობა;
4. ხელით და მანქანური ყალიბობის იარაღები და მოწყობილობა;
5. მოწყობილობა და იარაღები კოპების დასამზადებლად;
6. ბოვი და სხვა საღნობი აგრეგატები;
7. მოწყობილობა ყალიბებში ლითონის ჩასხმისა და სხმულების გაწმენდისათვის.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. გაეცანით მოკლე თეორიულ ცნობებს სამსხმელო წარმოებასთან დაკავშირებით.
2. შეისწავლეთ სამსხმელო წარმოების უსაფრთხოების მოთხოვნები.
3. გაეცანით საყალიბე და საკოპე ნარევების მოწყობილობას და ნარევების დამზადების პროცესს; მოღლეებისა და საკოპე ყუთების დამზადების პროცესს; საყალიბე განყოფილებაში ხელით ყალიბობის სახეებს, მანქანური ყალიბობის



მოწყობილობას. და ნუშაობას; საყოველთაო განყოფილებაში კოპების ხელით და მანქანებით დამზადების პროცესს.

4. დააკვირდით ყალიბების აწყობის პროცესს.

5. შეისწავლეთ ბოვის აგებულება და მუშაობა.

6. გაეცანით ყალიბების თხევადი ლითონით ავსების, სხმულების ამოყრის და გაწმენდის სამუშაოებს და მოწყობილობას.

7. შეადგინეთ პრაქტიკული საშუალო ანგარიში, მასში შეიტანეთ: დავალება, საშუალო მიზანი; სხმულის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი; სამოდულო, საყალიბო ნარევის მოსამზადებელი და საყალიბო განყოფილებების იარაღები და მოწყობილობა; საყალიბო მანქანების პრინციპული სქემები; ბოვის აგებულების სქემა და მუშაობა; ყალიბების ავსების, სხმულების ამოყრისა და გაწმენდის იარაღები და მოწყობილობა.

## ლაბორატორიული სამუშაო № 18

### საალიბო ნარევის თვისებათა გამოცდა

#### მოკლე თეორიული ცნობები

საყალიბო ნარევისაგან დამზადებული ყალიბებით მთელი სხმულების 90% მიიღება.

საყალიბო ნარევის თვისებებზე დამოკიდებულია სხმულების ხარისხი. საყალიბო ნარევი უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი აირგალწვეადობით, სიმტკიცით, პლასტიკურობით, ცეცხლგამძლეობით, დამყოლობით და ხანგამძლეობით.

აირგალწვეადობა არის ყალიბში თხევადი ლითონის ჩამოსხმისას წარმოქმნილი აირების ან საყალიბო ნარევის გაშრობით მიღებული ორთქლის გაღწევის უნარი. ნარევის დაბალი აირგალწვეადობის შედეგად სხმულში ნიჟარები წარმოიქმნება, რაც თავის მხრივ წუნს იწვევს. ამიტომ საყალიბო ნარევი ძირითადად მზადდება თიხისა და ქვიშისაგან. ნარევის ფორიანობა დამოკიდებულია ქვიშის მარცვლების რაოდენობაზე, მოყვანილობაზე, ზომაზე, თიხის რაოდენობასა და ნარევის ტენიანობაზე.

სიმტკიცე არის საყალიბო ნარევის უნარი, არ დაინგრეს მისგან დამზადებული ყალიბი აწყობის, ტრანსპორტირებისა და გამდნარი ლითონის ჩასხმის დროს. სიმტკიცე დამოკიდებულია მის ტენიანობაზე, ნარევი თიხის რაოდენობაზე, ქვიშის მარცვლების რაოდენობაზე, მოყვანილობასა და ზომებზე.

პლასტიკურობა არის საყალიბო ნარევის უნარი, შეინარჩუნოს მოდელის ზუსტი ანაბეჭდები დაყალიბების დროს. პლასტიკურობა მატულობს ნარევი ტენისა (განსაზღვრულ რაოდენობამდე) და თიხის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად. ნარევი უფრო მეტ პლასტიკურობას აძლევს მთის ქვიშა მდინარის ქვიშასთან შედარებით.

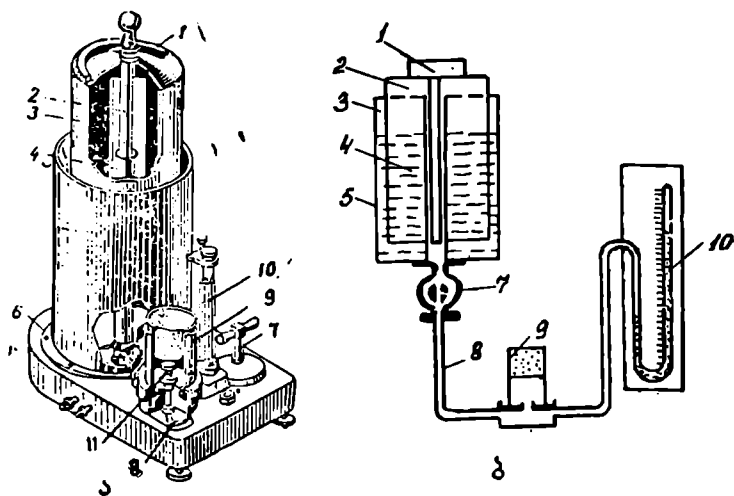
ცეცხლგამძლეობა არის საყალიბო ნარევის უნარი, გაუძლოს გამდნარი ლითონის მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებას. დაბალი ცეცხლგამძლეობის მქონე საყალიბო ნარევი აღნება სხმულს და მის ზედაპირზე იწვევს სალი მინადული შრის წარმოქმნას, რაც კრით დამუშავებას აძნელებს. საყა-

ლობე ნარევის ცეცხლგამძლეობა დაბალია, თუ ნარევი შეიცავს ნატრიუმის, კალციუმის, მაგნიუმის და რკინის ეანგვეულებს.

საყალიბე ნარევის უნდა ჰქონდეს დამყოლობის თვისება, რადგან მისგან დამზადებულმა ყალიბმა არ გაუწიოს წინააღმდეგობა მასში ჩასხმული ლითონის ჩაჭდომას. არადამყოლი საყალიბე ნარევისაგან დამზადებული ყალიბი იწვევს სხმულში ძაბვებს ან ბზარებს. საყალიბე ნარევეებს უნდა ახასიათებდეს აგრეთვე ხანგამძლეობა, ე. ი. ხელმეორედ გამოყენების უნარი და იყოს იაფი. 21-ე და 22-ე ცხრილებში მოცემულია საყალიბე ნარევების შედგენილობა, თვისებები და დანიშნულება.

ქარხანაში მოღებული საყალიბე მასალების ან ამ მასალებისაგან შედგენილი ნარევის თვისებების შესასწავლად გამოსაცდელი ნარევის სხვდასხვა ადგილიდან იღებენ სინჯებს მცირე კერძებად. აღებულ კერძებს გულდასმით ურევენ ლაბორატორიულ შემრევ მანქანებზე. საყალიბე ნარევის სინჯის წონა გამოცდის მთელი ციკლისათვის შეადგენს 5 კგ., ხოლო ცალკეული თვისების გამოცდისათვის — 0,5 — 0,6 კგ. სინჯი ინახება მკიდროდ დახურულ ქილაში. საყალიბე ნარევის სინჯების გამოცდით საზღვრავენ: თიხოვანი ნივთიერებების შემცველობას, ტენიანობას, ქვიშების მარცვლოვანობის სტრუქტურას, აირგალწვეადობას, სიმტკიცეს და სხვ. მაგალითისათვის ქვემოთ განხილულია საყალიბე ნარევის აირგალწვეადობისა და კუმშვის სიმტკიცის განსაზღვრის ხელსაწყოები და ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულებისათვის მეთოდური მითითებები.

ФП — 2У ტიპის ხელსაწყო საყალიბე ნარევის აირგალწვეადობის განსაზღვრისათვის (ნახ. 91)



ნახ. 91. ФП — 2У ტიპის ხელსაწყო: ა — საერთო ხელი; ბ — სქემა.

თუქის საფუძველზე 6 დამაგრებელია ავზი 5 მილით 4. ავზის შიგნით მოთავსებულია ყვინთა 3 მილით 2. ავზის დაშვებისას მილი 2 შედის მილში 4. ყვინთას ზედაპირზე არის აღნიშვნები 2000, 1000, 0 და X; ზემოდან ყვინთას დასამძიმებლად იღება მოსახსნელი ტვირთი. გამოცდამდე ავზში ასხამენ წყალს (მისი ზედა ნაწიბურიდან 120 მმ-ზე დაბლა) და მასში უშვებენ ყვინთას 3. ყვინთაში არსებული ჰაერი მილით 4 გამოდის სამშუქსავლიანი ონკანიო 7 და ჰაერსადენით 8. ონკანის მდგომარეობისას „დაკეტილია“ ჰაერი ყვინთიდან არ გამოდის; „ღია“ მდგომარეობისას ჰაერი გამოდის ხელსაწყოდან; „გამოცდის“ მდგომარეობის დროს ჰაერი მიემართება ჰაერსადენში და ნიმუშთან მასრაში 9. ჰაერსადენს ბოლოზე აქვს ხრახნი, რომელზეც იხრახნება 1,5 მმ ნახერცის მქონე მილყელი 11. მასრის სიღრმე ჰაერსადენით უკავშირდება მანომეტრს 10 .

ტ ბ რ ი 21

საქალაქე ნარევების შედგენილობა და დანიშნულება

ყალიბების ხასიათი	სხმულის წონა კგ-ით	წონით შედგენილობა %-ობით					ტენიანობა %-ობით
		ნაზარჩევი	ახალ მასალები: ქვიშა, თიხა	სულფიდები	ხის ნატრები	ქვანაშვირი	

თუქის სხმულებისათვის

ნოტიო	20-მდე	75—90	დანარჩენი	—	—	3—2	—	4,5—5,5
	200-..	50—90		—	—	5—2	—	4,5—5,5
მშრალი	10000-..	40—60		—	2—3	—	—	7—8

ფოლადის სხმულებისათვის

ნოტიო	500-მდე	50—75	დანარჩენი	0,5	—	—	—	4—6
მშრალი	5000-..	50—75		0,5	—	—	—	5—7

ბრინჯაოს და თითბრის სხმულებისათვის

ნოტიო	—	60—80	დანარჩენი	—	—	—	1—1,5	4,5—5,5
მშრალი	—	60—70		—	—	—	—	5,5—6,5

ალუმინის სხმულებისათვის

ნოტიო	—	60—80	დანარჩენი	—	—	—	—	4—5
მშრალი	—	60—80		0,5	—	—	—	5—6

საყალიბე ნარევის ტექნაჟური პირობების დანაშნულების მიხედვით

ყალიბობის ხასიათი	სხმულის წონა კგ-ობით	თიხის შემცველობა ნარევის %-ობით	აირგალწვეალობა K	სიმტკიცე კგ/სმ <sup>2</sup>		ტენიანობა %-ობით (გაშრობამდე)
				კუმშვაზე ნოტიო	გაგლეჯაზე მშრალი	

თუჯის სხმულებისათვის

ნოტიო	20-მდე	8-10	50	0,3-0,5	—	4,5-5,5
	200-მდე	8-10	50	0,3-0,5	—	4,5-5,5
მშრალი	10000..	15-20	80	0,55-0,75	0,8-1,2	7-8

ფოლადის სხმულებისათვის

ნოტიო	500-მდე	10-12	100	0,3-0,5	—	4-5
მშრალი	5000..	12-15	70	0,4-0,55	1-1,5	5-7

ბრინჯაოსა და თითბრის სხმულებისათვის

სველი	—	8-12	30	0,3-0,65	—	4,5-5,5
მშრალი	—	10-15	30	0,4-0,6	0,8-1,2	5,5-6,5

ალუმინის სხმულებისათვის

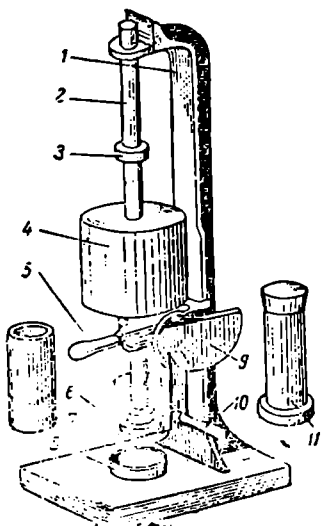
სველი	—	8-10	30	0,3-0,5	—	4-5
მშრალი	—	8-12	30	0,3-0,5	0,8-1,2	5-6

ლაბორატორიული ურნალით (ნახ. 92) მზადდება ნიმუშები საყალიბე ნარევის აირგალწვეალობისა და კუმშვის სიმტკიცის განსაზღვრისათვის.

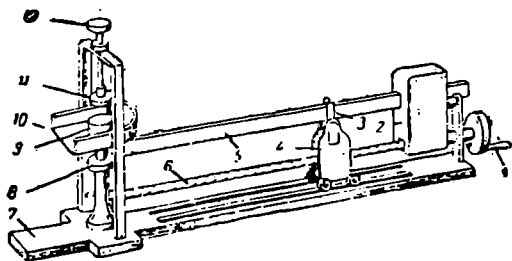
სადგარში 1 ჩაშვებულია ჰოკი 2, მასზე თავისუფლად ჩამოცმულია ტვირთი 4. ტვირთის აწევა სახელურით 5 მუდმივ სიმაღლეზე ხდება, რასაც ჰოკზე დამაგრებული რგოლი 3 უზრუნველყოფს. ჰოკის ქვედა ბოლოზე დამაგრებულია საცემი 6. ტვირთის სახელურით 5 აწევ-დაწევა ხდება ჯამში 8 ჩადგმული მასრის 7 დაყენებისა და მოხსნის დროს. ნიმუშის ტკეპნა სახელურის 10 (ექსცენტრიკთან 9 ერთად) სამჯერ ბრუნვით ხდება. დამზადებული ნიმუშის მასრიდან გამოღება ხდება ხის საგდებელის 11 საშუალებით.

ხელსაწყო (ტიპი ФА—2) საყალიბე ნარევის კუმშვის სიმტკიცის განსაზღვრისათვის (ნახ. 93). სადგარში 7 ორ საკისარზე დამაგრებულია ხრახნი 6. სახელურის 1 ბრუნვის დროს ხრახ-

ნი 6 გადაადგილებს კარეტას 4 მასზე დამაგრებული მაჩვენებლით 3. კარეტას ზედა გორგოლაქზე ეყრდნობა ბერკეტი 5, რომლის ერთ ბოლოზე მოთავსებულია ტვირთი 2. ბერკეტის მეორე ბოლო სახსრულად უკავშირდება დგარს 8, რომლის ზედა ბოლოზე დამაგრებულია მოედანი 10 საყრდენი დისკოთი 9. დისკოზე აყენებენ ნიმუშს, რომელიც ებჯინება ხრახნთან 12 დაკავშირებულ ზედა დისკოს 11.



ნახ. 92. ლაბორატორიული ურნალი



ნახ. 93. ხელსაწყო ნარევის კუმშვის სიმტკიცის განსაზღვრისათვის

## მეთოდური მითითებები ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ ხელსაწყოები საყალიბე ნარევის აირგაღწევალობისა და კუმშვის სიმტკიცის თვისებების განსაზღვრისათვის; 2. მოახდინეთ საყალიბე ნარევის თვისებების გამოცდა აირგაღწევალობაზე და კუმშვის სიმტკიცეზე; 3. განსაზღვრეთ აღებული ნარევი რომელი სხმულებისათვის გამოდგება; 4. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

საყალიბე ნარევის თვისებების გამოცდის ჩვევების ათვისება.

### III. ხელსაწყოები, აარადები და ნიმუშები

1. ФП — 2У ტიპის ხელსაწყო საყალიბე ნარევის აირგაღწევალობის განსაზღვრისათვის; 2. ФА — 2 ტიპის ხელსაწყო საყალიბე ნარევის კუმშვის სიმტკიცის განსაზღვრისათვის; 3. ურნალი ნიმუშების დამზადებისათვის; 4. საათი; 5. საყალიბე ნარევი; 6. მასრა მთლიანი; 7. მასრა გასახსნელი; 8. შტანგენფარგალი.

#### IV. მუშაობის მსვლელობა

##### ა. საყალიბე ნარევის აირგალწევადობაზე გამოცდა

1. გამოსაცდელი საყალიბე ნარევიდან აიღეთ დაახლოებით 600 გ სინჯი. აქედან აიღეთ სამი ნაწილი თითოეული 170 გ.
2. მასრა დააყენეთ ჭამისებურ ფილაზე.
3. აწონილი ნარევი ჩაყარეთ მასრაში ისე, რომ ჩაყრის დროს არ მოხდეს წინააწარი დატყეპნა და ნაყარის ზედაპირი იყოს თარაზული.
4. ურნალის (ნახ. 92) კოეფ 2 და ტვირთი 4 სახელურით 5 აწიეთ; ურნალის მაგიდაზე დადგით ჭამისებური ფილა 8, რომელშიც მოთავსებულია ნარევიანი მასრა 7: კოეფის საცემი 6 ჩაუშვით მასრაში დარტყმის გარეშე; სახელურის 10 სამჯერ ბრუნვით მოახდინეთ ტვირთის სამჯერადი ვარდნა. ამ დროს დატყეპნილი საყალიბე ნარევის სიმაღლე მასრაში მიიღება  $50 \pm 1,5$  მმ, თუ კოეფის ზედა ტორსის ნაწიბური სადგარის ზედა ნაწილზე აღნიშნულ კაწრულებს შორის თავსდება.

შენიშვნა: იმ შემთხვევაში თუ კოეფის ზედა ტორსის ნაწიბური არ დაემთხვევა სადგარის ზედა ნაწილზე აღნიშნულ კაწრულებს, მაშინ ნიმუშის ტყეპნა ხელშეორედ უნდა შესრულდეს, ამიტომ იმის მიხედვით კოეფის ტორსის ნაწიბური ურნალის სადგარის კაწრულებს ზემოთ იდგა თუ ქვემოთ უნდა მოშადდეს 170 გ-ზე მეტი ან ნაკლები ნარევის ახალი ნაწილი.

5. მასრადან ამოიღეთ საცემი, მოხსენით ურნალის მაგიდიდან ჭამისებური ფილა ნაწიბურით და მასრა ჭამისებური ფილიდან გაანთავისუფლეთ.
6. დასაყენებელი ხრახნებრის საშუალებით მოახდინეთ აირგალწევადობის ხელსაწყოთა თარაზული მდგომარეობის რეგულირება.
7. ათხენით ყვინთა, ჩაასხით ავზში 5 წყალი, ისე რომ ავზის ცარიელი (ტყელო) ნაწილის სიმაღლე იყოს 120 მმ.
8. ჩაასხით წყალი მანომეტრში სკალის 0 ნიშნულამდე.
9. დააყენეთ ონკანი 7 მდგომარეობაში „დაკეტილია“ და მდგომარედ ჩაუშვით ყვინთა ავზში, ისე რომ ყვინთის „X“ ნიშანი მოთავსდეს ავზის ზედა ნაწიბურის პირდაპირ.

10. ჩადგით ნიმუშიანი მასრა ჭამში; ონკანი დააყენეთ მდგომარეობაში „განოცდა“ და იმ მომენტში, როცა ყვინთა გაივლის 0 ნიშნულს, ჩართეთ წამზომი: როცა ყვინთა მიუახლოვდება მანომეტრის სკალის 1000 ნიშნულს, ჩაწერეთ ჩვენება, ხოლო ყვინთას 2000 ნიშნულთან მიახლოებისას გააჩერეთ წამზომი.

11. განსაზღვრეთ აირგალწევადობა ფორმულით:

$$K = \frac{509,5}{PT} \text{ სმ/წთ.}$$

სადაც P არის მანომეტრის წყლის სვეტის წნევა ყვინთას 1000 ნიშნულამდე ნიახლოების დროს;

T — 0 ნიშნულიდან 2000 ნიშნულამდე ყვინთას დაშვების დრო, წთობით;

12. ედა ჩაატარეთ 3-ჯერ.

შენიშვნა: თუ ერთ-ერთი ცდის შედეგი გამოვიდა განსხვავებული სხეასთან შედარებით 10%-ით და მეტი, მაშინ ცდის მთელი ციკლი უნდა განმეორდეს ახალი საყალიბე ნარევით.

13. განსაზღვრეთ აირგალწვეადობის საშუალო არითმეტიკული ( $K_{საშ.}$ )
14. მიღებული შედეგები შეიტანეთ საყალიბე ნარევის გამოცდის ოქმში.

### ბ. საყალიბე ნარევის სიმტკიცეზე გამოცდა

1. ლაბორატორიული ურნალის საშუალებით მოახდინეთ მასრაში საყალიბე ნარევის დატკეპნა იმავე წესით როგორც აირგალწვეადობაზე გამოცდის დროს.
2. გასახსნელი მასრიდან ნიმუში ამოიღეთ.
3. ხელსაწყოს ურიკა 4 (ნახ. 93) დააყენეთ დამაგრებული ბერკეტის 0 დანაყოფზე.
4. საყრდნობ 9 და ზედა დისკოს 11 ცენტრებს. შორის დააყენეთ ნიმუში; ხრახნის 12 ბრუნვით ზედა დისკოს 11 მკიდროდ მიაბჯინეთ ნიმუშის ზედაპირი (ზედმეტი მოქერის გარეშე).
5. სახელურის 1 ბრუნვით ურიკა 4 გადაადგილეთ ნიმუშისაკენ (40 ბრ/წთ სიჩქარით); ნიმუშის დანგრევისთანავე სახელურის ბრუნვა სწრაფად შეაჩერეთ.
6. ჩაიწერეთ ურიკის მაჩვენებლის მდებარეობა 0,01 კვ/სმ<sup>2</sup> სიზუსტით ნიმუშის დანგრევის მომენტისათვის.
7. გამოცდა გაიმეორეთ 3-ჯერ და გაიანგარიშეთ კუმშვის სიმტკიცის საშუალო არითმეტიკული.
8. 22-ე ცხრილის მიხედვით განსაზღვრეთ გამოცდილი საყალიბე ნარევის დანიშნულება.
9. ცდის შედეგები შეიტანეთ საყალიბე ნარევის გამოცდის ოქმში.

საყალიბე ნარევის აირგალწვეადობისა და კუმშვის სიმტკიცის გამოცდის ოქმი

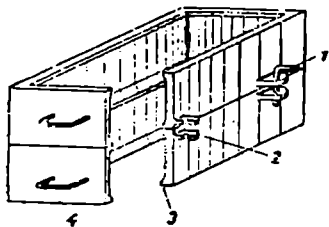
ყალიბობის ხასიათი	Plაშ.	Tაშ.	Kაშ.	აირგალწვეადობისა და კუმშვის საშუალო სიმტკიცე	საყალიბე ნარევის დანიშნულება

10. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში და მასში შეიტანეთ: სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყობების, მასალებისა და იარაღების დასახელება, მუშაობის მსვლელობა, გამოყენებული ხელსაწყობების და ლაბორატორიული ურნალის სქემები, საყალიბე ნარევის აირგალწვეადობისა და კუმშვის სიმტკიცეზე გამოცდის ოქმი, დასკვნა.

ვალბუთეზი ვალიზაის დამზადება ხელით

მოკლე თეორიული ცნობები

ყალიბების დამზადების პროცესს ყალიბობა ეწოდება. ყალიბობა შეიძლება ხელით ან მანქანებით. ხელით ყალიბობას ინდივიდუალური ან წერილსერიული წარმოების შემთხვევაში მიმართავენ. ყალიბის დასამზადებლად საჭიროა ყალიბყუთი, მოდელი, საკოპე ყუთი, საყალიბე და საკოპე ნარევები და საყალიბე იარაღები.

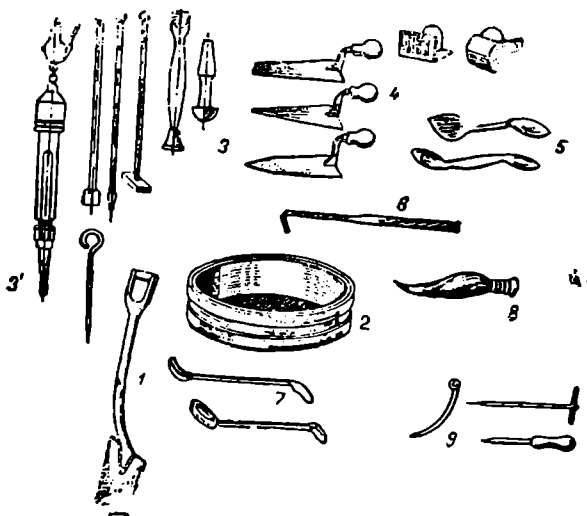


ნახ. 94. ყალიბყუთები

ყალიბყუთი კეთდება ხის ან ლითონისაგან. მასობრივი და სერიული წარმოების დროს იყენებენ ლითონის ყალიბყუთებს. მცირე ზომის ყალიბყუთებში (ნახ. 94) ნარევეს აკაევენ ყალიბყუთის კედლები და ქიმები 3; ყალიბყუთების ერთიშეორეზე დაყენება ხდება მათი ყუნწების 2 სერეტებში ჩხირების 1 გაყრით. მათ გადატანას სახელურის 4 საშუალებით აწარმოებენ.

ხელით ყალიბობის დროს საჭირო იარაღებია (ნახ. 95): ნიჩაბი 1 ყალიბყუთში მიწის გასაყრელად; საცერი 2 მოსაპირკეთებელი მიწის გასაცრელად; სატკეპნე-

ლები 3 ყალიბყუთში საყალიბე მიწის დასატკეპნად (3' არის პნევმატური სატკეპნელი); უთოები 4 ყალიბის ზედაპირის შესასწორებლად; ლანცეტები 5, კაუჭები 6, კოვზები 7 ყალიბში ჩაცეენილი მიწის ამოსაღებად და ლითონის გასასვლელი არხების გასაჭრელად, ფოჩი 8 მოდელის ამოღებისათვის

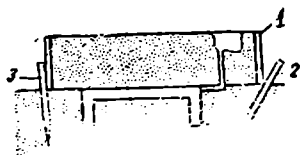


ნახ. 95. ხელით ყალიბობისათვის საჭირო იარაღები

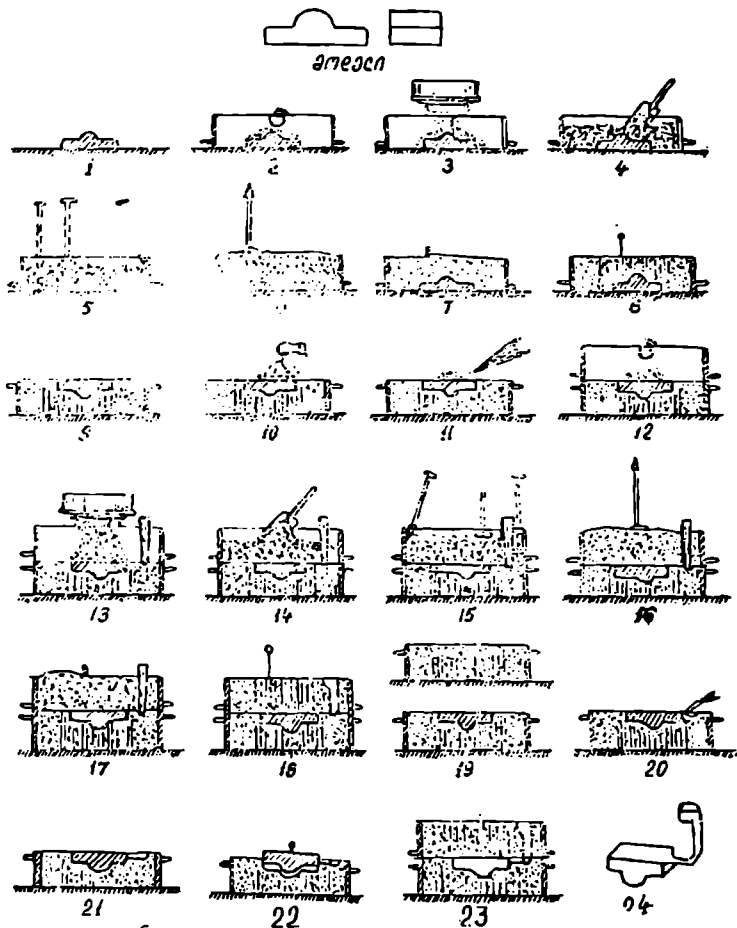


მის ირგვლივ მიწის დასასველებლად (მოდელის ამოწვევისას ნაპრალების ამონგრევის თავიდან აცილებისათვის) და საწეები 9 მოდელის ამოსაღებად.

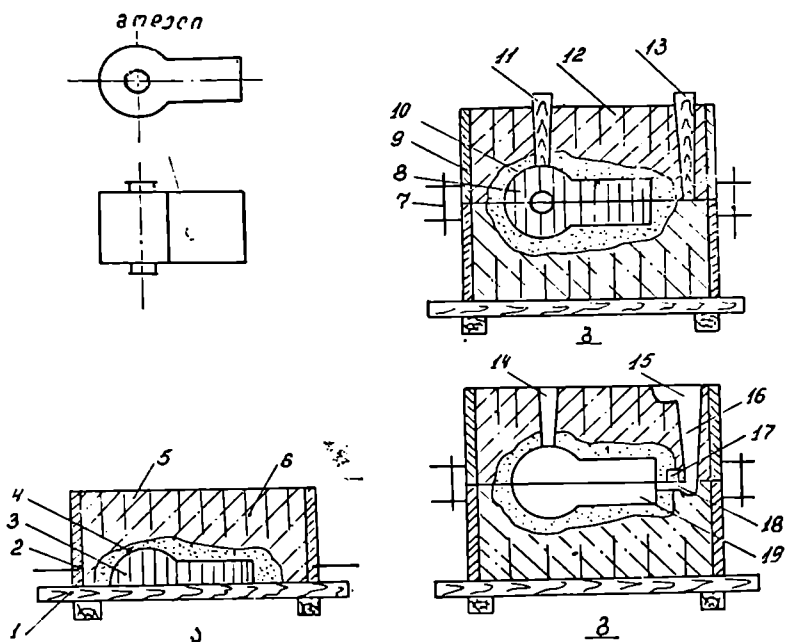
ხელით ყალიბობის სახეებია: ნიადაგში ღია ყალიბობა (გამოიყენება მარტივი სხმულებისათვის); ნიადაგში დახურული ყალიბობა (მიმართავენ დიდი სხმულების მიღების შემთხვევაში) (ნახ. 96); ორ ყალიბუტში ყალიბობა გაუხსნელი მოდელით (ნახ. 97); ორ ყალიბუტში ყალიბობა გასახსნელი მოდელით კოპის გამოყენების გარეშე (ნახ. 98); ორ ყალიბუტში ყალიბობა გასახსნელი მოდელით კოპის გამოყენებით (ნახ. 86) და სხვ.



ნახ. 96. ნიადაგში დახურული ყალიბობა: 1—ყალიბუტით; 2, 3—მიმართული პალატი.



ნახ. 97. ორ ყალიბუტში ყალიბობა გაუხსნელი მოდელით



ნახ. 98. ორ ყალიბეუთში ყალიბობა გასახსნელი მოდელით კოპის გარეშე

## მეთოდური მითითებაჲი პრაქტიკული სამუშაოს შესასრულელად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ საყალიბე იარაღების სახეები და დანიშნულება; 2. შეისწავლეთ ორ ყალიბეუთში გაუხსნელი მოდელით ხელით ყალიბობის პროცესი; 3. შეისწავლეთ ორ ყალიბეუთში გასახსნელი მოდელით კოპის გამოყენებით ხელით ყალიბობის პროცესი.

### II. სამუშაოს მიზანი

ხელით ყალიბობისათვის საჭირო იარაღების ხმარების ჩვევების დაუფლება და ყალიბეუთებში ყალიბის დამზადების შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები, იარაღები და მასალები

1. მეყალიბის დაზგა; 2. ყალიბეუთები; 3. საყალიბე ნარევი; 4. გაუხსნელი მოდელები; 5. გასახსნელი მოდელები საყოვე ნიშნით; 6. საყოვე ყუთები; 7. საყალიბე იარაღები; 8. მოდელებეუა დაფები; 9. მისამტვერი.

#### IV. მუშაობის მსვლელობა

ა. ხელით ყალიბობა ორ ყალიბყუთში გაუხსნელი მოდელით (ნახ. 97).

1. მოათავსეთ მოდელი მოდელქვეშა დაფაზე 1.
2. დააყენეთ ყალიბყუთი, მოდელს მოაფრქვიეთ მისამტვერი (ლიკოპოდიუმი ან მარშალიტი) 2.
3. საცრით მოაყარეთ მოსაპირკეთებელი ნარევის შრე ისე, რომ მისი სისქე იყოს 5 — 10 მმ, 3.
4. შემავსებელი ნარევი ჩაყარეთ ნიჩბით 4 და ჩატკენთ სატკენელებით 5. 6. შემავსებელი ნარევის დამატება და ტკენა ზომიერად, თანდათანობით უნდა წარმოებდეს. ზედმეტი დატკენა აირგალწვევადობას ამცირებს, ხოლო არასაკმარისი — იწვევს ყალიბის სიმტკიცის შემცირებას.
5. დატკენის დამთავრების შედეგ ყალიბყუთს ზედმეტი ნარევი მოაცილეთ სახაზავით 7.
6. აირგალწვევადობის გასადიდებლად მოდელის ირგვლივ არე დაჩხვლიტეთ ნემსით, ნაჩხვლეტებს შორის მანძილი უნდა იყოს 30 — 45 მმ, მოდელსა და ხაჩხვლეტს შორის კი 10—50 მმ, ნაჩხვლეტების დიამეტრი მოდელთან 1.5 — 3 მმ. ხოლო მისგან დაშორებით 6 — 10 მმ. ყალიბის ქვედა ნაწილში უნდა გაკეთდეს უფრო მეტი სპენტილაციო არხები, ვიდრე ზედაში.
7. ამგვარად. მიღებული ყალიბის ნახევარს დაადგით მოდელქვეშა დაფა და გადააბრუნეთ ისე. რომ მოდელი ზევით მოექცეს 9.
8. ყალიბის ზედაპირი გააუფთავეთ (საბერველით) და მოაყარეთ მშრალი წმინდა გამყოფი კვარცის სილა 10. ზედნეტი სილა საბერველით მოაცილეთ 11.
9. დაადგით ზედა ყალიბყუთი და მოაყარეთ მოდელს მისამტვერი 12, დააყენეთ სასხმის ხის მოდელი (უფრო მოზრდილი სხმულების მისაღებად იყენებენ სასულეს მოდელსაც) და საცრით მოაყარეთ მოსაპირკეთებელი ნარევი 13.
10. მოაყარეთ შემავსებელი საყალიბე ნარევი 14.
11. ქვედა ყალიბყუთის მგავსად თანდათანობით დატკენთ ნარევი 15. 16 და მოაცილეთ ზედმეტი ნარევი სახაზავით 17.
12. ამოიღეთ სასხმის კონუსური მოდელი, ამოქვრივთ სასხმის ძაბრი და ყალიბის ნახევარი დაჩხვლიტეთ ნემსით 18.
13. მოზნენით ყალიბის ზედა ნახევარი 19, გახსნის ზედაპირზე მოაგლეჯეთ ნაწიბურები, გაქვრივთ მკვებავი არხი 20 და წიდასაქვრი არხი ყალიბის ზედა ნახევარში.
14. მოდელის ნაპირებთან ყალიბის მიწა 21 ფოჩით დაასველეთ; საწვეის და ჩაქუჩის საშუალებით შეარჩიეთ და ამოიღეთ მოდელი 22.
15. ყალიბის ზედაპირზე ტომსიკით მოაფრქვიეთ მისამტვერი (ხის ნახშირი ან გრაფიტი). ზოგჯერ მისამტვერს მოაგლეჯებენ უთოთი და შემდეგ საბერველით აცილებენ ზედმეტს.
16. ყალიბის დაზიანებული ადგილები შეაკეთეთ, ხელის საბერველით გაწმინდეთ, ყალიბის ქვედა ნახევარზე ზედა ნახევარი დაადგით და ყალიბი ლითონის ჩასახმელად მზად იქნება 23. ყალიბში თხევადი ლითონის ჩასხმისა და გამყარების შემდეგ მიიღება სხმული სასხმთა სისტემით 24.

ბ. ყალიბობა ორ ყალიბყუთში გასახსნელი მოდელით კობის  
გარეშე (ნახ. 98)

1. მოდელის ქვედა ნახევარი 3 მოათავსეთ მოდელქვეშა დაფაზე 1 (ა).
2. დააყენეთ ყალიბის ქვედა ნახევრის ყალიბყუთი 2; მოდელს მოაფრქვიეთ მისამტვერი.
3. საცრით მოაყარეთ მოსაპირკეთებელი ნარევი 4; მისგან მიღებული შრის სისქე უნდა იყოს 5 — 10 მმ, შრე მოდელს მიატკეპნეთ ხელით.
4. ჩაყარეთ შემავსებელი ნარევი 5 და დატკეპნეთ სატკეპნელით; ზედმეტი ნარევი მოაცილეთ სახაზავით.
5. ყალიბის ქვედა ნახევარი დახვლიტეთ 6 ნემსით.
6. ყალიბის ქვედა ნახევარი ვადააბრუნეთ ისე, რომ მოდელი ზევით მოექცეს (ბ). ყალიბის ზედაპირი გაასუფთავეთ საბერვლით, დაადგით მოდელის გეორგ ნახევარი 8 და მოაყარეთ გაწყოფი მშრალი წმინდა კვარცის სილა; ზედმეტი სილა ნოაცილეთ საბერვლით.
7. ყალიბის ქვედა ნახევარს დაადგით ზედა ნახევარის ყალიბყუთი 9, შეკარით ჩხირებით 7 და მოაფრქვიეთ მისამტვერი.
8. საცრით მოაყარეთ მოსაპირკეთებელი ნარევი 10 და მიატკეპნეთ მოდელს, დააყენეთ სასხმისა 11 და სასულის 13 მოდელზე;
9. ჩაყარეთ შემავსებელი ნარევი 12 და ჩატკეპნეთ სატკეპნელით; ზედმეტი საყალიბე ნარევი მოაცილეთ სახაზავით.
10. ყალიბის ზედა ნახევარი დახვლიტეთ ნემსით და ამოიღეთ სასხმის და სასულია მოდელზე 11, 13. რის შედეგად მიიღება სასხმისა 16 და სასულის 14 დგამილები (გ).
11. მოხსენით ყალიბის ზედა ნახევარი, გახსნის ზედაპირზე მოაგლუვეთ ნაწიბურები. ამოჭერით ყალიბია ქვედა ნახევარზე მკვებავი არხი 18, ყალიბის ზედა ნახევარზე წიდასაქერი არხი 17 და სასხმო ძაბრი 15.
12. ფორით დაასველეთ ყალიბის მიწა მოდელის ნაპირებთან. საწვეის და ჩაქუჩის საშუალებით მოდელის ნახევრები ამოიღეთ. ყალიბის ზედაპირზე ტომსიკით მოაფრქვიეთ მისამტვერი.
13. დაზიანებული ადგილები შეაკეთეთ, გაწმინდეთ საბერვლით, ყალიბის ქვედა ნახევარზე ზედა ნახევარი დაადგით (19 არის ყალიბის სიღრმე სხმული-სათვის)
14. შეადგინეთ პრაქტიკული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: პრაქტიკული სამუშაოს დასახელება, დავალება და მიზანი, ხელსაწყოები, იარაღები და მასალები, მუშაობის მავლელობა, მოდელების ესკიზები, ორ ყალიბყუთში გაუზნნელი მოდელით ყალიბობის თანმიმდევრობის სქემები, ორ ყალიბყუთში გასახსნელი მოდელით ყალიბობის თანმიმდევრობის სქემები.

**ლითონის წევით დამუშავება**

ლითონის წევით დამუშავება ეწოდება დამუშავების ისეთ სახეს, როდესაც საჭირო მოყვანილობის დეტალი ან ნამზადი მიიღება ლითონზე გარეგანი ძალების ზემოქმედებით.

წევით დამუშავება დამოკიდებულია ლითონის პლასტიკურობაზე, ე. ი. მის უნარზე, გარე ძალების მოქმედების შედეგად შეიცვალოს ფორმა, ანუ მიიღოს პლასტიკური (ნარჩენი) დეფორმაცია. პლასტიკური დეფორმაციის უნარი სხვადასხვა ლითონს სხვადასხვანაირი აქვს. ზოგი ლითონი. მაგალითად, ტყვია, კალა, ალუმინი, სპილენძი და სხვ. ოთახის ტემპერატურაზეც კარგი პლასტიკურობით სარგობდება. ზოგიერთ ლითონს კი მაგალითად, თუჯს ეს თვისება გახურების შემდეგაც არ გააჩნია.

მრეწველობაში ლითონის წევით დამუშავებას დიდი მნიშვნელობა აქვს. იგი ლითონის დამუშავების პროგრესული მეთოდია და ხასიათდება დიდი მწარმოებლობით. წევით დამუშავებით მიღებული ნამზადების შემდგომ დამუშავებას მცირე დრო სჭირდება. მასალის ხარჯიც შედარებით მცირეა, რადგან დეტალის მიღება ლითონის მცირე შრის აცლით და ზოგჯერ შრის აუცილებლადც შიშინარეობს. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ წევით დამუშავების შედეგად ლითონის მექანიკური თვისებები უმჯობესდება და ხშირად ეს იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ლითონის ასეთ დამუშავებას მხოლოდ ამ მიზნით აწარმოებენ.

ლითონის დეფორმაციის ტემპერატურის მიხედვით წევით დამუშავების ორ ძირითად სახეს აჩვენებს: წევით დამუშავებას ცივად, როდესაც ლითონი დეფორმაციას იღებს გახურების გარეშე და წევით დამუშავებას ცხლად, როდესაც ლითონი დეფორმირდება გახურებულ მდგომარეობაში. დეფორმაციის პროცესში მიღებული სიმტკიცე ცივად წევით დამუშავების დროს მთლიანად რჩება, ცხლად წევით დამუშავებისას კი თითქმის მთლიანად ისპობა (რეკრისტალიზაციის გამო).

ლითონის წევით დამუშავების ძირითადი სახეებია: თავისუფალი ქედვა, ტვიფრა, გამოწნევა, გლინვა და ადრევა. ქედვა ჩვეულებრივ ლითონის გახურებით ხდება. ტვიფრა. გამოწნევა და გლინვა — როგორც ცხელ ისე ცივ მდგომარეობაში, ადიღა — ცივ მდგომარეობაში.

**პრაქტიკული სამუშაო № 3**

**თავისუფალი ვაღვისას გამოსახელებელი ძირითადი იარაღების, მოწყობილობებისა და საშუალოების პრაქტიკული შესწავლა**

(რეკომენდებულია ექსპერტის ხელმძღვანელობაში)

**მკვლე თეორიული ცნობები**

თავისუფალი ქედვა წევით დამუშავების ისეთი სახეა, რომლის დროსაც სასურველი ფორმისა და ზომის ნაკედის მიღება ნამზადზე მოქმედ ძალებს შორის ლითონის დინების შეუზღუდავად ხდება.

თუ ნაკვედი ყოველგვარი დამუშავების გარეშე გამოიყენება, მას სუფთა ნაკვედი ეწოდება. ნაკვედების უმრავლესობა მექანიკური კრით დამუშავებას მოითხოვს და ნაკედ-ნამზადებს წარმოადგენს.

მანქანათმშენებლობაში თავისუფალ კედვას დიდი მნიშვნელობა აქვს. თავისუფალი კედვის საშუალებით ამზადებენ არა მარტო მანქანების დეტალებს, არამედ იარაღებსაც.

თავისუფალი კედვის დროს შეზღუდული არ არის ნაკედის წონა (იღებენ 200 ტონიან და მეტი წონის ნაკედებს); კედვის პროცესში ლითონის სიმტკიცის მაჩვენებლები იზრდება და ხარისხი უკეთესდება; ნაგლინის ნამზადებთან შედარებით მასალის ხარჯი დეტალზე მნიშვნელოვნად მცირდება, რაც თავის მხრივ დეტალის თვითღირებულებას ამცირებს.

თავისუფალი კედვის ორ სახეს არჩევენ: ხელით კედვას და მანქანურ კედვას.

ხელით კედვისას ნაკედების მიღება გრდემლზე მოთავსებულ ნამზადზე საგნისა და ჩაქუჩის დარტყმის საშუალებით ხორციელდება. ამ შემთხვევაში დარტყმებს სანგის დარტყმელი ასრულებს. ხოლო მკედელი მას ერთი ხელით უმარჯვებს მარწუხით ნაკედს, ხოლო მეორე ხელით ჩაქუჩის საშუალებით დარტყმის ადგილებს უჩვენებს.

ხელით კედვა მძიმე სამუშაოა და ამდენად იგი დაბალწარმოებულურია. გარდა ამისა, ამ მეთოდით მხოლოდ მცირე წონის (10 კგ-ზე ნაკლები) ნაკედების მიღება შეიძლება. ხელით კედვის ეს ნაკლოვანებები აცილებულია მანქანური კედვის დროს.

ხელით თავისუფალი კედვის ძირითადი იარაღებია: გრდემლი, სამკედლო ყალიბი, სამკედლო ჩაქუჩი, საწი, მარწუხი, უთო, სახვრეტელა, საცემქვეშა, მოსაქიმი და ღოჯი (ნახ. 99).

**გრდემლი 1** ფოლადის საყრდნობია, რომელზედაც კედვა ხდება. გრდემლი მზადდება ნახშირბადოვანი 60 მაჰკის ფოლადისაგან.

**სამკედლო ყალიბი 2** ფოლადის ან თუჩის სქელი კვადრატული ფილაა, რომელსაც აქვს სხვადასხვა სახის და ზომის ნახვრეტები და გვერდზე ამონაჭრები. ყალიბს იყენებენ ნამზადში სასურველი ფორმის ნახვრეტების მისაღებად.

**სამკედლო ჩაქუჩი და სანგი** სარტყმელი იარაღებია. ჩაქუჩის წონა 0,5-დან 2 კგ-მდეა. სანგის წონა 2-დან 10 კგ-მდე. მარწუხი 3 იხმარება ნამზადის დასაქერად (მისი ტუჩების მოყვანილობა შეესაბამება ნამზადის მოყვანილობას).

**უთო 4** — ნაკედის ზედაპირის მოსასწორებლად, ხოლო **საცემქვეშა 5** — ნაკედის ზედაპირზე ჩაღრმავებული ადგილების წარმოსაქმნელად.

**სახვრეტელას 6** იყენებენ სამკედლო ყალიბთან ერთად ნაკედში ხვრეტის მისაღებად.

**მოსაქიმი 7** იხმარება ცილინდრული ზედაპირების მოსასწორებლად, ხოლო სახვრეტელით მიღებული ხვრეტის გასწორება-გაფართოებისათვის კასრისებურ სამართლებს იყენებენ. **სამკედლო ღოჯი 8** იხმარება ნაკედების გადაჭრა-ჩაჭრისათვის. ნაკედების საზომ იარაღებად იყენებენ კარაყინს, კალ-იბრს, თარგსა და სხვ.

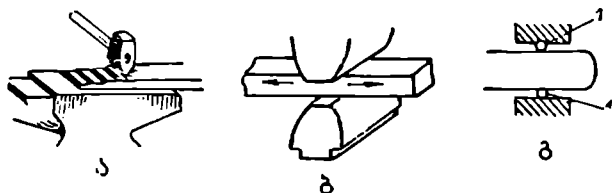
მანქანური თავისუფალი კედვისათვის საჭირო იარაღები ნაჩვენებია 100-ე ნახაზზე. აქ უროსა და გრდემლის როლს ზედა და ქვედა საცემები 1 ასრუ-

ლებს, სახერტელისას — სა-  
კოლი 2, ლოჯისას — სამკედ-  
ლო ნაჯახი 3. ზამბარიანი მო-  
საქიმის 7 დანიშნულება ისე-  
თივეა, როგორც ჩვეულებრი-  
ვი მოსაქიმისა. საბრტყელებე-  
ლი 6 იხმარება ნაშადის გა-  
საქიმად ან გასაფართოებლად.

თავისუფალი ქედვის ძირი-  
თადი სახეები: გამოქიმვა, და-  
ჯლომა, გაქოლვა, ლუნვა, ჩეხა,  
გრეხა და სამკედლო შედუ-  
ლება.

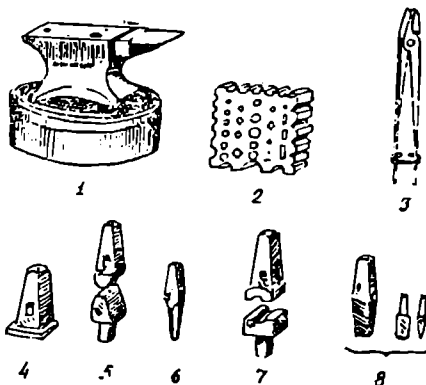
გამოქიმვა (ნახ. 101) თავი-  
სუფალი ქედვის ისეთი სახეა,  
რომლის დროსაც ნაშადის  
სიგრძის ზრდა მისი განივკვე-  
თის ფართობის შემცირების  
ხარჯზე ხდება. ხელით გამო-  
ქიმვისას ნაშადს გრდემლზე  
დებენ და სანგის წამახვილე-  
ბული ბოლოთი მასზე არტყა-  
მენ (ა). ამ შემთხვევაში ლო-  
თონი სიგრძივი მიმართულე-  
ბით იკიმება. წარმოიქმნება  
ტალღისებური ზედაპირი, მის-  
გასწორება სანგის განიერი თა-  
ვით ხდება.

მექანიკურ უროებზე გამოქიმვა სპეციალური საცეხებით (ბ) ან საბრტყე-  
ლებლის (გ) გამოყენებით ხდება.



ნახ. 101. გამოქიმვა

დაჯლომა (ნახ. 102, ა) თავისუფალი ქედვის ისეთი სახეა, როლის დრო-  
საც ნაშადის განივკვეთის ზრდა მისი სიგრძის ან სიმაღლის შემცირების ხარ-  
ჯზე მიმდინარეობს. დაჯლომის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს ადგილობრივი  
დაჯლომა. ამ შემთხვევაში ნაშადის განივკვეთის ზრდა განსაზღვრულ ადგი-



ნახ. 99. ხელით თავისუფალი ქედვის იარაღები

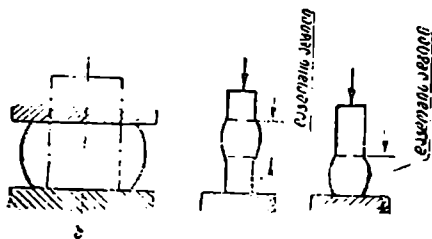


ნახ. 100. მექანიკური თავისუფალი ქედვის იარაღები

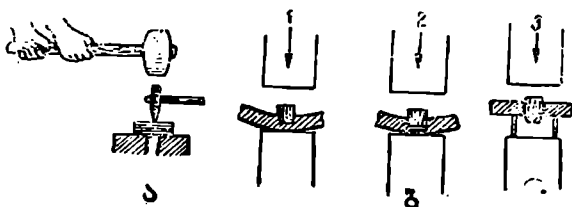
ლებში ხდება (ნახ. 102, ბ), რაც მხოლოდ ამ ადგილების გახურებით და დარტყმით ხორციელდება.

გაკოლვა (ნახ. 103) თავისუფალი კედლის ერთ-ერთი სახეა. გაკოლვის მიზანია ნამზადში ხვრეტის ან მხოლოდ ჩაღრმავების მიღება.

თხელ ფურცელში ხვრეტს სახვრეტელით აკეთებენ (ა), ხოლო სქელ ნამზადში — საკოლების 1, 2 (ბ) და სამართულების 3 საშუალებით.



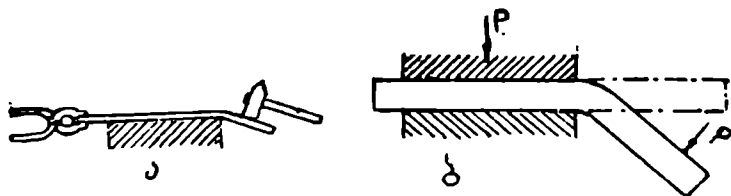
ნახ. 102. ა — დაჭლომა; ბ — ადგილობრივი დაჭლომა



ნახ. 103. გაკოლვა

ღუნვა (ნახ. 104). ღუნვის დროს ნაქედს ეძლევა საჭირო მოყვანილობის გაღუნულობა.

ხელით კედლისას გასაღუნი ზოდის ერთ ბოლოს გრდემლზე მარწყუხით ამაგრებენ. ხოლო მის თავისუფალ ბოლოს სანგის დარტყმებით ღუნავენ (ა). ძეკანიკურ უროებზე მოსაღუნად ნამზადს საცემებს შორის ამაგრებენ და თავისუფალ ბოლოზე ღუნვას სანგის დარტყმებით აწარმოებენ (ბ).

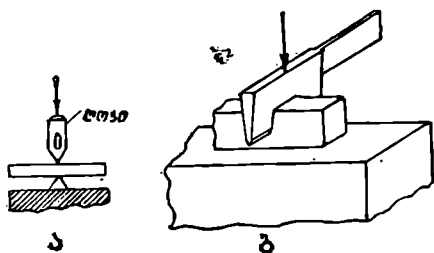


ნახ. 104 ღუნვა.

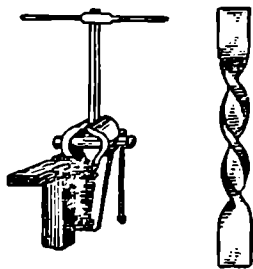
ჩეხა (ნახ. 105). ამ სამუშაოს შესრულებისას ხდება ნამზადიდან ნაწილის ჩამოკრა ან განსაზღვრულ სიღრმეზე ნამზადის ჩაქრა. ხელით კედლისას ჩეხა სამკედლო ლოჯებით წარმოებს (ა), მანქანური კედლის დროს კი სამკედლო ნაჭახებან იყენებენ (ბ).



გრეხა (ნახ. 106). გრეხის დროს ნაშხადის ერთი ნაწილის მეორე ნაწილის მიმართ საერთო ღერძის ირგვლივ კუთხით შებრუნება ხდება.



ნახ. 105. ჩეხა

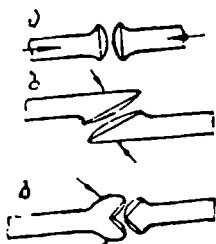


ნახ. 106. გრეხა

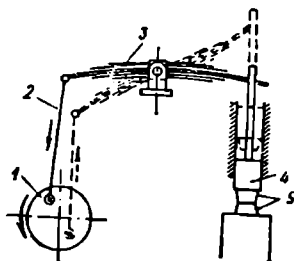
სამკედლო შედუღებაც თავისუფალი ქედვის სამუშაოს ერთ-ერთი სახეა. სამკედლო შედუღებისას ცოცხებურ მდგომარეობამდე გახურებულ ლითონებს გარე ძალების ზემოქმედებით აერთებენ.

სამკედლო შედუღება კარგად ხდება 0,3%-მდე ნახშირბადის შემცველ ფოლადებში. შედუღებისათვის ფოლადს დაახლოებით 1350°-მდე ახურებენ. გახურების ტემპერატურა დაპოკიდებულია ფოლადში ნახშირბადის შემცველობაზე.

სამკედლო შედუღებისათვის ფოლადისაგან ქედავენ სათანადო მოყვანილობის ნაწილებს (ნახ. 107), მათ შესადუღებელ ადგილებში სათანადო მომრგვალებულ მოყვანილობას აძლევენ (შედუღების უკეთესი ხარისხის მისაღებად); ქუთაში ქედვის ტემპერატურამდე ახურებენ; გახურებულ შესადუღებელ ადგილს მდინარის წმინდა მშრალი კაემიწით ფარავენ, რომელიც გახურებისას ფოლადის ზედაპირზე მიღებულ ხენჯთან ერთად თხელ შრეს წარმოქმნის; შემდგომ ხენჯის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად შედუღების ტემპერატურამდე გახურებულ შესადუღებელ ადგილებს წილისაგან წმენდენ, ერთიმეორესთან აერთებენ, ქედავენ და, ამრიგად, იღებენ მტკიცე შენადულ ნაკერს.



ნახ. 107. სამკედლო შედუღება: პირპირ; ბ — პირგადაღებით; გ — ჩაჭრით



ნახ. 108 რესორიანი ურო: 1 — რესორიანი კრილი; 2 — ბარბაცია; 3 — რესორი; 4 — კრილი; 5 — საცილები

მანქანური ქედვის ძირითადი მოწყობილობაა სამქედლო უროები და წნეხები.

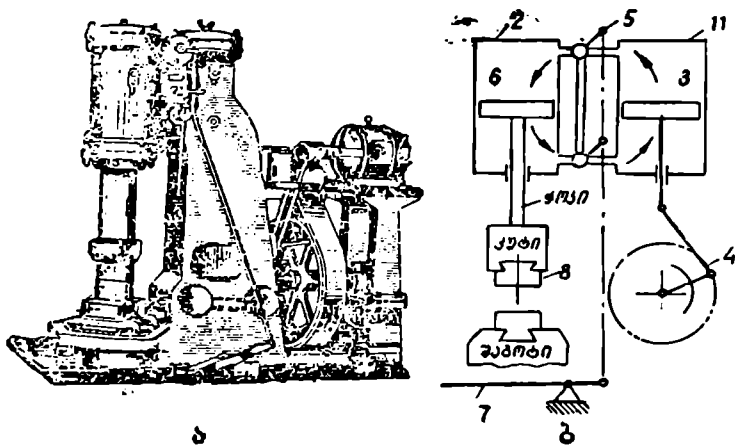
სამქედლო უროებზე ლითონის ქედვა დარტყმის საშუალებით ხდება. უროებზე ქედვა ქვედა (უძრავ) და ზედა (მოძრავ) საცემებს შორის წარმოებს. ქვედა საცემი მგარდება შაბოტზე, ხოლო ზედა კუტზე. იმის მიხედვით, თუ როგორ ხდება ზედა საცემის აწევა უროები იყოფა: მექანიკურ ამძრავიან და ორთქლპაერის უროებად.

მექანიკური უროები თავის მხრივ იყოფა: ბერკეტა, რესორიან და პნევმატიკურ უროებად. ბერკეტა და რესორიანი (ნახ. 108) უროები მსუბუქი საქედლი უროებია. მათი ვარდებიანი ნაწილების წონა 15-დან 100 კგ-მდე იცვლება. ასეთი უროები ხასიათდება დარტყმების დიდი რიცხვით წუთში (375-მდე), რის გამოც მათ ფართოდ იყენებენ თხელი და მკირე წონის ნაქედებისათვის.

პნევმატიკური ურო (ნახ. 109, ა) მუშაობს შეკუმშული ჰერით. მისი ვარდებიანი ნაწილების წონა 200 კგ-მდე აღწევს. იყენებენ წვრილი და იშვ.ათად საშუალო წონის (500 კგ-ზე მკირე) ნაქედების ქედვისათვის.

პნევმატიკურ უროს აქვს ორი ცილინდრი (ნახ. 109, ბ): საკომპრესორო 1 და სამუშაო 2. საკომპრესორო ცილინდრის დგუში 3 მოძრაობაში მოდის მრუდმხარას 4 საშუალებით, ხოლო მრუდმხარა კი ძრავათი.

ცილინდრებს შორის მოთავსებულია ორი განმანაწილებელი ონკანი 5; მათი შებრუნება ხდება ბერკეტით (ხელით) ან ფეხის სატერფულით 7.



ნახ. 109. პნევმატიკური ურო

პნევმატიკური უროს სამუშაო მდგომარეობაში დასაყენებლად საჭიროა განმანაწილებელი ონკანების ისე დაყენება, რომ საკომპრესორო და სამუშაო ცილინდრის ზედა და ქვედა სიღრუეები დაკავშირებული იყოს ერთიმეორესთან. ამ დროს უროს საცემი 8 იმდენჯერ დაარტყამს, რამდენი ბრუნიც ექნება მრუდმხარა ლილვს 4.

პნევმატიკური უროს ვარდებიანი ნაწილების მოძრაობა ასე ხორციელდე-

ბა: საკომპრესორო დგუშის 3 ქვევით მოძრაობისა შეკუმშული ჰაერი სამუშაო ცილინდრის ქვედა ნაწილში ხვდება, რაც იწვევს დგუშის 6 და ვარდებადი ნაწილების ზევით აწევას. საკომპრესორო ცილინდრში დგუშის მოძრაობა ქვევით იწვევს სამუშაო ცილინდრში გაიშვიათებას, ეს კი უფრო მალა სწევს ვარდებად ნაწილებს. საკომპრესორო დგუშის ზევით მოძრაობისა შეკუმშული ჰაერი სამუშაო ცილინდრის ზედა ნაწილში ხვდება, რაც იწვევს სამუშაო ცილინდრის დგუშის ქვევით მოძრაობას და, მათასადა, დარტყმას. ამავე დროს სამუშაო ცილინდრის ქვედა ნაწილში ნომხდარი გაიშვიათება, თავის მხრივ, ხელს უწყობს ვარდებადი ნაწილების დარტყმას. გარდა დგუშის ზედა წნევისა და ქვედა გაიშვიათებისა, დარტყმაში მონაწილეობას იღებს აგრეთვე ვარდებადი ნაწილების წონაც.

განმანაწილებელი ონკანების ღართვით შესაძლებელია განხორციელებულ იქნეს სხვადასხვა სიძლიერის დარტყმები, საჭედის ქვედა საცემზე დაწოლა და ვარდებადი ნაწილების ზედა სასურველ მდგომარეობაში დაყენება.

ორთქლ-ჰაერის უროები მუშაობს 6 — 8 ატმ წნევის მქონე ჰაერის ან ორთქლის ენერჯით. ვარდებადი ნაწილების წონა 0,5-დან 5 ტ-მდე იცვლება. ურო გამოიყენება 700 კგ-მდე წონის ფასონური ნაქედებისა და 1500 კგ-მდე წონის ლილვების საქედად. არსებობს კალმხრივი და ორმხრივი მოქმედების ორთქლ-ჰაერის უროები.

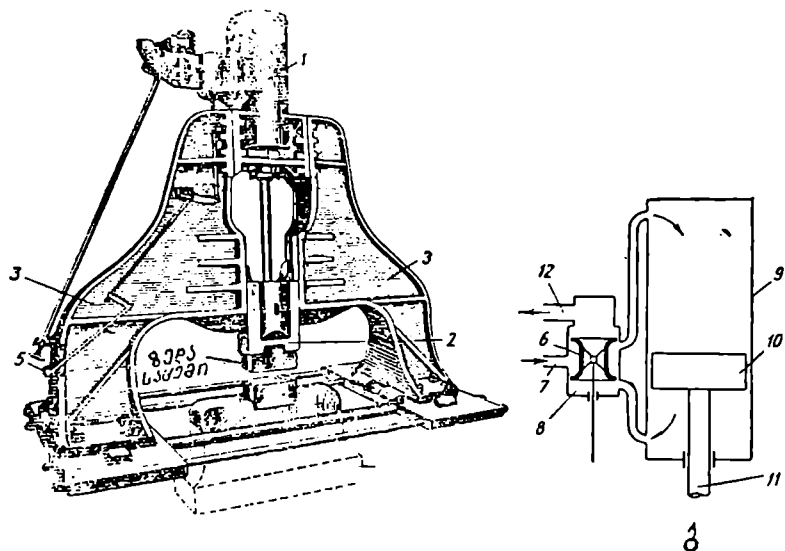
კალმხრივი მოქმედების უროებში ორთქლის ან ჰაერის საშუალებით ვარდებადი ნაწილების მხოლოდ აწევა ხდება. ასეთი უროების სიმძლავრე დამოკიდებულია ვარდებადი ნაწილების წონაზე და ვარდნის სიმაღლეზე.

ორმხრივი მოქმედების უროებში ორთქლისა და ჰაერის საშუალებით ვარდებადი ნაწილების არა მარტო აწევა ხდება, არამედ დგუშზე ზევიდან დაწოლაც. რაც დარტყმის ენერჯიას ზრდის.

დგარების კონტრატუქციის მიხედვით ორთქლ-ჰაერის უროები არსებობს: ერთდგარიანი და ორდგარიანი (ნახ. 110, ა). ორთქლ-ჰაერის უროს ორთქლის განაწილების სქემიდან (ნახ. 110, ბ) ჩანს, რომ მკვეთარას 6 ზედა მდგომარეობის დროს საქებაიდან ორთქლი მილით 7 შედის მკვეთარას ცილინდრში 8, შემოუვლის მკვეთარას მოხვდება საწესო ცილინდრის 9 ზედა ნაწილში, დააწეება დგუშს 10 და კოკის 11 და მასზე დამაგრებული ვარდებადი ნაწილების დაცემას იწვევს. სამუშაო ცილინდრის დგუშის ქვევით არსებული ორთქლი (ახ ჰაერი) გადის მკვეთარას ცილინდრში და აქედან გაიბოლქება ორთქლსადენით 12. მკვეთარას ქვევით დაწევით, საქებაიდან 7 მილით შემოსული ორთქლი მკვეთარას შემოვლით სამუშაო ცილინდრის ქვედა ნაწილში ხვდება, რაც ვარდებადი ნაწილების ზევით აწევას იწვევს. ამ დროს სამუშაო ცილინდრის ზედა ნაწილში არსებული ორთქლი მკვეთარას ცილინდრის გავლით ორთქლსადენში 12 მიედინება.

უროებზე დიდი ზომის ნაქედები რომ დამზადდეს, ამიტომ ორთქლ-ჰაერის უროები უნდა იყოს დიდი სიმძლავრის, გააჩნდეს დიდი საფუძვლები და მძიმე შაბოტები (ვარდებადი ნაწილების წონაზე 10 — 15-ჯერ მეტი). გარდა ამისა, დიდი უროები იწვევს ნიადაგის რყევებს, რაც დაუშვებელია ზუსტი წარმოების საამქროებისათვის. ამიტომ უკანასკნელ ხანებში უროებს, რომელთა ვარდებადი ნაწილების წონა 5 ტ-ზე მეტია, იშვიათად ამზადებენ და დიდი ნაქედების დასამზადებლად წნეხებს იყენებენ.

საქედ წნეხებზე ლითონის დეფორმაცია სტატიკური დატვირთვით ხორციელდება. თავისუფალი ქედვისათვის იყენებენ ჰიდრაულიკურ და ორთქლ-ჰიდრაულიკურ წნეხებს.



ნახ. 110. ორთქლ-ჰაერის სამკედლო ურო: ა—უროს საერთო ხელი, 1—სამუშაო და მკვეთარას ცილინდრის თავი; 2—ეარდებიანი ნაწილები; 3—სადგარა; 4—შაბოტი ქვედა საცემით; 5—სახელური და მართვის ბერკეტები; ბ—ორთქლ-ჰაერის უროს ორთქლის განაწილების სქემა

ჰიდრაულიკური წნეხების მოქმედების პრინციპი დამყარებულია პასკალის კანონზე (სითხის წნევა დახურულ ჭურჭელში ყოველი მიმართულებით ერთნაირად გადაეცემა). თუ გვაქვს ცილინდრი, რომელშიც მოთავსებულია ყვინთა და სითხე შედის  $p$  წნევით, მაშინ ყვინთაზე მოქმედი ძალა გამოითვლება ფორმულით:

$$P = pF \text{ კგ,}$$

სადაც,  $P$  არის ყვინთაზე მოქმედი ძალა, კგ-ობით

$p$  — ცილინდრში სითხის წნევა, ატმ.

$F$  — ყვინთას ფართობი  $\left( F = \frac{\pi D^2}{4} \right)$ , სადაც  $D$  ყვინთას დიამეტრია).

თანამედროვე ჰიდრაულიკური საქედი წნეხის წნევის ძალა 15000 ტ-მდე და მეტსაც აღწევს. გამოიყენება აგრეთვე ორთქლ-ჰიდრაულიკური წნეხები, რომელთა წნევის ძალა 20000 ტ-მდეა.

I. დავაღება

1. შეისწავღეთ თავისუფალი ჰედვის ძირითადი იარაღები და მათი დანიშნუღება, თავისუფალი ჰედვის ძირითადი სამუშაოები, საჰედი უროების აგებუღება და მუშაობა, საჰედი წნეხების მუშაობის პრინციპი.
2. ჩაიხაზეთ საჰედი იარაღების, მოწყობიღობისა და ძირითადი სამუშაოების სჰემები, 3. შეადგინეთ პრაქტიული მეცადინეობის ანგარიში.

II. პრაქტიული მეცადინეობის მიზანი

თავისუფალი ჰედვის ძირითადი იარაღების, სამუშაოებისა და მოწყობიღობის პრაქტიული შესწავღა.

III. მოწყობიღობა და მასაღები

პრაქტიული მეცადინეობა რეკომენდებულია ჩატარდეს სამჰედლო საამჰროში, სადაც სრულდება ხელით და მექანიკური ჰედვის სამუშაოები. სამჰედლო საამჰროს გააჩნია: 1. ბერკეტული ურო; 2. რესორიანი ურო; 3. პნევმატიკური ურო; 4. ორთჰლ-ჰაერის ურო; 5. ჰიდრაღლიკური წნეხი; 6. ხელით ჰედვის იარაღები; 7. მექანიკური ჰედვის იარაღები; 8. ჰედვის მოწყობიღობის პღაჯატები.

შენიშნა: 1. იმ შემთხვევაში, თუ პრაქტიული მეცადინეობა სრულდება ლაბორატორიაში, მაშინ ჰედვის ზოგი მოწყობიღობა და სამუშაოთა სახეები შეისწავღეთ პღაჯატების გამოყენებით. 2. კურსის მოცღობის მიხედვით დავაღება შეიღლება შესრულდეს ნაწიღობრივ.

IV. პრაქტიული მეცადინეობის შესრულების თანმიმდევრობა

1. შეისწავღეთ: საჰედი იარაღები ხელით ჰედვისათვის, საჰედი იარაღები მანჰანური ჰედვისათვის, ხელით ჰედვის სამუშაოების ძირითადი სახეები, მექანიკური ჰედვის იარაღები. ჩაიხაზეთ მათი სჰემები.
2. შეისწავღეთ და აღწერეთ პნევმატიკური და ორთჰლ-ჰაერის უროს მუშაობა და ჰიდრაღლიკური წნეხის მუშაობის პრინციპი, ჩაიხაზეთ მათი სჰემები.
3. შეადგინეთ პრაქტიული მეცადინეობის ანგარიში, მასში შეიტანეთ: დავაღება, მეცადინეობის მიზანი, მოწყობიღობა და მასაღები. ხელით ჰედვის იარაღების სჰემები, მანჰანური ჰედვის იარაღების სჰემები. პნევმატიკური უროს მუშაობა და სჰემა, ორთჰლ-ჰაერის სამჰედლო უროს მუშაობა და სჰემა, ჰიდრაღლიკური წნეხის მუშაობის პრინციპი.

თ ა ვ ი X

საშემდღუღაღლო წარმოება

შედღღება ლითონების უშღელი შეერთების ისეთი პროცესია, რომლის დროსაც ლითონის ნაწიღების შეერთება შესაერთებელი ადგიღების გაღნობის ან ცომისებურ მდგომარეობამდღე გახურების საშუაღებით ხდება.

ლითონების შესაერთებელი ადგილების შედუღება ხდება შესაერთებელი ნაწილების წიბოებისა და შემავსებელი ლითონის ღეროს გადნობით, გამდნარი ლითონების ერთიმეორეში არევიით და გამყარებით. ზოგჯერ შედუღება შემავსებელი ლითონის გარეშეც წარმოებს.

შედუღება შესაერთებელი ადგილების ცომისებურ მდგომარეობამდე გახუჭებით. მათი ერთიმეორეზე ნექანიკური დაწოლით ხორციელდება. ასეთი შედუღების ერთ-ერთი სახეა აამპედლო შედუღება.

ლითონების შედუღება ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში. მისი ტექნიკურ-ეკონომიური უპირატესობათა გამო შეერთების სხვა სახეობებთან შედარებით.

შედუღების სახეობებიდან ყველაზე ნათად გამოიყენება ელექტრორკალური და აირული შედუღება. შედუღების ამ სახეობათა მოწყობილობების შესწავლისათვის და შედუღების ტექნიკის ანათვიაებლად რეკომენდებულია შესრულდეს წარმოდგენილი პრაქტიკული სამუშაოები.

### პრაქტიკული სამუშაო № 4

#### ელექტრორკალური შედუღების მოწყობილობის ტაქსიონის პრაქტიკული შესწავლა

#### მოკლე თეორიული ცნობები

ელექტრორკალური შედუღება ლითონების შეერთების ისეთი სახეა, რომლის დროსაც შედუღებისათვის საჭირო სითბო ელექტრორკალის საშუალებით მიიღება.

დადი მნიშვნელობა აქვს ვ. პეტროვის მიერ 1802 წელს ელექტრორკალის აღმოჩენას, რომლის საფუძველზე ა. ბენარდოსმა 1882 წ. და მ. სლავიანოვმა 1888 წ. ელექტროშედუღების ძირითადი ხერხები შეიმუშავეს (ნახ. 111).

ამჟამად შედუღებას უმთავრესად აწარმოებენ სლავიანოვის ხერხით. ელექტროდი ლითონისაა და იგი ამავე დროს ასრულებს შემავსებელი ლითონის როლს. დენის გაშვებისას მაღალი ტემპერატურის ელექტრორკალი უზრუნველყოფს როგორც შედუღების ადგილის ნაწიბურების, ისე მისართი ლითონის ღნობას და შენადული ნაკერის წარმოქმნას.

რკალური სამუშაოებზე გამოიყენება აპარატურა. ელექტრორკალური შედუღება მუდმივი ან ცვლადი დენით წარმოებს.

მუდმივი დენის გამოყენებისას რკალი უფრო მდგრადია, რაც მისი დადებითი თვისებაა. მიუხედავად ამისა, მუდმივი დენით შედუღებას იშვიათად იყენებენ.

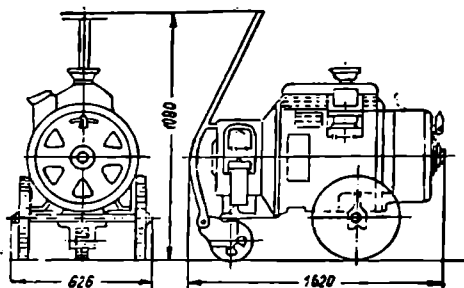
ნებენ, რადგან მისი მოწყობილობა 3—5-ჯერ უფრო ძვირია და ელექტრო-ენერგია 40—50%-ით მეტი იხარჯება ცვლადი დენის მოწყობილობასთან შედარებით.

მუდმივი დენით შედუღების დროს დენის წყაროსათვის ტრანსფორმირებული ან გადასატანი საშემდუღებლო გენერატორებს (ნახ. 112) იყენებენ. საშემდუღებლო გენერატორი მოძრაობაში მოდის ელექტროძრავის ან შიგაწვის ძრავას საშუალებით. ძრავასა და გენერატორის ერთობლიობას საშემდუღებლო აგრეგატი ეწოდება.

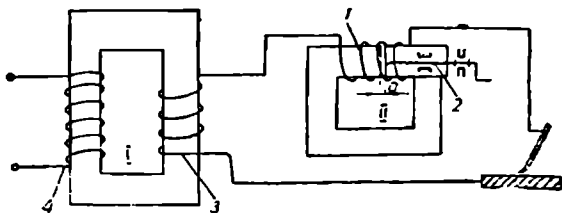
ცვლადი დენით შედუღების დროს იყენებენ საშემდუღებლო აპარატს. რომელიც ქსელის ძაბვის 55—65 ვოლტამდე დანწევვი ტრანსფორმატორისა და დენის ძალის მარეგულირებლისაგან შედგება.

ცვლადი დენის საშემდუღებლო აპარატები ორი სახისაა: პირველი სახის აპარატებით ნახ. 113 მარეგულირებელი (II) გამოყოფილია ძაბვის დამწვევი ტრანსფორმატორის კორპუსისაგან (I); შავალითად, ასეთია ქარხანა „ელექტრიკის“ CT (ძველი გამოშვების) და CT3 (CT3-22, CT3-32) და ა. შ. ტიპის აპარატები.

ტრანსფორმატორის I პირველადი გრაგნილი 4 ჩაირთება ქსელთან, ხოლო მეორეული გრაგნილი 3 მარეგულირებელთან 11. რომელიც შედგება სახსნელი გულასა 2 და მარეგულირებელი კოქსაგან I. დენის ძალის რეგულირება ხდება ინდუქციური წინააღმდეგობის ცვლით. გულას მოძრავი ნაწილის გადაადგილება ხდება ხრახნის საშუალებით, რომელიც a ღრეჩოს და, მაშასადამე, მარეგულირებლის გრაგნილის ინდუქციურობის რეგულირების საშუალებას იძლევა. a ღრეჩოს გაზრდით საშემდუღებლო დენის ძალა მცირდება, ხოლო შემცირებით კი იზრდება. ცვლადი დენით შედუღების დროს ელექტროძრავის ძღვრადობის ასამაღლებლად იყენებენ ოსცალატორს. ცვლადი დენის მეორე სახის CT-AH, CTH და CTHD საშემდუღებლო აპარატებში — ტრანსფორმატორი (პირველადი I და მეორეული II გრაგნილებით) და მარეგულირებელი (III) ერთ

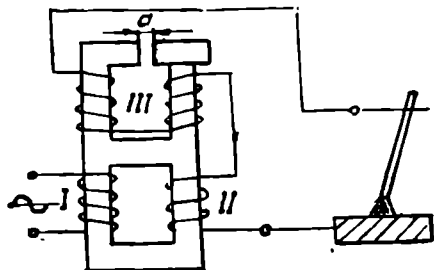


ნახ. 112. მუდმივი დენის საშემდუღებლო გენერატორი

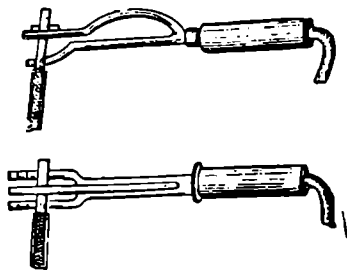


ნახ. 113. ცვლადი დენის CT3 ტიპის საშემდუღებლო აპარატის ელექტრული სქემა

კორპუსშია (დაამუშავა აკად. ე. ნიკიტინმა). ამ აპარატების უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ მათ ახასიათებთ მდოვრე რეგულირება, მცირე წონა, მაღალი მარტივ მუშაობის კოეფიციენტი და გამოსაყენებლად მოხერხებულია. ამიტომ ასეთი აპარატები უფრო ფართოდ გავრცელებულია.



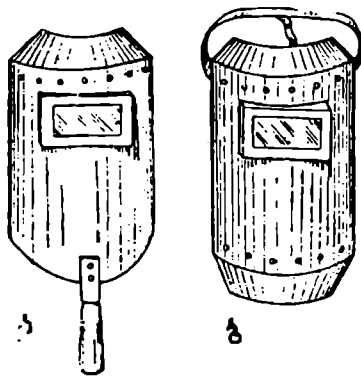
ნახ. 114. ცვლილი ღენის CTH ტიპის საშემდგომლო აპარატის ელექტრული სქემა



ნახ. 115. ელექტროდსაქვერი

ელექტრორკალური შედუღებისას იყენებენ აგრეთვე სხვადასხვა ხელსაწყოს: ელექტროდსაქვერს (ნახ. 115), კაბელს, ფარიკასა და მუზარადს (ნახ. 116). ელექტროდსაქვერის დანიშნულებაა ელექტროდის დამაგრება და მასთან ღენის მიყვანა. კაბელი უნდა იყოს მოჭნილი. მისი კვეთი დამოკიდებულია მასში გასაშვებ ღენის ძალაზე, ხოლო უქანასქელი — შესადუღებელი ლითონების სისქეზე. კაბელის სიგრძე გავლენას ახდენს ელექტროენერჯის დანაკარგების სიდიდეზე, ამიტომ მისი სიგრძე 20 — 30 მეტრს არ უნდა აღემატებოდეს.

ფარიკა და მუზარადი (ნახ. 116) იხმარება შემდუღებლის თვალებისა და სახნის დასაცავად. ფარიკას და მუზარადს აქვს დამცველი ფერადი შინა, რომელიც შთანთქმავს ულტრაიისფერ და ინფრაწითელ სხივებს. ამავე დროს უზრუნველყოფს კარგ ხილვადობას. მუზარადს ფარიკასთან შედარებით ის უპირატესობა აქვს, რომ მუშაობის დროს ხელი თავისუფალია, მაგრამ მუზარადი მალე ღლის შემდუღებელს. შემდუღებელს სამუშაო ადგილზე უნდა ჰქონდეს სამუშაო მაგიდა საბრუნო სკამით, სხვადასხვა საზომი იარაღი, სამარჯვი და ა. შ.



ნახ. 116. დამცველი საპარჯევი: ა — ფარიკა; ბ — მუზარადი

ელექტროდები. ლითონის ელექტროდი უნდა იყოს ისეთი, რომ იგი უზრუნველყოფდეს შენადული ნაყერის საჭირო მექანიკურ თვისებებს. ელექტროდის დიამეტრი დამოკიდებულია შესადუღებელი ლითონების სისქეზე. მისი დიამეტრი 1—5 მმ-დეა (იხ. ცხრილი 23), სიგრძე 350—450 მმ. ავტომატური შედუღების დროს ელექტროდად მავთულის მთლიან ხეიას იყენებენ. ნახშირბადოვანი ფოლადების



შესადღებლად საჭირო ელექტროდების მარკები, ქიმიური შედგენილობა და დანიშნულება მოცემულია 24-ე ცხრილში.

ცხრილი 23

შესადღებელი ლითონის სისქე, მმ	1,5	2	3	4-5	6-8	9-12
ელექტროდის დიამეტრი, მმ	1,6	2	3	3-4	4	4-5

ცხრილი 24

ელექტროდის მათულის მარკები, ქიმიური შედგენილობა და დანიშნულება

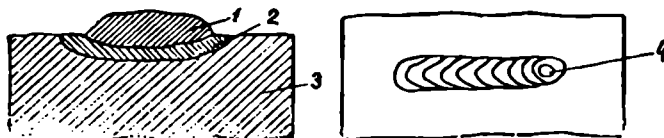
მარკა	ელემენტების შემცველობა %-ობით							დანიშნულება
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	
C <sub>B</sub> -08	<0,1	0,35-0,6	0,03	0,15	0,3	0,04	0,04	შალაი პლასტიკურობის ნაკერების მისაღებად
C <sub>B</sub> -08A	<0,1	0,35-0,6	0,03	0,1	0,25	0,03	0,03	იგივე პასუხსაგებო კონსტრუქციებისათვის
C <sub>B</sub> -15	0,11-0,18	0,36-0,65	0,03	0,2	0,3	0,04	0,04	შალაი სმტკის ნაკერებისათვის

ლითონის ელექტროდებს თითქმის ყოველთვის ფარავენ სპეციალური შედგენილობის საფარო ნივთიერებებით. საფარი შრის სისქის მიხედვით ელექტროდები იყოფა თხელსაფარიან (უბრალო) და სქელსაფარიან (ხარისხოვან) ელექტროდებად. თხელსაფარიანი ელექტროდების საფარი შრის სისქე 0,1-დან 0,25-მდე იცვლება. ასეთი საფარი რკალის გარშემო ქმნის დაიონებულ არეს, რაც უზრუნველყოფს ელექტრორკალის განსაკუთრებულ მდგომარეობას. საფარ მასალად ხმარობენ თხევადი მინის (NaOSiO<sub>2</sub>), ცარცისა (CaCO<sub>3</sub>) და წყლის ნარევის. ცარცი ხელს უწყობს დაიონებული არის წარმოქმნას. ხოლო თხევადი მინა შემწვებელი საშუალებაა. ელექტროდის ღეროების თხლად დაფარვას აღნიშნულ ნარევიში ჩაყვანით ახდენენ. რის შემდეგ მას ოთახის ტემპერატურაზე ამრობენ. სქელსაფარიან ელექტროდების საფარი შრის სისქე (0,25-0,34) ძა-მდე იცვლება, სადაც ძა ელექტროდის დიამეტრია მმ-ობით. სქელი საფარი უზრუნველყოფს როგორც რკალის მდგრადობას, ასევე პაერის მოქმედებისაგან ნაკერის დაცვას და ნაკერის ლევირებას. ასეთ ელექტროდებს პასუხსაგებო ნაკეთობის შესადღებლად იყენებენ. ელექტროდების საფარის შედგენილობა, სისქე და დანიშნულება მოცემულია 25-ე ცხრილში.

#### შადღების ელემენტები ელექტროგრაფიული შადღების დროს

დადღებელი ლითონი I (ნახ. 117) არის ფუძე ლითონის 3 ელექტროდის ლითონთან შენადნობი, რომლის სტრუქტურა სწრაფად გაცივებული სხული ლითონის ანალოგიურია.

თერპული გავლენის ზონა 2 მოიცავს ფუძე ლითონის იმ ნაწილს, რომელ-  
მაც ვანიცადა სტრუქტურული გარდაქმნა შედუღების სითბოს ზემოქმედებით.



ნახ. 117. დაღუღებული ლივჯაი

ცხრილი 25

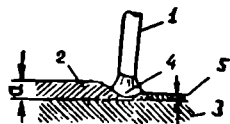
ელექტროდების საფარის შედგენილობა, შრის სისქე და დანიშნულება

ელექტრო- დის მარკა	საფარის შედგი- ნილობა %-ბით	საფარველის შრის სისქე ელექტრო- დების დიამეტრის დროს მშ-ობით				დანიშნულება
		2	2.5	3	4	
ცარციის საფარვე- ლი (3—34)	ცარციის 100% თხე- ვლი შინა 25—30%	0,1—0,25	0,1—0,25	0,1—0,25	0,1—0,25	2 მმ-ზე მეტი სისქის ნახშირბადიანი ფო- ლადების ნაკლებად მასუხსაგები კონ- სტრუქციების შედუ- ღებისათვის
AI (3—34)	ტიტანის კონცენტრა- ტი—86,6; მანგანუმის შადანი 10,2; კალიუმის გვარჯილა 3,2; თხევადი შინა — 15;	—	—	0,12—0,2	0,2—0,25	იგივე
MI	ტიტანის კონცენტრა- ტი — 62; შინდერის შატი—31; ქრომმეა- ვა კალიუმი—7; თხე- ვადი შინა—30	—	0,2 0,25	0,2 0,35	0,3 0,4	0,5 მმ-ზე მეტი სის- ქის 08, 10, 30, 40 მარკის და ქრომანსო- ლის ფოლადების კონსტრუქციების შე- დუღებისათვის
OMA—2 (3—42)	ტიტანის კონცენტრა- ტი—36,5; მანგანუ- მის შადანი—3,5; ფე- რომანგანეტი—6; ფე- როსლოცემა—5,2; ბის ფქ;ლი—46,8; კალიუმის გვარჯილა —2; თხევადი შინა— 30	0,13—0,18	0,16—22	—	0,27—0,33	იგივე 0,8—2,5 მმ სი- სქისათვის

კრატერი 4 ეწოდება ფუძე ლითონში რკალით წარმოქმნილ ჩაღრმავებას.  
რკალის სიგრძე (ნახ. 118) ეწოდება ელექტროდის I ბოლოსა და კრატე-  
რის 4 ფკერს შორის დაშორებას. ჩაღრმავების სიღრმე 5 ეწოდება დაშორებას  
ფუძე ლითონის 3 ზედაპირსა და კრატერის ფკერს შორის. ჩაღრმავების სიღრმე 2  
(ივცლება 2 — 5 მმ-ში) დამოკიდებულია ღენის ძალისა, რკალის გადაადგილე-  
ბის სიჩქარესა და ელექტროდის მარკაზე. ჩაღრმავების სიღრმე (არა ნაკლები  
1 — 2 მმ) უზრუნველყოფს ფუძე ლითონის ელექტროდის ლითონთან სრულ  
შედნობას, წინააღმდეგ შემთხვევაში მიიღება არამტკიცე შეერთება. ჩაღრმავების  
სიღრმე განისაზღვრება კრატერის სიმაღლეს (რომელიც დგინდება რკალის შე-

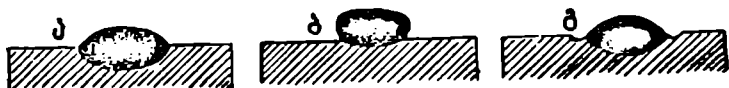
წყვეტის შემდეგ ფუძე ლითონის ზედაპირიდან კრატერის ფსკერამდე დაშორების ვაზომვით) დამატებული 1 — 2 მმ.

სწორად შერჩეული დენის ძალის დროს ფუძე ლითონის ჩაღნობის სიღრმე მიიღება 2—3 მმ. ლილვას ექნება ფუძე ლითონთან ნაპირების პღოვრედ შეერთება (ნახ. 119). ა) და ამიტომ მიიღება ხარისხოვანი შედეგება.



ნახ. 118. შედეგების ელემენტები

დენის ძალის უკმარისობისას ჩაღნობის სიღრმე მცირეა და ამიტომ ელექტროდის ფუძე ლითონთან შეერთება მცირე ფართობზე ხდება (ნახ. 119). ბ). ამ დროს შეერთება მიიღება არამტკიცე. როდესაც დენის ძალა ზომავზე მეტია, კრატერი მიიღება ღრმა, რომელიც სრულად ვერ იკვება ელექტროდის ლითონით და ამიტომ ლილვაცის ნაწიბურთან ფუძე ლითონში მიიღება ჩაღრმავებები (ნახ. 119). გ), რაც თავის მხრივ ამცირებს ლილვაცის სისქეს და სიმტკიცეს.



ნახ. 119. სხვადასხვა დენის ძალის დამატებული ლილვაცები

შედულების რეჟიმის შერჩევა. შედეგების რეჟიმის სწორად შერჩევაზე დიდად არის დამოკიდებული შედეგების ხარისხი. შედეგების რეჟიმს მიეკუთვნება: ელექტროდის დიამეტრი, შედეგების დენის ძალა, შედეგების სიჩქარე და შენადული შეერთების ტიპი.

შედულების მაქსიმალური მწარმოებლობის უზრუნველსაყოფად (ცხრილი 23) ელექტროდის დიამეტრი შესაძლებელი ლითონის სისქის მიხედვით აიღება რაც შეიძლება დიდი. შემდეგ აკად. კ. ხრენოვის ფორმულით საზღვრავენ დენის ძალას:

$$I = (\beta + \alpha d)d, \text{ ა:}$$

სადაც  $I$  არის დენის ძალა. ა-ობით.

$\beta$  და  $\alpha$  — კოეფიციენტები, ჩვეულებრივი ფოლადის ელექტროდებით ხელით შედეგებისათვის  $\beta = 20^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ;

$d$  — ელექტროდის დიამეტრი. მმ-ობით.

თუ  $d = 1.5$  მმ-ს. დენის ძალა უნდა შემცირდეს 10—15%-ით.

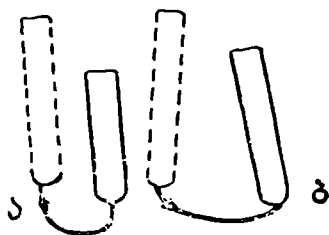
შენიშნული სითბოგამტარობის ლათონების შედეგებისას (ქრომპოლიბდენიანი ფოლადები, ქრომანსილი და სხვ.) ნახშირბადმცირე ფოლადებთან შედარებით დენის ძალას ამცირებენ 10 — 20%-ით. რაც უფრო მეტია შესაძლებელი ლითონის სისქე. მით უფრო მეტი აიღება დენის ძალა.

შედულების საორიენტაციო სიჩქარე განისაზღვრება ფორმულით, სადაც

$$V = \frac{20000 - 30000}{I_{\text{აფ}}} \text{ მ/სთ,}$$

სადაც  $V$  არის შედეგების სიჩქარე;  $I_{\text{აფ}}$  — შედეგების დენის ძალა. შედეგების სიჩქარე არ უნდა აღემატებოდეს 15—60 მ/სთ.

**რკალის ანთება.** რკალის ანთება ხდება შედუღების წრედში დენის მოკლე ჩართვით. ამბიათვის ელექტროდის ბოლოს შემდუღებელი უახლოვებს შედუღების ადგილს, იფარებს ფარკიან ან მუზარადს და უშვებს ელექტროდს ისე, რომ იგი შესადუღებელ ლითონს შეეხოს (ნახ. 120), შემდეგ სწრაფად აშორებს მას 2 — 3 მმ-ით (ე. ი. რკალის სიგრძით) ვერტიკალური აწევით (ა) ან ზედაპირზე ელექტროდის ბოლოს გასმით (ბ). ამ დროს წარმოიქმნება ელექტრორკალი, რომლის სიგრძე შედუღების დროს რჩება მუდმივი შედუღების ადგილზე ელექტროდის განუწყვეტელი მიწოდებით.



ნახ. 120. რკალის ანთება: ა — ვერტიკალური აწევით; ბ — გასმით

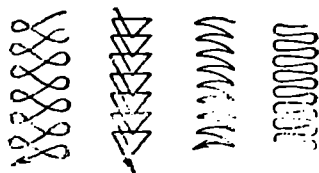
ჩვეულებრივ შემდუღებელი რკალს ანთებს მხოლოდ ელექტროდების შეცვლის დროს. თუ შემდუღებელი გამოუსდელია, მას უხდება რკალის რამდენჯერმე ანთება. ამასთან საჭიროა ხელახლა გადნეს კრატერის გაცივებული ლითონი იმ ადგილას, სადაც მოხდა რკალის გაწყვეტა.

ხარისხოვანი ნაკერის მისაღებად რკალის სიგრძე მოკლე აიღება. შემდუღებლისათვის ძნელია უშუალოდ რკალის სიგრძის განსაზღვრა, ამიტომ სარგებლობა გარეგანი ნიშნებით. გრძელი რკალის დროს

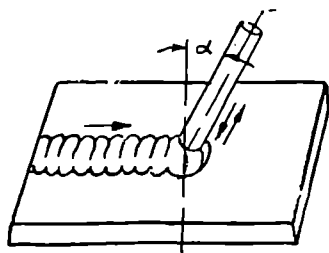
ელექტროდი დნება ძლიერი შხეფებით, ნაკერი მიიღება არათანაბარი ენგველების დიდი ჩანართებით. რის გამო ნაკერის ხარისხი უარესდება. გრძელი რკალი იძლევა მკვეთრ და მაღალ ხმას, რასაც თან სდევს ტაკუნთი.

მოკლე რკალის დროს რკალთან ახლოს წარმოიქმნება მცირე რაოდენობის ლითონის წვეთები, ელექტროდი დნება ნელა. ამის შედეგად მიიღება შესადუღებელი ლითონის ჩაღნობის დიდი სიღრმე და უკეთესი ხარისხის დადუღებული ლითონი.

თუ ნაკერის სიგანე ელექტროდის დიამეტრზე 1 — 2 მმ-ით მეტია და ელექტროდი შიშველი ან თხელაფარიათა, მაშინ ნაკერის სიგანის უზრუნველსაყოფად ელექტროდის განივი გადაადგილება უხდება (ნახ. 121). პრაქტიკულად უკეთესი შედეგი მიიღება როცა ლილვაციის სიგანე 2,5 d-ს ტოლია. თხელსაფარიანი ელექტროდებით მუშაობის დროს ელექტროდის დახრის კუთხე ნაკეთობასთან შეადგენს 15 — 30°-ს, სქელსაფარიანი ელექტროდებით მუშაობისას 15 — 20° (ნახ. 122).



ნახ. 121. განიერი ლილვაციის დადუღების სქემა



ნახ. 122. ელექტროდის დახრის კუთხე

სქელსაფარიანი ელექტროდები ნაკერის სიგანეს განივი გადაადგილების გარეშეც კარგად უზრუნველყოფს.

რკალის გაწყვეტა შედუღების ბოლოს ხდება რკალის დამოკლებით და ელექტროდის სწრაფი მოცილებით გვერდით კრატერის საზღვრიდან.

ხარისხოვანი შედუღებისათვის საჭიროა: 1. საგულდაგულოდ გაიწმინდოს შესადუღებელი ზედაპირები; 2. შეირჩეს შედუღების დენის ძალა, შერჩეული ელექტროდის დიამეტრის მიხედვით; 3. დაკავებულ იქნეს მოკლე რკალი, რკალის გაუწყვეტლად მთელი ელექტროდის გადნობამდე. 4. დაცულ იქნეს ელექტროდის თანაბარი გადაადგილების სიჩქარე შედუღების ხაზის გასწვრივ და მისი განივი რხევითი მოძრაობა; 5. დაცულ იქნეს ელექტროდის დახრის კუთხე ნაკეთობასთან.

## მეთოდური მითითებათა პრაქტიკული საშუაოს შესასრულებლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ რკალური შედუღების მოწყობილობა; 2. შეარჩიეთ შედუღების რეჟიმი ნახშირბადმცირე ფოლადის რკალური შედუღებისათვის; 3. დაეუფლეთ რკალის ანთების ჩვევებს; 4. აწარმოეთ წინასწარ შემზადებული ნიმუშების შედუღება; 5. შეადგინეთ პრაქტიკული სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

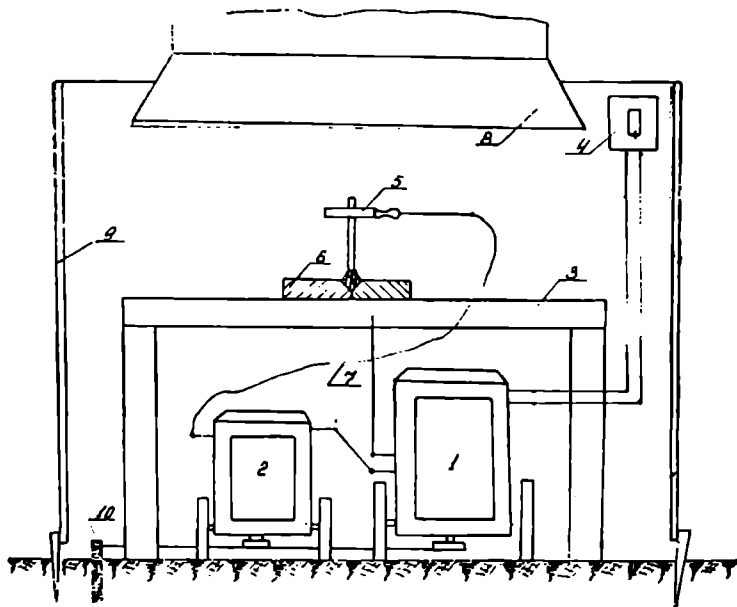
რკალური შედუღების მოწყობილობის შესწავლა, რეჟიმის დადგენა და შედუღების ტექნიკის პრაქტიკული ჩვევების დაუფლება.

### III. ხელსაწყოები და ნიმუშები

1. ცვლადი დენის სამემდუღებლო აპარატი; 2. სადენებიანი ელექტროდსაქერი; 3. ფარიკა; 4. მათეულებიანი ჭაგრისი; 5. ელექტროდები; 6. ნახშირბადმცირე ფოლადის ნიმუშები; 7. სასინჯი ნიმუში რკალის ანთებისათვის.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. შეისწავლეთ რკალური შედუღების აპარატის აგებულება და მუშაობა; 2. შეამზადეთ რკალური შედუღების სამუშაო ადგილი (ნახ. 123) შედუღებისათვის; 3. მოამზადეთ რკალური შედუღების აპარატურა, იარაღები, დამცავი და სამუშაო სავარჯვები; 4. მოამზადეთ შესადუღებელი ნიმუშები შედუღებისათვის, ამიტომ მათეულიანი ჭაგრისის საშუალებით გაწმინდეთ ნიმუშის შედუღების ადგილი ქანგის, ზეთის, საღებავის და ქუქუცისაგან. ზუსტად მოარგეთ ნიმუშების ნაწიბურები და ააწყვეთ შედუღებისათვის.



ნახ. 123. რკალური შედუღების სამუშაო ადგილი (პოსტი):

- 1 — ტრანსფორმატორი; 2 — მარეგულირებელი; 3 — მაგიდა; 4 — ჩამრახვი;
- 5 — ელექტროდასაკერი; 6 — ფუძე ლითონი; 7 — საღებები; 8 — გამწოვი;
- 9 — ეკრანი; 10 — დამიწება

5. შეარჩიეთ ელექტროდის ტიპი და დიამეტრი შესადუღებელი ნიმუშების მასალისა და სისქის მიხედვით; შედუღების რეჟიმი (შედუღების დენის ძალა და სიჩქარე) ელექტროდის დიამეტრისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით.

6. შეამოწმეთ დაცულია თუ არა უსაფრთხოების წესები.

7. მომართეთ საშემდუღებლო აპარატი შერჩეული შედუღების რეჟიმის მიხედვით.

8. ჩართეთ საშემდუღებლო აპარატი და შეისწავლეთ რკალის ანთების ორი ხერხი.

9. აწარმოეთ ნიმუშების პირაპირი შედუღება გაძლიერებული ნაკერით.

10. მოახდინეთ შენადული ნაკერის კონტროლი გარედან დათვალიერებით.

11. შეადგინეთ ლაბორატორიული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: დავალება, სამუშაოს მიზანი, მოწყობილობა და ნიმუშები პრაქტიკული სამუშაოს შესასრულებლად, რკალური შედუღების აპარატის ელექტრული სქემა, მუშაობის მსვლელობა, სამუშაოს შესრულების ოქმი, დასკვნა.

სამუშაოს შესრულების ოქმი

შესადრელებელი ფორმის მარკა	ნაშენის სისქე	შეიწივების ტიპი	ნაქროს სახეობა	სამშენებლო ტრანსფორმაციები	ელექტროლის მარკა და დამატები	მდინარე	შედლების დონის ძალა ა-ობით	ძაბვა	შედლების საბრუნველი სიჩქარე	შედლების შეერთების კონტროლის სახე	ნაქროს დეფექტები

პრაქტიკული სამუშაო № 5

აირული საშენებლო მონოლითისა და აირული შედუღების პროცესის პრაქტიკული შესწავლა  
მოკლე თეორიული ცნობები

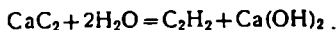
აირული შედუღება ლითონის ნაწილების უშუალო შეერთების ისეთი სახეა, რომლის დროსაც შესადრელებელი ადგილების გაღრმავება გახერხდება საწვავი აირისა და ენაგადის ნარევის წვის შედეგად მიღებული ალის საშუალებით.

ამჟამად აირულ შედუღებას ტექნიკაში უმთავრესად იყენებენ ფოლადის თხელკედლიანი (0,5 — 3,0 მმ) კონსტრუქციების, ფერადი ლითონებისა და თუჩის დეტალების შესადრელებლად ან სარემონტო საქმეში.

აირული შედუღების დროს საწვავ აირებად იყენებენ: აცეტილენს, წყალბადს, სანათ აირს და სხვ. ამათგან უფრო გამოიყენება აცეტილენი.

აცეტილენი ნივრის სუნის მქონე, ჰაერზე მსუბუქი აირია. მისი თბოუნარიანობა დაახლოებით 14000 კალ/მ<sup>3</sup>-ია. 1,75 ატ-ზე მეტი წნევისას ან სპილენძთან და ვერცხლთან შეხებისას ფეთქებადი.

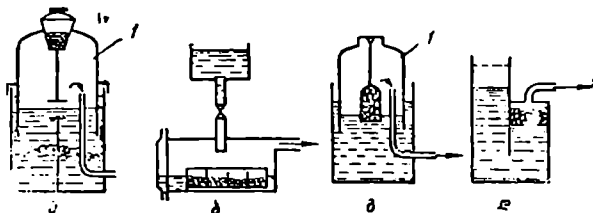
აცეტილენს იღებენ აცეტილენის გენერატორში, კალციუმის კარბიდისა და წყლის ურთიერთმოქმედებით:



გენერატორები აირის წნევის მიხედვით იყოფა დაბალი (0,01—0,05 ატ), საშუალო (0,05—1,5 ატ) და მაღალი (1,5 ატ-ზე მეტი) წნევის გენერატორებად. წყლისა და კარბიდის ურთიერთმოქმედების მიხედვით გენერატორები არის (ნახ. 124): „კარბიდი წყალში“ (ა), „წყალი კარბიდზე“ (ბ), „კონტაქტური — კარბიდის ჩაძირვით“ (გ) და „კონტაქტური — წყლის გამოღვევით“ (დ).

ლაბორატორიული დანიშნულებისათვის გამოიყენება „წყალი კარბიდზე“ სისტემის (ტიპი RA) მცირეგაბარიტული გადასატანი გენერატორი, (ნახ. 125). მისი მწარმოებლობაა 1 მ<sup>3</sup> საათში. გენერატორის კორპუსი 6 ძაბრამდე ივსება წყლით, რომელშიც ცურავს ზარხუფი 9. კორპუსის ქვედა ნაწილში ორი რეტორტაა 2 (ნახაზზე ერთი ჩანს), მათში თავსდება კარბიდიანი ყუთები I. სარეგულირებელი ონკანის 3 გახსნისას ყუთებში წყალი შედის რეზინის მი-

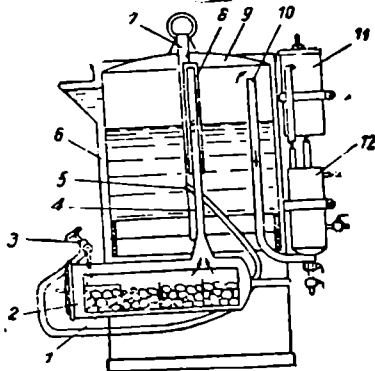
ლით 3, რომლის ზედა ბოლო მიერთებულია მილით 7, ხოლო უკანასკნელი მიდრეკილია ზარხუფზე. აირის დაგროვებისას ზარხუფი, რომელზეც მიდრე-



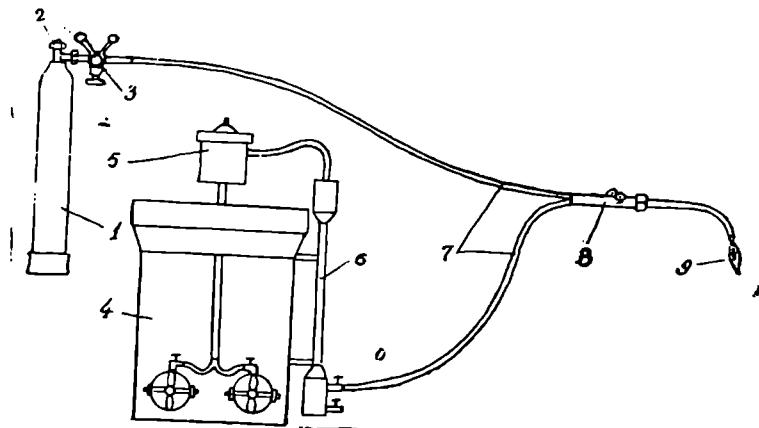
ნახ. 124. აცეტილენის გენერატორების სახეობათა სქემები

ლებულია მილი და მიერთებულია

რეზინი, მაღლა იწევს. როდესაც რეზინის ბოლო წყლის დონეს ასცდება, მაშინ რეტორტაში წყლის მიწოდება წყდება. აცეტილენი, რომელიც რეტორტაში წარმოიქმნება, თალვაქის 8 გავლით ზარხუფზე მიმაგრებული მილის 4 საშუალებით ზარხუფში გადის. თუ ზარხუფში წნევამ ზომამდე მეთად აიწია, ქარბი აირი მილით 7 ატმოსფეროში მიედინება. გენერატორიდან მიღებული აცეტილენი მილით 10 ხვდება აირგამწმენდში 12 და შემდეგ წყლის საკეტის 11 გავლით სანთურში გადადის. აცეტილენ-ქანგბადის საშემდრელებლო აპარატურაში (ნახ. 126), გარდა აცეტილენის გენერატორისა 4 (აირგამწმენდით 5 და წყლის საკეტით 6), შედის



ნახ. 125. RA ტიპის გენერატორის სქემა



ნახ. 126. აცეტილენ-ქანგბადის საშემდრელებლო აპარატურის სქემა

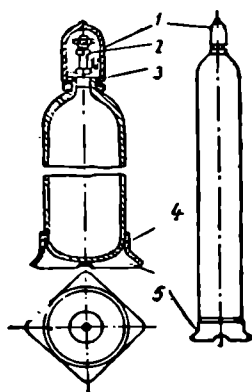


ქანგბადის ბალონი 1 (ხრახნსაცობითა 2 და რედუქტორით 3), რეზინის მილები 7 და სანთურა.

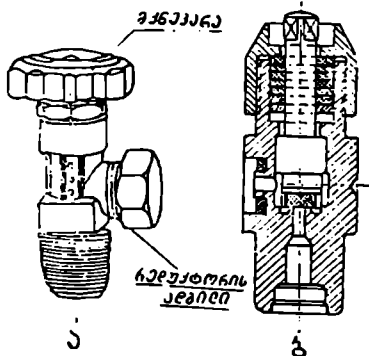
ქანგბადის ბალონი (ნახ. 127) წარმოადგენს გამოქვიმული ფოლადის ქურქელს, რომლის ტევადობა 40 ლიტრია. ბალონებს ქანგბადით ასეებენ 150 ატმ-მდე წნევის ქვეშ. მუშაობის პროცესში ბალონში წნევის 5—8 ატმ-მდე დაეცემისას საჭიროა ბალონის გამოცვლა. ბალონის გარე ზედაპირს ლურჯად ლებავენ.

შვეულ მდგომარეობაში დასაყენებლად ბალონის ქვედა ნაწილს 4 ქუსლს 5 უკეთებენ. მისი ზედა ნაწილი მთავრდება კონუსური ყელით 3, რომლის როგორც შიგა. ისე გარე ნაწილი დაკუთხვილებულია. გარე კუთხვილზე დამკველი თალფაქი 1 ეხრახნება. ხოლო შიგა კონუსურ კუთხვილზე—ხრახნსაცობი 2.

ხრახნსაცობის (ნახ. 128) საშუალებით ხდება აირის ხარჯის რეგულირება. ქანგბადის ბალონისათვის ხრახნსაცობს თითბრისაგან ამზადებენ (ნახ. 128, ა), ხოლო აცეტილენის ბალონისათვის—ფოლადისაგან (ნახ. 128, ბ), რადგან აცეტილენი თითბერთან ფეთქებად ქიმიურ ნაერთს ქმნის. ქანგბადის გამოსაშვებად ხრახნსაცობის მქნევარას აბრუნებენ საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. დაკეტვისას კი პირიქით. აცეტილენის ხრახნსაცობის გაღება-დაკეტვას ტორსული გასაღების საშუალებით აწარმოებენ.



ნახ. 127. ბალონი



ნახ. 128. ხრახნსაცობი (ვენტილი)

ყოველ 5 წელიწადში ერთხელ უნდა ხდებოდეს ბალონების ჰიდრაულიკური შემოწმება დასაშვებზე ერთნახევარჯერ მეტი წნევის ქვეშ. ქანგბადის ბალონების გადატანისას საშიშია დარტყმები და მუშაობის პროცესში ქანგბადის აპარატურაზე ზეთის ნაწილაკების მოხვედრა.

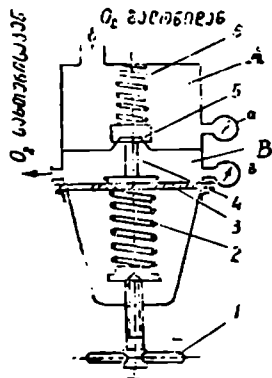
რედუქტორის დანიშნულებაა ბალონიდან გამოსული აირის წნევის დაწევა სამუშაო წნევამდე და მუშაობის დროს წნევის მუდმივობის დაცვა.

გამოყენებული აირების მიხედვით არსებობს ქანგბადის, აცეტილენისა და სხვა რედუქტორები. ქანგბადის რედუქტორი წნევას 150-დან 3—15 ატმ-მდე ამცირებს, ხოლო აცეტილენისა 16-დან 0,2—0,5 ატმ-მდე.

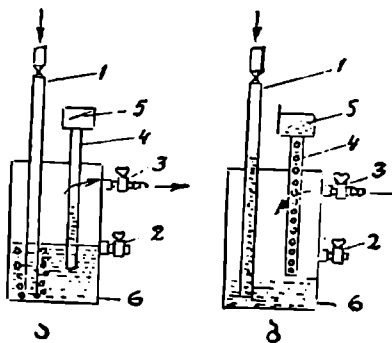
კონსტრუქციის მიხედვით არჩევენ ერთ და ორსაფეხურიან რედუქტო-

რებს. პირველში წნევის შემცირება ერთდროულად ხდება, რის გამო ენგბადის დიდი ხარჯვის დროს რედუქტორზე ყინულის შრე ჩნდება და დროგამოშვებით გათბობას საჭიროებს. ერთსაფეხურიანი რედუქტორის სქემა ნაჩვენებია 129-ე ნახაზზე. რედუქტორს აქვს კამერა: A მაღალი წნევისა და B დაბალი წნევის. კამერებში წნევის გასაზომად თითოეულ მათგანზე დაყენებულია მანომეტრი. პალონიდან აირი გაივლის თუ არა ხრახნსაცობს. შედის მაღალი წნევის კამერაში და a მანომეტრში. მთავარი ზამბარის 2 კუმშვის რეგულირება მქნევარას 1 საშუალებით ხდება. თუ მთავარი ზამბარა არ იკუმშება, მაშინ ჩამკეტი ზამბარა 6 სარქველით 5 კეტავს ხერვტს. მაღალი წნევის კამერიდან დაბალი წნევის კამერაში აირის გადასვლა ხრახნის ზამბარაზე 2 ზემოქმედებით ხდება; ზამბარა დაწოლას გადასცემს რეზინის მემბრანას 3, ხოლო ეს უკანასკნელი წვირის 4 საშუალებით ასწევს სარქველს და გახსნის ხერვტს. საიდანაც ენგბადი დაბალი წნევის კამერაში გადადის.

წყლის საკეტი 6 (ნახ. 126). სანთურაში აცეტილენის წნევის დროს ზოგჯერ ბუნიკში ხდება აირების აფეთქება და ამის გამო ცხელი აირის უკუდარტყმა. თუ ცხელი აირი გენერატორში მოხვდება, შეიძლება მისი აფეთქება განიწვიოს. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად გენერატორსა და სანთურას შორის წყლის საკეტს ათავსებენ.



ნახ. 129. ერთსაფეხურიანი რედუქტორის სქემა



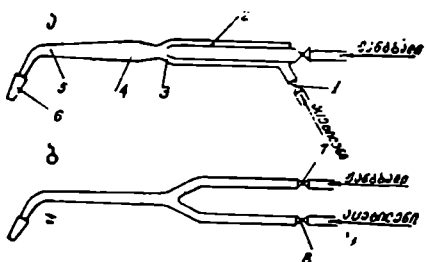
ნახ. 130. დაბალი წნევის წყლის საკეტი

არსებობს დაბალი და საშუალო წნევის წყლის საკეტები. დაბალი წნევის წყლის საკეტის სქემა ნაჩვენებია 130-ე ნახაზზე. წყლის საკეტის (ა) რეზერვუარში 6 საკონტროლო ონკანამდე 2 წყალს ასხამენ, რომელშიც სხვადასხვა ზილბებზე ჩაშვებულია ორი მილი (1 და 4). ნორმალური პროცესის დროს აცეტილენი საკეტში შედის 1 მილით და მილყელის 3 საშუალებით გადის სანთურისაკენ. უკუდარტყმისას (ბ) საკეტში ცხელი აირები ხვდება, ამის გამო მასში წნევა იზრდება. მილებში წყლის შესვლით საკეტში წყლის დონე იძვინდვება. რომ მოკლე მილი 4 წყალს არ ეხება და ცხელ აირებს ატმოსფეროში გაავლის საშუალება ეძლევა. გრძელ მილში 1 წარმოქმნილი წყლის საცობი კი ცხელ აირებს გენერატორში მოხვედრის საშუალებას არ აძლევს. უკუდარტყმის შემდეგ ძაბრიდან 5 რეზერვუარში წყლის ჩასხმას ხელმეორედ აწარმოებენ.

საშემდგომლო სანთურა 8 (ნახ. 126) წარმოადგენს ხელსაწყოს, რომელშიც ხდება საწვავი არისა და ეანგბადის სათანადო თანათარღობით შერევა და წვა.

არსებობს დაბალი და საშუალო წნევის სანთურები (ნახ. 131). დაბალი წნევის სანთურაში (ა) 0,01—0,05 ატმ წნევის აცტილენის 2—3 ატმ წნევის ეანგბადთან შერევა ინექტორის 2 საშუალებით ხდება, რის გამოც ასეთ სანთურებს ინექტორულ სანთურებს უწოდებენ. სანთურაში აცტილენის რეგულირება ონკანის 1 საშუალებით ხდება. ინექტორის ნახერეთად განავალი ეანგბადის ქველით არსებობს შექმნილი ვაშუათების გამო შეპრეე ვაპერაპი 4 ადგილი აქვს მცირე წნევის მქონე აცტილენის შეწოვას. ნაჩევი გადის მოლში 5, ბუნიციდან 6 ხდება ატმოსფეროში და საშემდგომლო აღს წარმოქმნას.

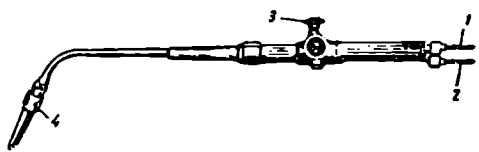
საშუალო წნევის (0,025 — 0,5 ატმ) აცტილენის ეანგბადთან შერევისათვის ინექტორი არ არის საჭირო. ამ შემთხვევაში იყენებენ უინექტორო სანთურას (ბ), რომელშიც ეანგბადისა და აცტილენის რეგულირება 7 და 8 ონკანებით ხდება.



ნახ. 131. საშემდგომლო სანთურების სქემები

ინექტორული სანთურები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც დაბალი, ისე საშუალო წნევისათვის. ამიტომ მათ უნივერსალურ სანთურებს უწოდებენ.

სსრ კავშირში უმეტესად FC და FCM ტიპის ინექტორული სანთურებია გავრცელებული. 132-ე ნახაზზე ნაჩვენებია FC ტიპის საშემდგომლო სანთურა. ამ სანთურაზე სხედასხვა პისქის მქონე დეტალების შესადგომლად გათვალისწინებულია 0-დან 7-მდე ნომრის რვა ბუნიცი. FCM (მცირე საშემდგომლო სანთურა) ტიპის სანთურას აქვს ხუთი ნომრის ბუნიცი.



ნახ. 132. FC ტიპის საშემდგომლო სანთურა:

1 და 2—მილულები შლანგებისათვის ეანგბადისა და აცტილენის მისაწოდებლად; 3 — სახელური ანუ კორპუსი; 4 — მარეველირებელი

მილსადენები და რეზინის მილები 8 (ნახ. 126). მილსადენებს იყენებენ სტაციონარული გენერატორიდან სამუშაო ადგილამდე აირების მისანაწილებლად. რეზინის მილებს (შლანგებს) იყენებენ მილსადენების ან ბალონებისა და გენერატორების სანთურასთან შესაერთებლად.

**აირული შედუღების ტექნიკა და ტექნოლოგია**

აირული შედუღების პროცესის დაწყებამდე საჭიროა მომზადდეს შესადუღებელი ადგილი და სწორად იქნეს შერჩეული: მისართი ლითონის გეარობა და ზომები, მდნობი. სანთურის ბუნიკის ნომერი, აცტილენისა და ჟანგბადის თანაფარდობა, სანთურის დახრილობის კუთხე შესადუღებელი ლითონის ზედაპართან, სანთურის გადაადგილების მეთოდი და შედუღების სარჩავე. შესადუღებელი ადგილის მომზადება ითვალისწინებს ნაწიბურების წათლას და გასუფთავებას. მისართ ლითონს უნდა ჰქონდეს ფუძე ლითონის ქიმიური შედგენილობა და მექანიკური თვისებები. დიამეტრი კი შეირჩევა შესადუღებელი ფურცლის სისქის მიხედვით.

ცხრილი 26

შესადუღებელი ლითონის სისქე	1—2	2—4	4—6	10—12	18—20
მისართ ლითონის მათელის დიამეტრი მმ-ობით	მისართი ლითონის გარეშე	4—5	2—3	6—8	8 და მეტი

ზოგიერთი ლითონი, შედუღების პროცესში გახურების გამო ინტენსიურად იჟანგება. ასეთი ლითონების (სპილენძი, ალუმინი, მაგნიუმი და სხვ. შენდნობები, ლეგირებული ფოლადები და სხვ.) შესადუღებლად მდნობებს იყენებენ. მდნობი ერთი მხრივ შედუღების ადგილს იცავს დაჟანგვისაგან და მეორე მხრივ წარმოქმნილი ჟანგეულები წიდაში გადაჰყავს. მდნობად იყენებენ ბორაკს, ბორმეფას, სილიციუმმეფას და სხვა ნივთიერებებსა და მათ ნარეუებს. სანთურის ბუნიკის ნომერი დამოკიდებულია შესადუღებელ ლითონზე და მის სისქეზე (იხ. ცხრილი 27), რამდენადაც ლითონი სითბოს კარგი გამტარია და მეტი სისქისაა ბუნიკის ნომერი მით უფრო მეტი აიღება.

ცხრილი 27

**ГС-53 ტიპის საშემღუღებლო სანთურის ტექნიკური მონაცემები**

მაჩვენებლები	ბუნიკის ნომერი					
	1	2	3	4	5	6
შესადუღებელი ლითონის სისქე მმ-ობით	1,5—მღვ	1—3	2,5—4	4—7	7—11	10—18
აცტილენის ზარკი ლ/სთ-ობით	50—135	135—350	250—100	400—700	700—1100	1050-1750
ჟანგბადის ზარკი ლ/სთ-ობით	50—140	140—216	260—420	420—750	750—1170	1170-1900
ჟანგბადის წნევა ატმ-ობით	1—4	1,5—4	2—4	2—4	2—4	2—4

აქტიულისა და ეანგბადის თანაფარდობა. ანუ შედუღების ალის გვა-  
რობა დამოკიდებულია შესადუღებელ ლითონზე. ზოგერთი ლითონი (მაგა-  
ლითად, ფოლადი) მოითხოვს ნორმალურ ალს  $\left(\frac{O_2}{C_2H_2} = 1,1-1,2\right)$ , ზოგი (მაგა-  
ლითად, თუქი) დამანახშირბადიანებელს და ზოგიც დამქანგავ ალს, ე.

$\frac{O_2}{C_2H_2} > 1,2$ -ზე (მაგალითად, თითბერი).

შესადუღებელი ლითონის ზედაპირთან სანთურას ბუნიკის დახრილობის  
კუთხე დამოკიდებულია მასალის სისქეზე (იხ. ცხრილი 28).

ცხრილი 28

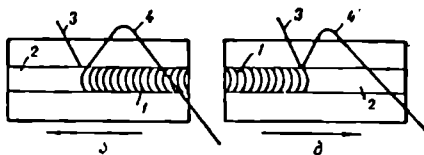
შესადუღებელი ფოლადის სისქე მმ-ობით	1	1-3	3-5	5-7	7-10	10-15	12-15	15-ზე მეტი
ბუნიკის დახრის კუთხე φ გრ-ობით	10	20	30	40	50	60	70	80

სანთურას გადაადგილების მიმართულების მიხედვით არჩევენ შედუღების  
მარცხენა და მარჯვენა მეთოდებს (ნახ. 133).

მარცხენა შედუღების დროს სანთურას გადაადგილება მარჯვნიდან მარ-  
ცხნივ ხდება (ა). ალი მიმართულია ნაკერის შესადუღებელი მხარისაკენ. შედუ-  
ღების ეს მეთოდი გამოიყენება 5 მმ-ზე მცირე სისქის ფურცლების შესა-  
დუღებლად. მარჯვენა შედუღების დროს (ბ) სანთურას გადაადგილება მარცხ-  
ნიდან მარჯვნივ ხდება. ამ დროს ალი მიმართულია ნაკერზე და განსაზღვრული  
დროის განმავლობაში იცავს გაცივებისაგან როგორც თხევადი ლითონის აბა-  
ზანას. ისე ნაკერს და მაღალი ხარისხის შედუღებას იძლევა.

მარჯვენა შედუღებას იყენებენ 6-5 მმ-ზე მეტი სისქის ლითონების შე-  
სადუღებლად, ხოლო 5 მმ-ზე მცირე სისქის ფურცლების შედუღება მიზანშე-  
წონილია მარცხენა შედუღებით. რადგან ამ დროს ნაკერის შესადუღებელ  
ნაწილზე მოქცეული ალი მას წინასწარ ახურებს და შედუღების პროცესი  
უფრო ჩქარა წარმოებს.

აირული შედუღების სიჩქარე  
მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდე-  
ბული და ძლიერ ცვალებადია.  
მაგალითად, 4 მმ სისქის ნაწი-  
ბურებზეაუკვეთელი ფურცლე-  
ბის შედუღების სიჩქარე უდ-  
რის 8 სმ/წთ. ხოლო 0,5 მმ სის-  
ქის ფურცლებისა — 20 სმ/წთ.



ნახ. 133. აირული შედუღების სქემა: ა — მარცხენა;  
ბ — მარჯვენა;  
1—ნაკერი; 2—შედუღებელი ნაწილი; 3—მისართი  
ლითონი; 4 — სანთური

## მეთოდური მითითებები კაპიტალური საშუაოს შესასრულებლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ აირული შედუღების აპარატურის აგებულება და მუშაო-  
ბა საშემდუღებლო პოსტთან; 2. ჩაიხაზეთ საშემდუღებლო PA ტიპის აქტი-  
ლენის გენერატორის, წყლის საკეტის, რედუქტორის და სანთურას სქემები;

3. აწარმოეთ წინასწარ შემზადებული ფოლადის ნიმუშების შედუღება; 4. შეადგინეთ პრაქტიკული სამუშაოს ანგარიში.

## II. სამუშაოს მიზანი

აირული შედუღების აპარატურის შესწავლა და აირული შედუღების ჩვენების დაუფლება.

## III. მოწყობილობა და ნიმუშები

1. PA ტიპის აცეტილენის გენერატორი; 2. ჟანგბადის ბალონი (ჟანგბადით); 3. რელექტორი; 4. GC ტიპის აირსაშემდუღებლო სანთური; 5. რეზინის შლანგები; 6. ფოლადის ჭაგარისი; 7. ნახშირბადმცირე ფოლადის ნიმუშები; 8. კალციუმის კარბიდი; 9. აირული შედუღების უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქცია.

## IV. მუშაობის მსვლელობა

1. საშემდუღებლო სამუშაო ადგილზე შეისწავლეთ აირული შედუღების აპარატურის აგებულება და მუშაობა.
2. მოამზადეთ სამუშაო ადგილი შედუღებისათვის, გაწმინდეთ სამუშაო მაგიდა, დააყენეთ დამცველი ფარები.
3. შეამოწმეთ სამუშაო ადგილზე საშემდუღებლო აპარატურის განლაგება.
4. შეამოწმეთ უსაფრთხოების წესების შესრულება.
5. მოამზადეთ საშემდუღებლო აპარატურა, იარაღები და სამუშაო სამარჯვები.
6. მოამზადეთ შედუღებისათვის ნიმუშები ფოლადის ჭაგარისის საშუალებით, გაწმინდეთ შეერთების ადგილი ჟანგის, ზეთის, საღებავისა და სხვა ქუქუცისგან: აწარმოეთ შედუღებისათვის ნაწიბურების მორგება და აწყობა.
7. შეარჩიეთ საშემდუღებლო სანთურის ბუნეის ნომერი (ცხრილი 27).
8. შეარჩიეთ მისართი ლითონის მასალა და დიამეტრი (ცხრილი 26).
9. შეარჩიეთ აცეტილენისა და ჟანგბადის თანაფარდობა (ცხრილი 28).
10. შეარჩიეთ შედუღების ხერხი.
11. შეარჩიეთ საშემდუღებლო ალის გადაადგილების სიჩქარე

$$V \quad \frac{k}{\delta} \text{ მ/სთ ფორმულის მიხედვით,}$$

სადაც  $\delta$  შესადუღებელი ლითონის სისქეა, მმ-ობით,

$K$  — კოეფიციენტი, რომელიც უდრის 12-ს მარცხენა შედუღებისათვის და 15-ს მარჯვენა შედუღებისათვის;

12. შეარჩიეთ შესადუღებელ ზედაპირთან სანთურის ბუნეის დახრის კუთხე (ცხრილი 28).
13. მომართეთ საშემდუღებლო აპარატურა შერჩეული რეჟიმის მიხედვით.
14. აანთეთ სანთური, პირველად ოდნავ გააღეთ ჟანგბადის ონკანი და შებერვით გაასუფთავეთ სანთური, შემდეგ გააღეთ აცეტილენის ონკანი და ნარევი აანთეთ.
15. შერჩეული მეთოდის მიხედვით აწარმოეთ შედუღება.

16. ჩააქრეთ სანთური, ამისათვის ჭერ დაკეტეთ აცეტილენის ონკანი და შემდეგ შენგბადისა.

17. გარეგანი დათვალეობით შეამოწმეთ მიღებული ნაკერი.

18. მიღებული შედეგები შეიტანეთ სამუშაოს შესრულების ოქმში.

სამუშაოს შესრულების ოქმი

შესადღებელი ლითონის მარკა	შესადღებელი ლითონის ნიმუშების სისქე	შვერტების ტიპი	ბუნციის ნომერი	მისართი ლითონის მასალა და ლიაშეცრა	აცეტილენის წნევა, ატმ-ობით	ვენგბადის წნევა, ატმ-ობით	შედულების სანორმეტაციო სიჩქარე

19. შეადგინეთ პრაქტიკული სამუშაოს ანგარიში, მასში შეიტანეთ: დავალება, სამუშაოს მიზანი, მოწყობილობა და ნიმუშები, აირული საშემდღებლო აპარატის (PA ტიპის გენერატორი), FC ტიპის საშემდღებლო სანთურას რედუქტორის და წყლის საკეტის სქემები, მუშაობის მსვლელობა, სამუშაოს შესრულების ოქმი.

თ ა ვ ი X I

ლითონის ვრით დამუშავება

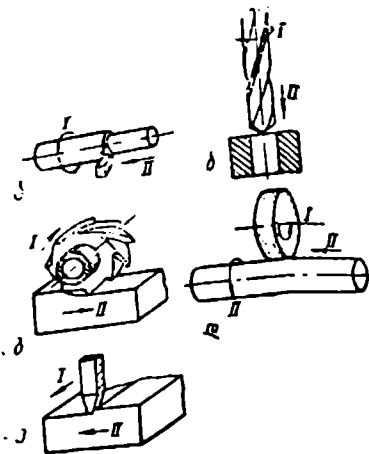
ლითონის ვრით დამუშავება დამუშავების ისეთ სახეს ეწოდება, როდესაც ნამზადისაგან მჭრელი იარაღის საშუალებით თხელი შრის ავრით სასურველი მოყვანილობის, ზომისა და სისუფთავის ნაკეთობა მიიღება.

ლითონის ვრით დამუშავების დროს ნამზადად იყენებენ სხმულებს, ნაგლინებს, ნაჭედებსა და ნატვიფრებს.

თხელ შრეს, რომელიც უნდა აიკრას ნამზადიდან მჭრელი იარაღით დამუშავების ნამეტი ეწოდება.

ლითონის ვრით დამუშავებას ხელით ან ლითონსაჭრელი ჩარხებით აწარმოებენ. ხელით ვრით დამუშავების სახეები (დანიშვნა, ჩეხა, ქლიბვა, ხეწა, აწყობა და სხვ.) საზეინკლო დამუშავებას მიეკუთვნება, ხოლო ლითონსაჭრელ ჩარხებზე ლითონის დამუშავების სახეები (ნახ. 134) — ჩარხვა (ა), ბურღვა (ბ), ფრეზვა (გ), ხეხა (დ) რანდვა (ე) და სხვ. — ლითონის მექანიკური ვრით დამუშავებას.

ტექნიკაში ლითონის ვრით დამუშავებას დიდი მნიშვნელობა აქვს. მანქანათმშენებლობაში მზა დეტალის ღირებულების 30—40% ვრით დამუშავებაზე მოდის. ამით აიხსნება ის, რომ შრომის ნაყოფიერების თუნდაც მცირე ზრდას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს ვრით დამუშავების საქმეში, რაც დამო-



ნახ. 134. ლითონის კრით დამუშავების ძირითადი სახეები

კიდებულია ლითონის კრით დამუშავების მეთოდებისა და პროცესების, ლითონსაკრელი იარაღებისა და ჩარხების მუშაობის ცოდნაზე.

ლითონის კრით მექანიკური დამუშავება სხვადასხვა მოძრაობის შეთავსების საშუალებით ხორციელდება. ეს მოძრაობები ძირითადად იყოფა კრის I და მიწოდების II მოძრაობებად. კრის მოძრაობის დროს ხდება ბურბუშელას აკრა; მიწოდების მოძრაობის დროს იარაღის მჭრელი პირი გადაადგილდება დასამუშავებელ მასალაში ბურბუშელას ახალი შრის ასაქრელად. ლითონის კრით დამუშავების იარაღებია: საკრისები, ბურღები, ფრეზები, სახეხი ქარგოლები და ა.შ.

### პრაქტიკული საშუალო № 6

#### საპრისის გამოგებრიული პარამეტრები და მათი გაზომვა

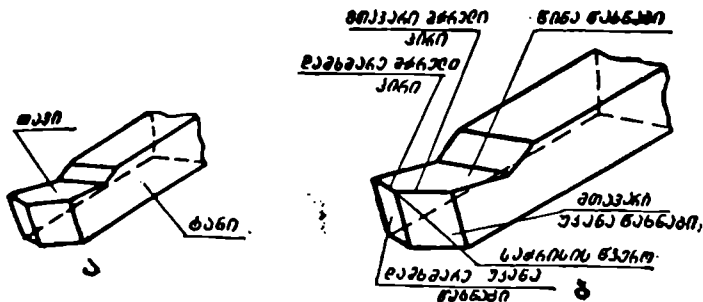
##### მოკლე თეორიული ცნობები

ლითონების კრით დამუშავებისათვის ძირითადი იარაღია საკრისი (ნახ. 135). სხვა სახის მჭრელი იარაღები წარმოადგენს საკრისის სახეცვლილებას.

საკრისი (ა) შედგება სამუშაო ნაწილისა (თავი) და ღეროსაგან (ტანი), რითაც საკრისის ამაგრებენ.

საკრისის თავის ნაწილებია (ბ): წინა წახნაგი, უკანა წახნაგი, მჭრელი პირები (ნაწიბურები) და წვერო.

წინა წახნაგი ეწოდება საკრისის ზედაპირს, რომელზედაც ჩამოდის ბურბუშელა.



ნახ. 135. საკრისი



უკანა წახნაგები (მთავარი და დამხმარე) საკრისის ზედაპირებია, რომლებიც მიმართულია ნამზადისაკენ.

მკრელი პირები წარმოიქმნება წინა და უკანა წახნაგების გადაკვეთით. მთავარი მკრელი პირი მიიღება წინა წახნაგისა და მთავარი უკანა წახნაგის გადაკვეთით. ხოლო დამხმარე მკრელი პირი — წინა წახნაგისა და დამხმარე უკანა წახნაგის გადაკვეთით.

საკრისის წვერო ეწოდება მთავარი მკრელი პირისა და დამხმარე მკრელი პირის შეუღლების ადგილს. საკრისის წვეროს, ჩვეულებრივ 0,1-დან 2-მმ-მდე რადიუსით ამრგვალებენ. კრის პროცესში მიწოდების მიმართულების მიხედვით საკრისები იყოფა მარჯვენა და მარცხენა საკრისებად (ნახ. 136).

მარჯვენა საკრისი ეწოდება საკრისს, რომელიც კრის მარჯვნიდან მარცხნივ მიწოდების დროს, ხოლო მარცხენა ეწოდება ისეთს, რომელიც კრის მარცხნიდან მარჯვნივ მიწოდებისას.

მარჯვენა და მარცხენა საკრისების გარჩევა ხელის წესითაც შეიძლება. საკრისის წინა წახნაგზე მარჯვენა ხელისგულის დადების დროს (იხე. რომ თითები მიმართული იყოს საკრისის წვეროსაკენ), თუ მთავარი მკრელი პირი მარჯვენა ხელის ცერი-საკენ აღმოჩნდა, საკრისი მარჯვენაა. ამავე წესით თუ მარცხენა ხელისგულს დაეადებთ საკრისის წინა წახნაგზე და აღმოჩნდება, რომ მკრელი პირი მარცხენა ხელის ცერისაკენ მდებარეობს. საკრისი მარცხენა იქნება.

საკრისის თავის ფორმისა და ღერძის მიმართ მისი მდებარეობის მიხედვით საკრისები იყოფა (ნახ. 137): სწორ, მოღუნულ. გაღუნულ და გაწეულთაიან საკრისებად.

სწორი საკრისის (ა) ღერძი სწორ ბაზს წარმოადგენს როგორც გეგმაში, ისე გვერდხედში.

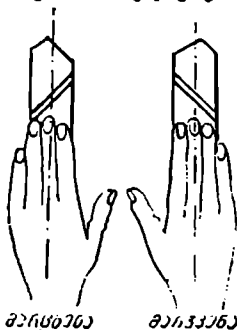
მოღუნული საკრისის (ბ) ღერძი გაღუნულია გეგმაში.

გაღუნული საკრისის (გ) ღერძი გაღუნულია გვერდხედში.

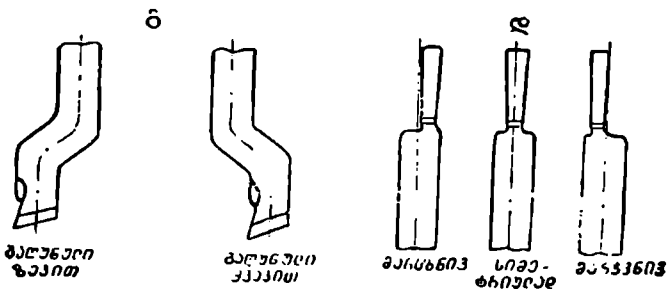
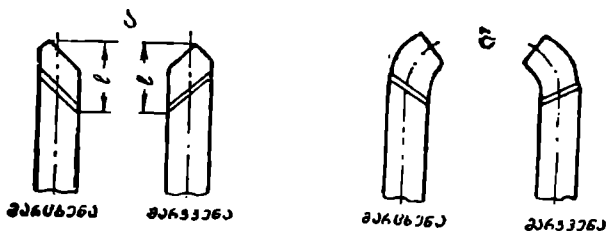
გაწეულთაიანი ეწოდება ისეთ საკრისებს, რომელთა თავი ტანზე უფრო ვიწროა (დ). ასეთი საკრისის თავი შეიძლება მდებარეობდეს ღერძიდან მარცხნივ, ღერძიდან სიმეტრიულად ან მარჯვნივ. დანიშნულების მიხედვით არსებობს: გამჟღავნებელი, მიმკრული, შიგნაჩარხი, გადაშვრელი და სხვა საკრისები, რომლებიც თავის მხრივ დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავის მიხედვით იყოფა შვე და სასუფთაო საკრისებად.

საკრისის თავის სიმაღლე h (ნახ. 138) უდრის საკრისის წვეროსა და საყრდენ ზედაპირს შორის მანძილს. გაზომილს საყრდენი ზედაპირის მართობულად. იგი შეიძლება იყოს დადებითი (ა) და უარყოფითი (ბ). საკრისის თავის სიმაღლე დადებითია, თუ საკრისის წვერო მდებარეობს საყრდენ ზედაპირზე ზევით (სახარატოსათვის) ან წინ (სარანდავისათვის); უარყოფითია, თუ საკრისის წვერო მდებარეობს საყრდენი ზედაპირის ქვევით ან უკან.

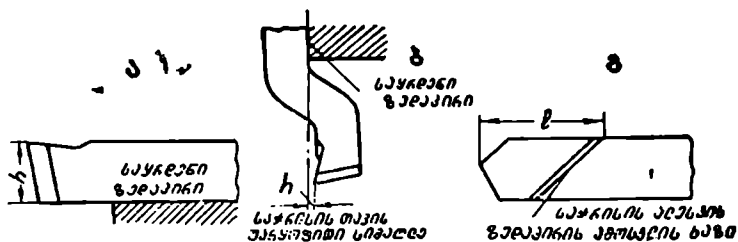
საკრისის თავის სიგრძე ეწოდება წვეროდან ალესვის ზედაპირის ამოსვლის ხაზამდე უდიდეს მანძილს (გ).



ნახ. 136. მარცხენა და მარჯვენა საკრისები



ნახ. 137. საჭრისები: ა — სწორი; ბ — მონუნული; გ — გაღუნული; დ — გაწეულთაიანი



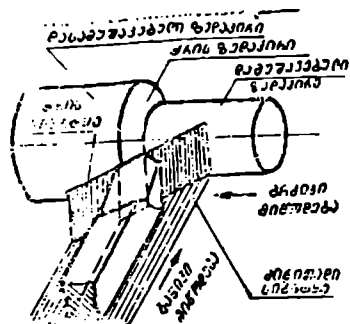
ნახ. 138. ა და ბ — საჭრისის თავის სიმაღლე, გ — საჭრისის თავის სიგრძე

ჭრის დროს ნამზადზე არჩევენ დასამუშავებელ, დამუშავებულ და ჭრის ზედაპირებს (ნახ. 139).

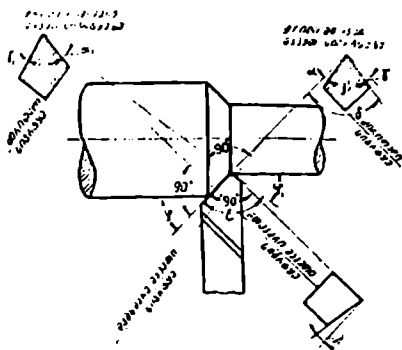
დასამუშავებელი ეწოდება ზედაპირს, რომელსაც უნდა ააქრან ბურბუშელა.

დამუშავებული ეწოდება ზედაპირს, რომელსაც უკვე ააქრეს ბურბუშელა.

ჭრის ზედაპირი ეწოდება ზედაპირს, რომელიც ნამზადზე უშუალოდ მჭრელი პირით იქმნება. იგი წარმოადგენს გარდამავალ ზედაპირს დასამუშავებელ და დამუშავებულ ზედაპირებს შორის.



ნახ. 139. ქრის ზედაპირების, ქრის სიბრტყისა და ძირითადი სიბრტყის სქემა



ნახ. 140. საჭრისის კუთხეები

საჭრისის კუთხეები. საჭრისის ალესის კუთხეების განსაზღვრისათვის დაღენილია შემდეგი სიბრტყეების ცნებები: ძირითადი სიბრტყე, ქრის სიბრტყე. აგრეთვე მთავარი მკვეთი სიბრტყე და დამხმარე მკვეთი სიბრტყე (ნახ. 140).

ძირითადი სიბრტყე ეწოდება გრძივ და განივ მიწოდებათა მიმართულ-ბების პარალელურ სიბრტყეს.

ქრის სიბრტყე ეწოდება სიბრტყეს, რომელიც ქრის ზედაპირის მხებია და გადის მთავარ მკრელ პირზე.

საჭრისის მთავარი კუთხეები იზომება მთავარ მკვეთ სიბრტყეში. რომელიც მთავარი მკრელი პირის ძირითად სიბრტყეზე გვეგმილის მართობია.

მთავარი უკანა  $\alpha$  კუთხე ეწოდება მთავარ უკანა წახნაგსა და ქრის სიბრტყეს შორის მოთავსებულ კუთხეს. მისი დანიშნულებაა შეამციროს ხახუნი ქრის ზედაპირსა და საჭრისის მთავარ უკანა წახნაგს შორის. ჩვეულებრივ უკანა კუთხე  $\alpha = 6-12^\circ$ .

წამახვის კუთხე  $\beta$  ეწოდება წინა წახნაგსა და მთავარ უკანა წახნაგს შორის კუთხეს. ეს კუთხე მით უფრო მეტია, რაც უფრო სალია მასალა.

მთავარი წინა კუთხე  $\gamma$  ეწოდება კუთხეს საჭრისის წინა წახნაგსა და მთავარ მკრელ პირზე გამავალ ქრის სიბრტყის მართობ სიბრტყეს შორის. წინა კუთხის შერჩევა ხდება დასამუშავებელი მასალის მიხედვით (რაც უფრო რბილია მასალა, მით უფრო მეტია  $\gamma$ ) და იცვლება 10-დან  $+40^\circ$ -მდე.

კუთხეს, რომელიც მოთავსებულია საჭრისის წინა წახნაგსა და ქრის სიბრტყეს შორის, ქრის კუთხე  $\delta$  ეწოდება. როცა წინა კუთხე დადებითია, საჭრისის მთავარ კუთხეებს შორის დამოკიდებულება შემდეგნაირია:

$$\begin{aligned} \alpha + \beta + \gamma &= 90^\circ; & \delta + \gamma &= 90^\circ; \\ \alpha + \beta &= \delta; & \delta &= 90^\circ - \gamma; \end{aligned}$$

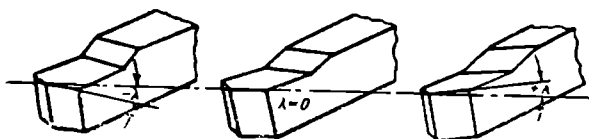
როდესაც  $\gamma$  უარყოფითია, მაშინ  $\delta = 90^\circ + \gamma$ .

ქრის კუთხე დამოკიდებულია დასამუშავებელ მასალაზე. იგი იცვლება  $50^\circ$ -დან  $90^\circ$ -მდე. საშუალოდ  $\delta = 65-75^\circ$ . ჩქაროსნული ქრის შემთხვევაში რადგან  $\gamma = -5-10^\circ$ , ამიტომ  $\delta = 95-100^\circ$ .

საქრისის დამხმარე კუთხეები  $\alpha_1$  და  $\gamma_1$  იზომება დამხმარე მკვეთ სიბრტყე-ში. რომელიც დამხმარე მკრელი პირის ძირითად სიბრტყეზე გეგმილის მარ-თობია.

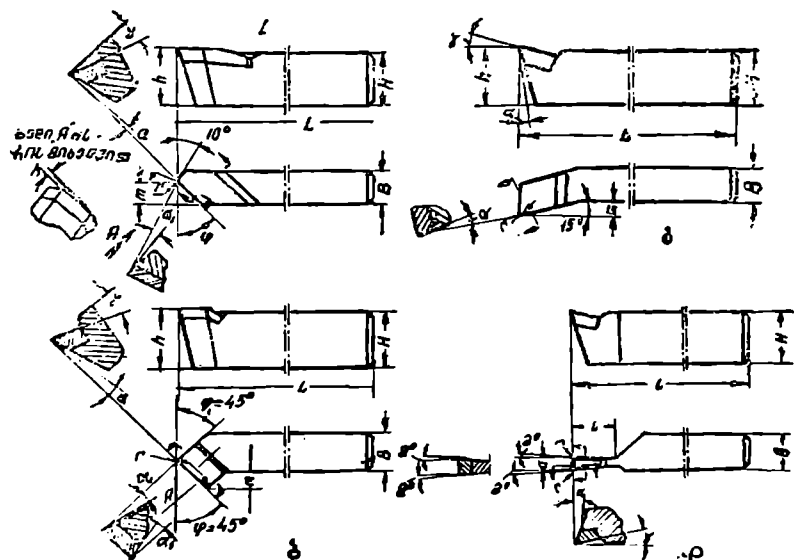
მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi$  ეწოდება ძირითად სიბრტყეზე მთავარი მკრე-ლი პირის გეგმილსა და მიწოდების მიმართულებას შორის მდებარე კუთხეს.  $\varphi$  იცვლება 30-დან 90°-მდე.

საქრისის მთავარი კუთხეები კრის პროცესში განიცდის ცვლილებას, რაც დამოკიდებულია საქრისის წვეროს ნაშზადის ღერძის მდებარეობაზე, ნაშზა-დის დიამეტრსა და მიწოდების სიდიდეზე.



ნახ. 141. მთავარი მკრელი პირის დახრილობის კუთხეები

დამხმარე კუთხე გეგმაში  $\varphi_1$  ეწოდება ძირითად სიბრტყეზე დამხმარე მკრელი პირების გეგმილსა და მიწოდების მიმართულებას შორის მდებარე კუ-თხეს ( $\varphi_1 = 15-30^\circ$ ).



ნახ. 142. სახარატო საქრისები სწრაფმკრელი ფოლადის ფირფიტებით: ა — გამგლევი სწო-რთაიანი; ბ — გამგლევი მოღუნულთაიანი; გ — მიმკრელი; დ — გადამკრელი

კუთხე წვეროსთან გეგმაში  $\varepsilon$  ეწოდება ძირითად სიბრტყეზე მთავარი და დამხმარე მკრელი პირების გეგმილებს შორის კუთხეს. კუთხეებს შორის დამოკიდებულება გეგმაში შემდეგნაირია:

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ.$$

მთავარი მკრელი პირის დახრილობის კუთხე  $\lambda$  (ნახ. 141) ეწოდება საკრისის წვეროდან ძირითადი სიბრტყის პარალელურად გავლებულ სიბრტყესა და მთავარ მკრელ პირს შორის მდებარე კუთხეს.

საკრისები არის მთლიანი და შედგენილი. შედგენილი საკრისის ტანი კეთდება ნახშირბადოვანი საკონსტრუქციო ფოლადისაგან, ხოლო მკრელი ნაწილი სწრაფმკრელი ფოლადისაგან ან სალი შენადნობების ფირფიტებისაგან (ნახ. 142).

საკრისის ფოლადის ტანთან ფირფიტების მიმაგრებას აწარმოებენ მაგარი რჩილით ან მექანიკური წესით.

საკრისების აღსვლის კუთხეების გაზომვას აწარმოებენ „მიზ“-ის კონსტრუქციის მაგიდის კუთხსაზომით ან სემიონოვის უნივერსალური კუთხსაზომით.

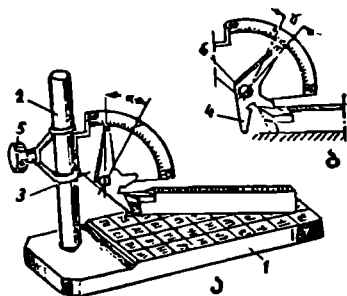
„მიზ“-ის კონსტრუქციის მაგიდის კუთხსაზომი (ნახ. 143) განკუთვნილია წინა ( $\varphi$ ), უკანა კუთხეების ( $\alpha$ ) და მთავარი მკრელი პირის დახრის კუთხის ( $\lambda$ ) გასაზომად.

კუთხსაზომის ფილა 1 საფუძვლის მოვალეობას ასრულებს, რომელზეც დგარია 2 მოთავსებული. დგარზე ჩამოკეპულია მოძრავი სკალის მოწყობილობა 3 და მჩვენებლიანი საბრუნე საზომი სახაზავები.

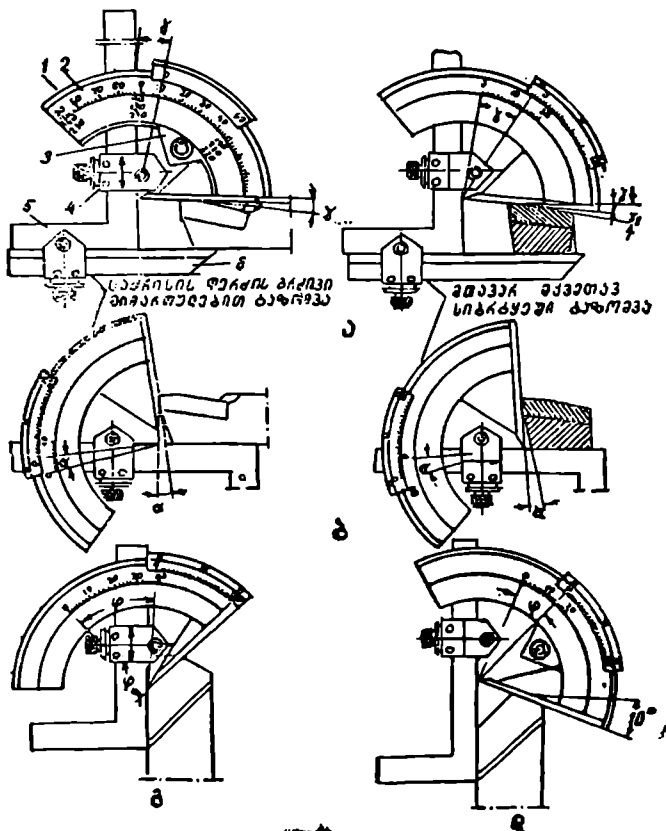
სკალის მოწყობილობა დგარზე მოძრაობს სასაზომო ღარაკის გასწვრივ და საკრისების შემთხვევაში შეუძლია დგარის 2 ღერძის ირგვლივ შემობრუნება და ხრახნის 5 მეშვეობით დაფიქსირება დგარის ნებისმიერ სიმაღლეზე. სკალის მოწყობილობაზე 3 მიმაგრებულია საზომი სახაზავები 4, რომელთა საკრისო მდგომარეობაში დაყენება ხრახნის 6 მეშვეობით ხდება.

სემიონოვის კონსტრუქციის უნივერსალური კუთხსაზომი (ნახ. 144). განკუთვნილია საკრისის წინა, უკანა და გეგმაში მთავარი და დამხმარე კუთხეების გასაზომად.

კუთხსაზომი შედგება სექტორისაგან 1, რომელზეც გრადუსული სკალაა. 2. სექტორზე გადაადგილდება ნონიუსიანი ფირფიტა 3. რომელზედაც დამკრისის 4 საშუალებით მაგრდება კუთხოვანი 5 სახსნელი მრუდთარგა სახაზავით. 6. კუთხსაზომის ძირითადი სკალა დაგრადულირებულია  $0-130^\circ$ -მდე, მაგრამ საზომი დეტალების სხვადასხვა გადაყენებით შეიძლება  $0-320^\circ$ -მდე გაზომვა. ათელის სიზუსტე ნონიუსის მიხედვით  $2-5'$ -ია. გრადუსული სკალის მიხედვით  $10'. 30'$ . 144-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სემიონოვის კუთხსაზომით წინა, უკანა, გეგმაში მთავარი და დამხმარე კუთხეების გაზომვის სქემები.



ნახ. 143. „მიზ“-ის კონსტრუქციის მაგიდის კუთხსაზომი: ა—კუთხსაზომით საკრისის უკანა კუთხის გაზომვა; ბ—წინა კუთხის გაზომვა.



ნახ. 144. სემიონოვის უნივერსალური კუთხსაზომი: ა—წინა კუთხის გაზომვა; ბ—უკანა კუთხის გაზომვა; გ და დ — გეგმაში მთავარი და დამხმარე კუთხეების გაზომვა

მათოღარი ვითითახავი პრაქტიკული სამუშაოს შესასრულაგლად

### I. დავალება

1. შეისწავლეთ საკრისის სხვადასხვა სახეები; 2. საკრისის მოდელზე შეისწავლეთ საკრისის მთავარი ნაწილები და გეომეტრიული პარამეტრები; 3. გაეცანით საკრისის გეომეტრიული პარამეტრების საზომ იარაღებს; 4. შეისწავლეთ საკრისის გეომეტრიული პარამეტრების გაზომვის ტექნიკა; 5. შეადგინეთ სამუშაოს ანგარიში.

### II. სამუშაოს მიზანი

სახარტო საკრისის სახეების, საკრისის გეომეტრიული პარამეტრების, მათი საზომი ხელსაწყოებისა და გაზომვის ტექნიკის პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და ნიმუშები

1. სახარატო საკრისის მოდელი; 2. სახარატო საკრისის კომპლექტი;
3. მთავარ მკვეთ სიბრტყეზე გაჭრილი სახარატო საკრისის მოდელი; 4. დამხმარე მკვეთ სიბრტყეზე გაჭრილი სახარატო საკრისის მოდელი; 5. შტანგენფარგალი ( $l=300$  მმ; გაზომვის სისუსტე 0,1 მმ); 6. ფოლადის დანაყოფებიანი სახაზავი ( $l=300$  მმ); 7. საკრისის გეომეტრიული პარამეტრების პლაკატი;
8. „მიზ“-ის კონსტრუქციის მაგიდის კუთხსაზომი; 9. სემიონოვის კონსტრუქციის უნივერსალური კუთხსაზომი.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. შეისწავლეთ საკრისი ნაწილები სახარატო საკრისის მოდელზე.
2. შეისწავლეთ საკრისების კლასიფიკაცია სახარატო საკრისების კომპლექტის მიხედვით.
3. შეისწავლეთ დეტალის ზედაპირები კრის პროცესში, კრის სიბრტყე, ძირითადი სიბრტყე და მთავარი მკვეთი სიბრტყეები.
4. გაეცანით საკრისის გეომეტრიულ პარამეტრებს.
5. შემოახაზეთ სახარატო სწორთაეიანი მარჯვენა საკრისის ესკიზი გეომეტრიული პარამეტრების ჩვენებით (იხ. პრაქტიკული სამუშაოს შესრულების ოქმი).
6. დანაყოფებიანი სახაზავის ან შტანგენფარგლის საშუალებით განსაზღვრეთ საკრისის ზომები —  $H$ ,  $B$ ,  $h$  და  $L$ .
7. „მიზ“-ის კონსტრუქციის კუთხსაზომით გაზომეთ საკრისის  $\alpha$ ,  $\gamma$  და  $\lambda$  კუთხეები.
8. სემიონოვის კონსტრუქციის უნივერსალური კუთხსაზომით გაზომეთ გვეგმაში მთავარი  $\varphi$  და დამხმარე  $\varphi_1$  კუთხეები.
9. გაიანგარიშეთ წამახვის კუთხე  $\beta$  და წვეროსთან  $\varepsilon$  კუთხე ფორმულებით:

$$\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma);$$

$$\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1);$$

10. გაიანგარიშეთ კრის კუთხე ფორმულით:

$$\delta = 90^\circ - \alpha.$$

11. გაზომვით მიღებული შედეგები შეიტანეთ სამუშაოს შესრულების ოქმში;
12. შეადგინეთ პრაქტიკული სამუშაოს ანგარიში და მასში შეიტანეთ: საკრისის სქემა მთავარი ნაწილების ჩვენებით და განმარტებებით; საკრისების კლასიფიკაცია მათი სქემებით; ესკიზები საკრისის თავის სიმაღლის და თავის სიგრძის ჩვენებით და განმარტებებით; კრის ზედაპირების, კრის სიბრტყის და ძირითადი სიბრტყის სქემა განმარტებებით; საკრისის კუთხეების სქემა განმარტებებით; მთავარი მჭრელი პირის დაბრილობის კუთხეების სქემები; სწრაფმჭრელი ფოლადის ფორფიტების მქონე სახარატო საკრისების ნახაზები: „მიზ“-ის კონსტრუქციის მაგიდის კუთხსაზომი; სემიონოვის კონსტრუქციის უნივერსალური კუთხსაზომი; საკრისის მთავარი გეომეტრიული პარამეტრების გაზომვის თანამიმდევრობა; სამუშაოს შესრულების ოქმი.

სამუშაოს შესრულების ოქმი

საქონლის ეტიკა	საქონლის დასახელება და ტიპი	შეკრული ნაწილის მასლა	ძირითადი ზომები BXHXL	წინა კუთხე ყ	უკანა მთავარი კუთხე ა	უკანა დამხმარე კუთხე ბ <sub>1</sub>	წამახვის კუთხე მ	ჭრის კუთხე ბ	მთავარი კუთხე გვ-მაში ფ	დამხმარე კუთხე გ-გმაში ფ <sub>1</sub>	კუთხე წყვიროსთან მ	მთავარი მჭკრელი პირის დახრა ა

პრაქტიკული სამუშაო № 7

ლითონსაპარელი ჩარხის კინემატიკური სქემის ჩარხთან შესწავლა, გაშლისა და შაიდალის ზრუნვა რისხევის გაანგარიშება

მოკლე თეორიული ცნობები

ლითონების დამუშავების მიხედვით ჩარხებს ყოფენ 10 ჯგუფად (0-დან 9-მდე): 1. სახარატო; 2. საბურღი; 3. სახეხი; 5. კბილდასამუშავებელი და კუთხვილდასამუშავებელი; 6. საფრეზი; 7. სარანდი და საწელავი; 8. გადასაქრელი; 9. სხვადასხვა სახის ჩარხებია.

0 და 4 ჯგუფი დატოვებულია თავისუფლად ლითონების დამუშავების ახალი სახის ჩარხებისათვის.

ავტომატიზაციის ხარისხის, მუშა ორგანოების რაოდენობისა და სხვ. მიხედვით ჩარხების თითოეულ ჯგუფს ყოფენ 10 ტიპად და თითოეულ ტიპს ჩარხების ზომების მიხედვით — 10 ტიპზომად.

ლითონსაქრელ ჩარხებს აქვს სამნიშნა ან ოთხნიშნა ნომერი, ნომრის პირველი ციფრი აღნიშნავს ჩარხის ჯგუფს, მეორე ციფრი — ჩარხის ტიპს (მოდელს), მესამე და მეოთხე ციფრები — ჩარხის ტიპზომას. თუ ჩარხი მოდერნიზებულია, მაშინ პირველ და მეორე ციფრებს შორის იწერება ასო A, B და ა. შ. თუ ჩარხმა შეიცვალა სახე ან ტიპი, მაშინ ასო იწერება ციფრების შემდეგ (მაგალითად, 1615M, 1K62, 1240).

ლითონსაქრელი ჩარხი შედგება ამძრავის, კრისა და მიწოდების მოძრაობის მექანიზმებისაგან.

ამძრავი ეწოდება მექანიზმს, რომლის საშუალებითაც მოძრაობის წყაროდან მოძრაობა გადაეცემა ჩარხის ამა თუ იმ ორგანოს. მაშასადამე, შეიძლება იყოს მთავარი. ანუ კრის მოძრაობის ამძრავი, მიწოდების ამძრავი და დამხმარე მოძრაობების ამძრავი.

თანამედროვე ჩარხებში უმეტესად გამოიყენება ინდივიდუალური ამძრავები, როდესაც ჩარხის მიმღები ლილვი მოძრაობას იღებს ცალკე ელექტროძრავიდან. ელექტროძრავა ჩარხის ამძრავ ლილვთან შეიძლება იყოს დაკავშირებული ღვედური ან კბილანა გადაცემით, ლილვთან უშუალოდ მიერთებუ-



ლი მილტუჩით ან კიდევ ისე, რომ ელექტროძრავას ლილვი წარმოადგენდეს ერთდროულად ჩარხის შპინდელს.

ჩარხის კინემატიკური სქემა შეიცავს კინემატიკური გადაცემების პირობით აღნიშვნებს. კინემატიკური სქემა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ჩარხის ყოველგვარი კინემატიკური დამოკიდებულებანი. ჩარხის კინემატიკური სქემის ძირითადი ელემენტების აღნიშვნები წარმოდგენილია I-ელ დანართში. კინემატიკურ სქემაზე უჩვენებენ აგრეთვე ელექტროძრავას ბრუნთა რიცხვებს და სიმძლავრეს, შივების დიამეტრებს. კბილანების კბილთა რიცხვებს, მოდულებს და ა. შ.

მთავარი კრის მოძრაობის მექანიზმი წარმოადგენს ძრავადან შპინდელამდე გადაცემათა ერთობლიობას. კრის მოძრაობის დანიშნულებაა უზრუნველყოს საჭირო კრის სიმძლავრე, რაც, თავის მხრივ, შპინდელის შესაბამისი ბრუნთა რიცხვებით მიიღება.

შპინდელის ბრუნთა რიცხვი გამოითვლება ფორმულით:

$$n = \frac{1000 V}{\pi D},$$

სადაც  $n$  არის შპინდელის ბრუნთა რიცხვი წუთში;

$V$  — კრის სიჩქარე მ/წთ-ობით;

$D$  — ნაშხადის დიამეტრი მმ-ობით;

თუ ჩარხზე მხოლოდ ერთი გარკვეული სამუშაო სრულდება, ე. ი. ჩარხი საეციალორია. მაშინ  $D$  და  $V$  მუდმივი სიდიდეებია და, მასასადამე,  $n$  მუდმივია. ჩვეულებრივ ნაშხადის დიამეტრი და დასაშვები კრის სიჩქარე ცვალებადი ზღვრული სიდიდეებია. შესაბამისად შპინდელის ზღვრული ბრუნთა რიცხვები განისაზღვრება ფორმულით:

$$n_{\text{ზღვ.}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{ზღვ.}}}{\pi D_{\text{ზღვ.}}} \text{ ბრ/წთ};$$

$$n_{\text{შ.}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{შ.}}}{\pi D_{\text{შ.}}} \text{ ბრ/წთ};$$

$n_{\text{ზღვ.}}$  არის ნაშხადის მინიმალური ბრუნთა რიცხვი, ბრ/წთ-ობით;

$n_{\text{შ.}}$  — ნაშხადის მაქსიმალური ბრუნთა რიცხვი, ბრ/წთ-ობით;

$V_{\text{ზღვ.}}$  — მინიმალური კრის სიჩქარე, მ/წთ-ობით;

$V_{\text{შ.}}$  — მაქსიმალური კრის სიჩქარე, მ/წთ-ობით;

$D_{\text{ზღვ.}}$  — ნაშხადის მაქსიმალური დიამეტრი, მმ-ობით;

$D_{\text{შ.}}$  — ნაშხადის მინიმალური დიამეტრი, მმ-ობით.

მოცემულ ზღვრებში ბრუნთა რიცხვების რეგულირება ხდება უსაფეხურო და საფეხურიანი ამძრავებით.

უსაფეხურო რეგულირების ამძრავების უპირატესობა ისაა, რომ ისინი საშუალებას იძლევა შეირჩეს ყველაზე ხელსაყრელი კრის სიჩქარე, რეგულირება შეიძლება ჩარხის გაუჩერებლად, მომსახურება და მართვა იოლია. თანამედროვე ჩარხებში გამოიყენება ელექტრული, ჰიდრავლიკური და მექანიკური რეგულირების ამძრავები.

თანამედროვე ჩარხებში უმთავრესად საფეხურიანი რეგულირების ამძრავ-

ვები გამოიყენება, რომელთა ბრუნთა (ან ორმაგვლათა) რიცხვი ჩვეულებრივ გეომეტრიული პროგრესიის რიგს შეადგენს:

$$n_1, n_2, n_3 \dots n_k.$$

თუ გეომეტრიული პროგრესიის მნიშვნელს აღნიშნავთ  $\varphi$  ასოთი, მაშინ ამ პროგრესიის კანონის თანახმად იგი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\varphi = \sqrt[k-1]{\frac{n_k}{n_1}},$$

სადაც  $k$  არის საფეხურების რაოდენობა;

$n_k$  — მაქსიმალური ბრუნთა რიცხვი;

$n_1$  — მინიმალური ბრუნთა რიცხვი.

მიღებულია  $\varphi$ -ს შემდეგი სტანდარტული სიდიდეები: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78 და 2.

საფეხურიანი რეგულირების ამქრავებიდან ყველაზე უფრო მარტივია ღვედური გადაცემა საფეხურიანი შკივებით, რომელიც შემორჩენილია მხოლოდ ძველი ტიპის ჩარხებში და აგრეთვე თანამედროვე ზუსტ ხელსაწყოთა მშენებლობაში გამოყენებულ ჩარხებზე. საფეხურიანი შკივების საფეხურების რაოდენობა ჩვეულებრივ არ აღემატება 5—6. შპინდელის ბრუნთა რიცხვების საფეხურების რაოდენობის გასადიდებლად საფეხურიანი შკივებით ღვედურ გადაცემას ხშირად ე. წ. გადაწვდომაც ემატება. ამ შემთხვევაში (ნახ. 145) ძრავას 1 შკვიდან 2 ღვედით 3 და შკვიით 4 მოძრაობა გადაეცემა ლილვს 9, რომელზედაც დამაგრებულია ოთხსაფეხურიანი შკივი 5. ეს უკანასკნელი ღვედით 6 შპინდელზე 8 თავისუფლად მბრუნავ ოთხსაფეხურიანი ბორბლით 7 თითის 14 ჩართვისას აბრუნებს შპინდელს 8 ოთხი სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვით. ბრუნთა საფეხურების გასადიდებლად საფეხურიან შკივთან აწყობენ გადაწვდომას. გადაწვდომა ეწოდება საფეხურიანი ბორბლის 7 მარცხენა მხარეს ყრუდ მიერთებულ კბილანას ( $Z_1$ ), შპინდელზე მარჯვნივ დამაგრებულ კბილანას ( $Z_4$ ) და გადაწვდომის ლილვაკზე 10 თავისუფლად მბრუნავ მილისაზე II დამაგრებულ  $Z_2$  და  $Z_3$  კბილანების ერთობლიობას.  $Z_2$  და  $Z_3$  კბილანები ლილვაკის 10 ყელების 12 ექსცენტრული მდებარეობის გამო სახელურის 13 მობრუნებით მოდებაში მოდის  $Z_1$ — $Z_4$  კბილანებთან. შპინდელისა 8 და შკივის 7 შეერთება-გამორთვა ხდება წკირის 14 საშუალებით. გადაწვდომით მუშაობისას წკირი 14 გამორთულია საფეხურიანი შკვიდან 7 და სახელურის 13 საშუალებით  $Z_2$ — $Z_3$  კბილანები ჩართულია  $Z_1$ — $Z_4$  კბილანებთან. ამის შედეგად მიიღება  $n_1, n_2, n_3, n_4$  ბრუნთა საფეხურები

$$\left( n_1 = n_3 \frac{d_1}{d_2} \cdot \gamma \frac{D_4}{D_1} \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \text{ ბრ/წთ და ა. შ. } \right)$$



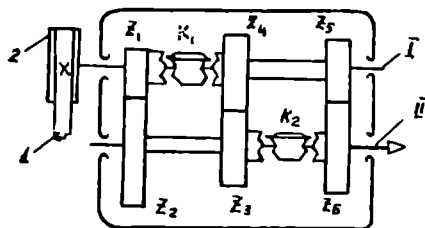
სადაც  $n_a$  არის ძრავას ბრუნთა რიცხვი წუთში;

$D_1$  — ძრავას შკივის დიამეტრი;

$D_2$  — პირველი ლილვის შკივის დიამეტრი;

$\gamma$  — ღვედის სრიალის კოეფიციენტი;

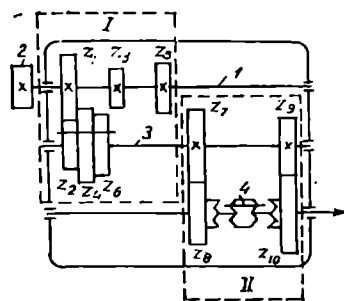
$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$  — კბილანების კბილთა რიცხვი.



ნახ. 146. ოთხსიქარიანი კოლოფი

საშუალო სიჩქარე	საშუალო სიჩქარე		შპინდელის ბრუნთა რიცხვი $n_{II}/\text{წთ}$
	$K_1$	$K_2$	
I	↘	↗	
II	↘	↗	
III	↘	↗	
IV	↘	↗	

147-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ექვსსიქარიანი კოლოფის კინემატიკური სქემა. სქემაზე ნაჩვენებია, რომ ლილვი 1 ბრუნვას იღებს ძრავიდან ღვედური გადაცემისა და შკივის 2 საშუალებით. სიჩქარეთა კოლოფს აქვს ორი კვანძი I და II. I კვანძი მოხრილად კბილანების ბლოკის საშუალებით 3 ლილვის სამ სხვადასხვა სიჩქარეს აძლევს; II კვანძი მუშტა ქუროს 4 საშუალებით შპინდელის სიჩქარეს კიდევ ორჯერ სცელის და, ამრიგად, შპინდელი 6 სხვადასხვა სიჩქარეს იღებს.



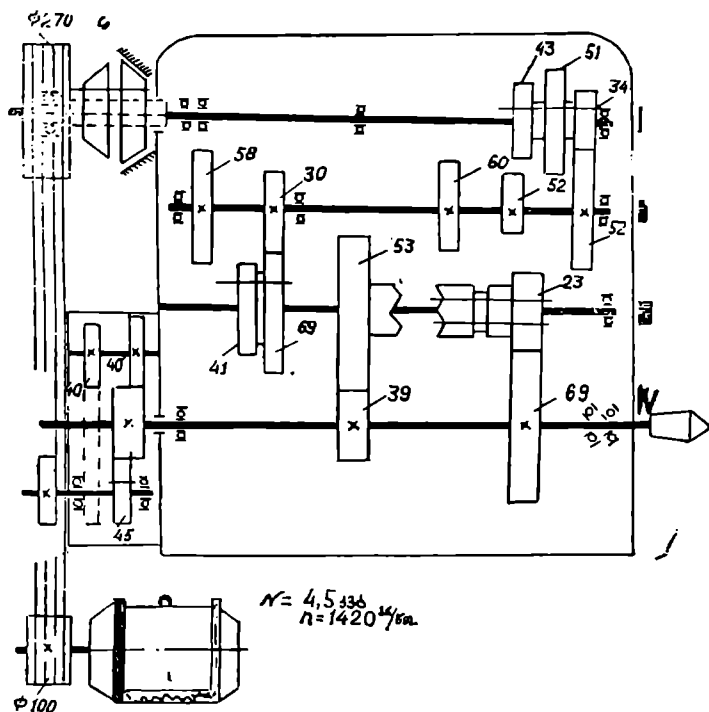
ნახ. 147. ექვსსიქარიანი კოლოფი

148-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სახარატო-ხრახნმჭრელი TH-20 ტიპის ჩარხის სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა; სქემაზე შპინდელის თორმეტი საფეხურის ბრუნთა რიცხვის გასაანგარიშებელი განტოლება ასეთი სახისაა:

$$n_{II} = 1420 \cdot \frac{100}{270} \begin{pmatrix} 34 \\ 88 \\ 43 \\ 60 \\ 51 \\ 51 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 30 \\ 66 \\ 58 \\ 41 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 23 \\ 69 \\ 53 \\ 39 \end{pmatrix} \text{ ბრ/წთ}$$

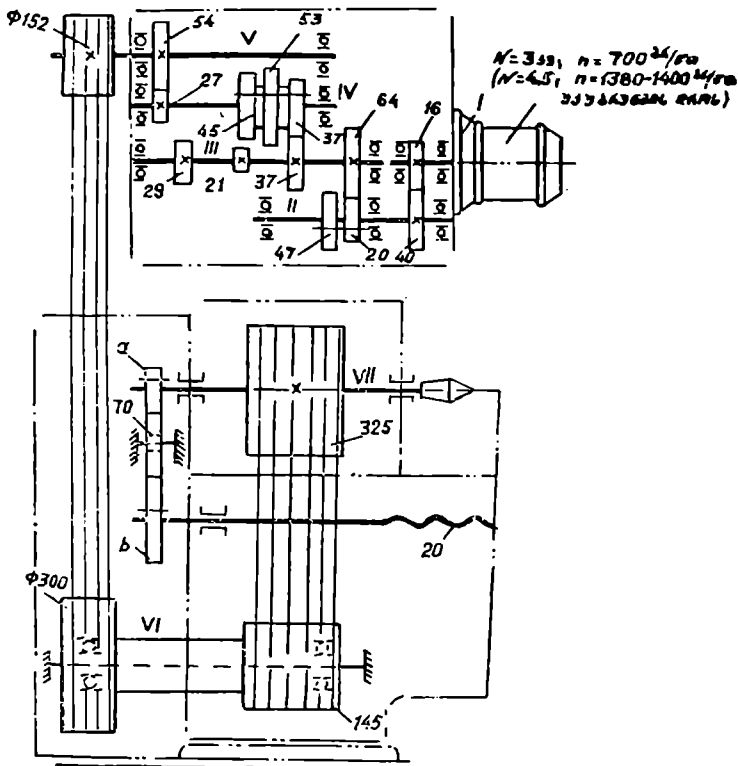
149-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სახარატო 1622 ტიპის ჩარხის სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა. სიჩქარის კოლოფის შპინდლის ექვსი საფეხურის ბრუნთა რიცხვის გასაანგარიშებელი განტოლება ასეთია:

$$n_{22} = n_2 \cdot \frac{16}{40} \cdot \frac{20}{64} \cdot \frac{47}{37} \cdot \frac{27}{29} \cdot \frac{27}{45} \cdot \frac{152}{54} \cdot \frac{145}{300} \cdot \frac{145}{325} \text{ ბრ/წთ}$$



ნახ. 148. სახარატო-ხრახნურელი TH-20 ტიპის ჩარხის კოლოფის კინემატიკური სქემა.

1-ელ დანართზე წარმოდგენილია კინემატიკური სქემების ელემენტების აღნიშვნები. 2, 3 და 4 დანართებზე ნაჩვენებია სახარატო ხრახნურელი 1K62, ვერტიკალური საბურღი 2150 და უნივერსალურ-საფრეზი 6H81 ტიპის ჩარხების კინემატიკური სქემები.



ნახ. 149. სახარატო-ხარხხმქრელი 1662 ტონის ჩარხის სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა

### მეთოდური მითითებები პრაქტიკული სამუშაოს შესასრულებლად

#### I. დავალება

1. დახაზეთ რვა სიჩქარიანი ამძრავი ლედური გადაცემით და გადაწვლით, ოთხი- და ექვსსიჩქარიანი კოლოფები, დაწერეთ სიჩქარეთა საფეხურების ბრუნთა რიცხვების გასაანგარიშებელი ფორმულები; 2. გაარჩიეთ ჩარხთან მოცემული ჩარხის კინემატიკური სქემა, შეამოწმეთ კბილთა რიცხვები და შეკეთა დიაგრამები; 3. დახაზეთ მოცემული ჩარხის კინემატიკური სქემა, გაიანგაროშეთ სიჩქარის საფეხურების ბრუნთა რიცხვები; 4. შეადგინეთ პრაქტიკული მეცადინეობის ანგარიში.

#### II. სამუშაოს მიზანი

ლოთონსაქრელი ჩარხების კინემატიკური სქემების და შპინდელის ბრუნთა რიცხვების გაანგარიშების პრაქტიკული შესწავლა.

### III. ხელსაწყოები და იარაღები

1. ჩარხი (ან კვანძი) ლევდური გადაცემით, საფეხურიანი შკივებით და გადაწვდომით; 2. ოთხსაფეხურიანი სიჩქარის კოლოფი მუშტა ქუროებით; 3. ოთხსაფეხურიანი სიჩქარის კოლოფი ფრიქციული ქუროებით; 4. ოთხსაფეხურიანი სიჩქარის კოლოფი მოსრიალე კბილანებით; 5. TH-2 სახარატო ხრახნმკრელი ჩარხის სიჩქარის კოლოფი; 6. სახარატო ჩარხის 1622 სიჩქარის კოლოფი; 7. სახარატო-ხრახნსაპრელი 1K62 ტიპის ჩარხი; 8. შტანგენფარგალი; 9. დანაყოფებიანი სახაზავი; 10. დასახელებული სიჩქარეთა კოლოფების და ჩარხების და აგრეთვე საფრეზი და საბურღი ჩარხების კინემატიკური სქემების პლაკატები.

### IV. მუშაობის მსვლელობა

1. პლაკატის გამოყენებით შეისწავლეთ ლითონსაპრელი ჩარხების კინემატიკური სქემის აღნიშვნები და ჩაიხაზეთ ისინი.

2. გადაწვდომიან ჩარხთან (ან კინემატიკური სქემის პლაკატის გამოყენებით) დახაზეთ კინემატიკური სქემა და დაწერეთ ბრუნთა რიცხვების გასაანგარიშებელი გადაცემის ფარდობები.

3. კვანძის ან პლაკატის მიხედვით დახაზეთ ოთხ- ან ექვსსიჩქარიანი სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა და დაწერეთ ბრუნთა რიცხვების გასაანგარიშებელი გადაცემის ფარდობები.

4. გულდასმით გაარჩიეთ მოცემული სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა ჩარხის სიჩქარის კოლოფთან უშუალო შედარების გზით.

5. დახაზეთ მოცემული ჩარხის სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა.

6. დათვალეთ ჩარხის სიჩქარის კოლოფის კბილანების კბილთა რიცხვები და შეადარეთ კინემატიკურ სქემაზე ნაჩვენებ კბილთა რიცხვებს.

7. გაზომეთ ამძრავის შკივების დიამეტრები და შეადარეთ კინემატიკურ სქემაზე ნაჩვენებს.

8. შეადარეთ ჩარხის ძრავას სიმძლავრე და ბრუნთა რიცხვი კინემატიკურ სქემაზე ნაჩვენებს.

9. დაწერეთ მოცემული სიჩქარის კოლოფის ბრუნთა რიცხვების გასაანგარიშებელი განტოლება:

$n_{\text{გა.}} =$

10. ჩამოწერეთ შპინდლის ბრუნთა რიცხვების გასაანგარიშებელი გადაცემის ფარდობები და გაიანგარიშეთ ისინი.

$i_1 =$

$i_2 =$

$i_3 =$

და ა. შ.

11. მიღებული ბრუნთა რიცხვების მნიშვნელობები შეადარეთ ჩარხის შპინდლის ბრუნთა რიცხვებს.

12. პლაკატის გამოყენებით გაარჩიეთ 1K62 ტიპის ჩარხის კინემატიკური სქე-

მა, ივარჯიშეთ სიჩქარის კოლოფის ბრუნთა რიცხვების გადაცემების და მიწოდებათა მექანიზმის მოძრაობების გარკვევაზე.

13. შეადგინეთ პრაქტიკული მეცადინეობის ანგარიში, მასში შეიტანეთ: დავალება; სამუშაოს მიზანი; ხელსაწყოები და იარაღები; პრაქტიკული მუშაობის მსვლელობა; უმარტივესი ამძრავის კინემატიკური სქემა (რეასიჩქარიანი ლევდური გადაცემა საფეხურიანი ბორბლებით და გადაწედომით); ოთხ ან ექვს-სიჩქარიანი (მასწავლებლის მითითებით) სიჩქარის კოლოფის კინემატიკური სქემა; ერთ-ერთი ჩარხის სიჩქარეთა კოლოფის (მასწავლებლის მითითებით) კინემატიკური სქემა და შპინდელის გაანგარიშებული ბრუნთა რიცხვები.

## თ ა ვ ი x i i

### ცნობები უსაფრთხოების ტექნიკის შესახებ

უსაფრთხოების ტექნიკაში გათვალისწინებულია ისეთი პირობების შექმნა, რომლებიც გამორიცხავს უბედურ შემთხვევებს ამა თუ იმ სამუშაოს შესრულების დროს.

უბედური შემთხვევა შეიძლება მოხდეს, როცა მომუშავეს არა აქვს იარაღის ხმარების საჭირო გამოცდილება. უბედურ შემთხვევათა მიზეზია აგრეთვე მომუშავეთა მიერ სასწავლო სახელოსნოებში და ლაბორატორიებში უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქციისა და შინაგანაწესის მიმართ უყურადღებო დამოკიდებულება.

ყველა მომუშავე ვალდებულია იცოდეს უსაფრთხოების წესები და შესაბამისი უბნის შინაგანაწესი ამა თუ იმ ლაბორატორიული და პრაქტიკული სამუშაოს შესრულების დროს.

ქვემოთ მოგვყავს უსაფრთხოების ტექნიკის ზოგიერთი წესი და მითითება.

### უსაფრთხოების ღონისძიებათა ელემენტარული დამატების თავიდან ასაბუთება

სასწავლო სახელოსნოების საამქროებში და ლაბორატორიებში მრავალნაირი ელექტრული დანადგარი და ხელსაწყოა. ელსადენებთან ან ელექტრო-დანადგარებთან მუშაობის დროს საჭიროა განსაკუთრებული სიფრთხილე.

ელექტროდენით დამარცხება შეიძლება ელექტრული წრედის გაუმზოლოებელ ნაწილებთან შეხებისას. ადამიანის ორგანიზმის ელექტროდენისადმი წინააღმდეგობა ნაკლებია დალილობის დროს, როცა გვაცვია გაცვეთილი ფეხსაცმელი და სველ იატაკზე მუშაობისას. ასეთ შემთხვევებში ადამიანისათვის 24 ვოლტის ძაბვაც კი შეიძლება საშიში გახდეს. 0,01-მდე ამპერის დენის ძალა ადამიანში იწვევს მტკივნეულ შეგრძნებას, ხოლო 0,1 ამპერი და მეტი ძალის დენი სასიკვდილოა.

ელექტრული დენით დაზიანებისაგან დასაცავად სასწავლო სახელოსნოებში და ლაბორატორიებში ხორციელდება ღონისძიებები:



1. შემოიზღუდება ყველა შიშველი სადენი და ელექტრული მოწყობილობის დენგამყვანი ნაწილები;

2. გამხოლოვდება ყველა სადენი და ელექტრომოწყობილობა, თანაც ხდება შეხება სამუშაოს შესრულების დროს (გამნათებელი მოწყობილობა, ელექტრული ხელსაწყოები);

3. უნდა დაიკეტოს ჩამარაზები და დამცველები დამფარავი გარსაცმებით;

4. სამუშაო ადგილებთან გაიკრას გამაფრთხილებელი პლაკატები, ნიშნები და წარწერები;

5. ელექტროამპრაიანი მანქანების, ჩარხების ან ხელსაწყოების შეკეთებისას დენი გამოირთოს;

6. თუ მოწყობილობასთან შეხების დროს შეიმჩნევა დენის დარტყმა ამის შესახებ დაუყოვნებლივ უნდა განეცხადოს ხელმძღვანელს ან ლაბორანტს.

ელექტროდენით დამარცხების დროს დაზარალებული დაუყოვნებლივ უნდა განეცალკევოს დენის სადენისაგან და შემდეგ მოიყვანოს გრძობაზე; დაზარალებულის ელსადენისაგან გამოცალკევება ხორციელდება შემდეგი ხერხებით:

1. გამორთავენ ჩამარაზებს, გამომრთველებს და დამცველებს; თუ რაიმე მიზეზის გამო ამის გაკეთება არ შეიძლება; ხოლო დაზარალებულის სადენისაგან ან დენგამყვანი ნაწილებისაგან მოწყვეტა შეუძლებელია, სადენს გამორთავენ სპეციალური გამხოლოვებელი სახელურის მქონე მანქანით, ან კიდევ სადენებს გადაჰკრიან ცულით;

2. სადენებისაგან დაზარალებულის მოწყვეტის მიზნით აუცილებელია შემთხვევაში არ შეიძლება მის ტანზე შიშველი ხელების მოკლება. აუცილებლად საჭიროა გამოვიყენოთ რეზინის ხელთათმანები ან კალშები. ან რეზინის ქვესადები. წინააღმდეგ შემთხვევაში თვით შიშველი შეიძლება გახდეს ელექტროდარტყმის მსხვერპლი;

3. სპეციალურ საშუალებათა უქონლობის დროს დაზარალებული სადენებს შეიძლება მოვაშროთ მშრალი ხის ჯოხით ან მშრალი თოკის დახმარებით;

4. თუ დაზარალებული სადენს მაგრად უჭერს ხელებს და მისი განთავისუფლება შეუძლებელია, საჭიროა იგი აიწიოს და მიწიდან განმხოლოვდეს მშრალი ფიცრის ან რეზინის საფენის ქვეშ დადებით, ამით წყვეტავენ დაზარალებულის ტანში გამაყალ დენს. როცა დაზარალებული განთავისუფლდება დენის მოქმედებისაგან, საჭიროა მას მაშინვე ხელოვნური სუნთქვა ჩაუტარდეს.

**უსაფრთხოების ღონისძიებები ლითონების მანქანების მანქანების  
თვისაგანის გამოცდის დროს**

1. მექანიკური თვისებების გამოცდის მანქანებზე მუშაობა ხელმძღვანელის გარეშე დაუშვებელია;

2. გამკვირვებულ წინებებზე დაყენებულ ნიშნებს უნდა გაუკეთდეს დამცავი გარსაცმები;

3. გამკვირვებულ წინებებზე გამოცდის დროს მომუშავენი წინხიდან დაშორებული უნდა იყვნენ 1,5—2,0 მეტრით.

4. ნიმუშის დაყენების დროს ლაბორატორიულ ურნალზე მუშაობისას ურნალი უნდა იყოს დაკეტილ მდგომარეობაში;

5. გამოცდის მომენტში ურნალის დამცავი ბადის შიგნით მომუშავეები არ დაიშვება.

#### უახვართოვანის ღონისძიებაში თარაული დაუზავანის დროს

აირი ხშირად გამოიყენება ღუმელების გასახურებლად. უნდა გვახსოვდეს, რომ ჰაერში შერეული აირი საშიშია, მოწამვლისა და აფეთქების (4-დან 15%-მდე) მხრივ. აირით ღუმელების მუშაობისას საჭიროა დაცული იქნეს შემდეგი წესები:

1. აირსადენებიდან აირის ეონვა უნდა შემოწმდეს არა ცეცხლით, არამედ საპნის წყალხსნარით;

2. ღუმლის ანთებისას უნდა გაიკეთოთ სათვალე და დადგეთ გვერდით;

3. ღუმლის გაჩერებისას ჯერ გამორთეთ ჰაერის მოწოდება და შემდეგ აირისა;

4. აირით მოწამვლისას საჭიროა: ა. გამოიყენოთ დაზარალებული ჰაერზე, გაუხსნათ ტანსაცმელი და სამედიცინო დახმარებამდე არ მისცეთ ძილის საშუალება; ბ. დაუყოვნებლივ შეუდგეთ ხელოვნური სუნთქვის ჩატარებას.

თერაპული დამუშავების დროს დაცული უნდა იქნეს შემდეგი წესები:

1. ორთქლით ან ზეთით დამწვრობის თავიდან ასაცილებლად გამკოლო ნახვრეტის მქონე გრძელი დეტალები გამაცივებელ სითხეში ჩაშვებული უნდა იქნეს ისე, რომ ნახვრეტი იყოს განზე გაწეული.

2. ჰაერის ჰაელით გაცივება უნდა შესრულდეს სათვალეების და დამცავი ბადის გამოყენებით.

3. ცხელი ზეთის აბაზანაში არ უნდა ჩაიტვირთოს სველი დეტალები.

#### უახვართოვანის ღონისძიებაში სახსნალო წარმოების დროს

სამსხმელო წარმოებაში უსაფრთხო და ჯანსაღი პირობების შექმნა უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს.

სამსხმელო წარმოების დროს უსაფრთხოების ტექნიკის ზოგიერთი წესია:

1. ხელით ნიღაღში ყალიბობისას გრუნტის წყლები მიწის ზედაპირიდან უნდა იქნეს არა ნაკლებ 1,5 მ სიღრმეზე.

2. სამსხმელო საამქროებში უნდა იქნეს საკმაო სივანის გასასვლელები (1,6—2 მ) და არ უნდა იყოს ისინი ჩახერგილი.

3. სიმძიმეთა გადატანაზე არ დაიშვება მოზარდები 16 წლამდე. ტვირთის გადატანის ნორმა ქალებისათვის 20 კგ-მდეა, ორისათვის 50 კგ-მდე; მოზარდული მაჰაკაცებისათვის ნორმა შეადგენს 50 კგ. ტვირთის გადამტანები უზრუნველყოფილნი უნდა იქნენ ხელთათმანებითა და შესაფერისი ფეხსაცმლით. თხევადი ლითონის გადამტანებმა უნდა ატარონ დამცველი სათვალეები და თექის ჩექმები. შარვალი გადმოშვებული უნდა იქნეს ჩექმის გარეთ, ხოლო ქურთუკი კი შარვლის გარეთ, რათა თხევადი ლითონის მოხვედრისას ადვილად ჩამოგორდეს მისგან. ციციხეები კარგად უნდა იყოს გამოშრალი. არ შეიძლება გაავსოს ისინი თხევადი ლითონით მისი სიმაღლის 7/8-ზე უფრო მაღლა.

4. ყალიბის ავსებისას ჩამსხმელმა ციცივი ისე უნდა დაიჭიროს, რომ შემთხვევით გადმოდერილი ლითონი არ მოხვდეს მას ფეხებზე.

5. ჩასხმის დამთავრებისთანავე საჭიროა ლითონის ნარჩენები მისთვის განკუთვნილ ბოყვში ციცივიდან ჩაისხას. ლითონის ნარჩენთა იატაკზე დაღვრა მით უმეტეს გასასვლულების ახლოს დაუშვებელია, რადგან ცხელ ლითონზე ფეხის დადგმით ადვილად მიიღება დამწვრობა.

#### უსაფრთხოების ღონისძიებები ელექტრორკალით ზედღაბის დროს

ელექტრორკალი ასხივებს ხილვად სინათლის ინტრაწითელ და ულტრა-ისფერ სხივებს.

სინათლის ხილვადი სხივები დამაბრმავებლად მოქმედებს და აზიანებს თვალის გარსს. ულტრაიისფერი სხივები ცუდად მოქმედებს თვალეზე და სახის კანზე. იწვევს თვალების ძლიერ ტკივილს (სილის ჩაყრის მსგავსი) და ცრემლდენას. ინტრაწითელ სხივებს შეუძლია გამოიწვიოს სიღამწვრე.

იმისათვის, რომ დავიცვათ ელექტრორკალის სხივებისაგან მომუშავე და ირგვლივ მყოფები საჭიროა შემდეგი ღონისძიებების მიღება:

1. შედუღების ადგილი შემოიღობოს გადასატანი ფარებით ან ფარდებით;
2. მუშაობის დროს სახე დაფარული უნდა იქნეს ფარით ან მუზარადით;
3. დაუშვებელია ფარიკის ან მუზარადის სპეციალური მინის შეცვლა გარედან შეღებილი მინით;

4. შედუღების დროს კანი დაცული უნდა იქნეს სპექტანსაცმლით, ის პირები, რომლებიც იმყოფებიან შემოღობილ სამუშაო ადგილთან ახლოს უნდა ატარონ მუქი სათვალეები. ხოლო ისინი კი რომლებიც უშუალოდ იმყოფებიან შედუღების ადგილზე, უნდა ატარონ ფარია ან მუზარადი.

5. მომუშავემ რკალის ანთების დროს უნდა გააფრთხილოს ახლო მყოფი პირები სიტყვებით „გაუფრთხილდი თვალებს“.

6. იქ სადაც სრულდება საშემდუღებლო სამუშაოები უნდა იყოს გამოკრული გამაფრთხილებელი პლაკატები და წარწერები.

7. თვალის დაზიანების შემთხვევაში დაუყოვნებლივ უნდა მიემართოთ სამედიცინო პუნქტს ან მაშინვე თვალეები გამოვირეცხოთ სოდის სუსტი ხსნარით.

8. დახურული ან ღია რკალით შედუღების დროს ხდება პაერის გაქუქვიანება მანგანუმის, სილიციუმის და სხვა ელემენტების ქანგეულებით, რაც შეიძლება გახდეს ზოგიერთი ავადმყოფობის გამომწვევი მიზეზი, ამიტომ ელექტრორკალით შედუღების დროს აუცილებელია გამოვირეცხოთ მოწყობილობის გამოყენება.

9. ელექტრორკალით შედუღების დროს შესაძლებელია ელექტროდენით დამარცხებაც. ეს რომ არ მოხდეს საჭიროა ყველა საშემდუღებლო აპარატისა და მაგიდის საიშედო დამიწება. მომუშავე უნდა იყოს უზრუნველყოფილი რეზინის ნივთებით, სპექტანსაცმლითა და ბრუნენტის ხელთათმანებით. საშემდუღებლო კაბელი საიშედოდ უნდა იყოს განმხოლოებული. ელექტროდის დამპერის სახელური უნდა იყოს დამზადებული ელექტრო და სითბოსაიზოლაციო მასალისაგან.

## უსაფრთხოების ღონისძიებები კონტაქტური ვეფუღების დროს

კონტაქტური შედეგების დროს საჭიროა მომუშავე დაეიცვათ ელექტროდენისაგან, გამდნარი ლითონის ნაპერწკლებისა და განაშხეფებისაგან, ნამწვი აირების მევენე მოქმედებისაგან და სხვა.

ელექტროდენისაგან თავი რომ დაეიცვათ საჭიროა:

1. საშემდღებლო მანქანის კორპუსის დამიწების შემოწმება;
2. საშემდღებლო ტრანსფორმატორის პირველადი ხეიის იზოლაცია გამოიკადოს არა უმცირეს 1500 ვოლტის ძაბვით;
3. რეგულარულად შემოწმდეს დენგამტარი ნაწილების იზოლაცია და არ მოხდეს მისი მექანიკური დაზიანება;
4. პირველადი წრედის დენგამტარი ნაწილები განმხოლოვდეს, ხოლო ჩანარზე და გადამრთველები დაიხუროს დამფარავი ვარსაცმებით;
5. ყველა სადენი, რომელთანაც შეიძლება მოხდეს მუშაობის დროს შეხება უნდა იყოს არაუმეტეს 36 ვოლტი ძაბვის ქვეშ.

სხეულის დაწვისაგან დაცვის მიზნით საშემდღებლო მანქანებს აქვს მოსახსნელი დამცავი ეკრანი. გარდა ამისა მომუშავე უნდა იყოს სპეციალური სათვალთა და პრეზენტის ხელთათმანით.

კონტაქტური შედეგების დროს გამოყოფილი ნამწვი აირებისა და მტვრის მოშორება უნდა ხდებოდეს გამწოვი მოწყობილობის საშუალებით.

## უსაფრთხოების ღონისძიებები აირით ვეფუღების დროს

აირით შედეგებისათვის განკუთვნილი დანადგარებისა და ხელსაწყოების ექსპლუატაციის დროს საჭიროა მკაცრად დაეიცვათ უსაფრთხოების წესები.

1. დაუშვებელია აირის იმ ბალონების ხმარება, რომლებსაც ბარილელი გამოცდის ვადა გასული აქვთ. ბალონების ხმარების ვადას ტექნიკური ინსპექცია ამოწმებს.

2. დაუშვებელია ჟანგბადით გავსებული ბალონის გახურება. არ შეიძლება მისი მზეზე დადგმა ან სითბოს წყაროსთან ახლოს მოთავსება;

3. დაუშვებელია ბალონებზე დარტყმები, ბალონის დაგდება, მისი უხეშად მოძრაობა. შედეგების ადგილზე ბალონს ვერტიკალურად აყენებენ და ამაგრებენ;

4. დაუშვებელია რედუქტორის შეხეთვა. ხრახნსაცობის და რედუქტორის შეთბობა ყინულის შრის დადების შემთხვევაში შეიძლება მხოლოდ ცხელი წყლით.

5. აცეტილენის გენერატორი უნდა ვამუშაოთ იქ სადაც კარგი ვენტილაციაა. მისი დაყენება არ შეიძლება 10 მეტრზე ახლოს ცეცხლის ალთან, ან ძლიერ გახურებულ საგნებთან. არ შეიძლება გენერატორთან ასანთის ანთება და თამბაქოს წევა.

6. მუშაობის დაწყების წინ უნდა შემოწმდეს შლანგები და წყლის საკეტი;

7. სანთურის ონკანები მჭიდროდ უნდა იკეტებოდეს. დაუშვებელია ანთებული სანთურის ხელიდან გაშვება ან დადება.

## უსაფრთხოების წესები ლითონების ჰრით დაფუძვლების დროს

უბედური შემთხვევების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა დაცული იქნეს უსაფრთხოების ტექნიკის წესები, რომელთაგან ზოგიერთი მათგანი მთავარია, მაგალითად

1. ჩარხზე მუშაობის დროს არ შეიძლება თავისუფალი ტანსაცმლის ტარება;
2. გრძელი თმები უნდა დავმალეთ თავსახვევით;
3. უნდა გამოვიყენოთ დამცავი და შემომზღუდავი მოწყობილობა;
4. მუშაობა უნდა წარმოებდეს დამცავი სამარჯვებით: ფოლადის მაღალი სიჩქარეებით ჰრის დროს გამოყენებული უნდა იქნეს ბურბუშელა სამტერევი, მყიდვე ლითონების (თუჯის, ბრინჯაოს და სხვ.) დროს — დამცავი სათვალე ან დამცავი ფარი.
5. დეტალების ცენტრებზე დამუშავებისას უნდა გამოვიყენოთ უსაფრთხო სამართი ან უსაფრთხო მუშტა ვაზნები.
6. ჩქარული ჩარხვის დროს აუცილებელია მბრუნავი ცენტრების გამოყენება.
7. არ უნდა გადაიტვირთოს გასასვლელები.
8. არ უნდა ხდებოდეს ვაზნის ხელით დამუხრუჭება.
9. ყოველგვარი დაზიანებისას საჭიროა სასწრაფოდ მიმართოს მედპუნქტს დახმარებისათვის, ხოლო სერიოზულ შემთხვევაში გამოვიძახოთ სასწრაფო დახმარება.
10. ბურბუშელის, მტერის და სხვ. თვალში მოხვედრისას არ შეიძლება ექიმის გარეშე აწოდება.


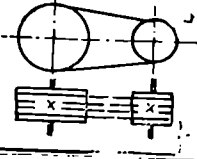
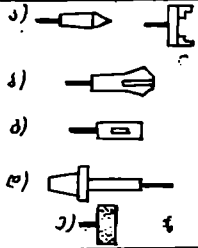
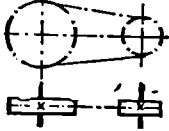
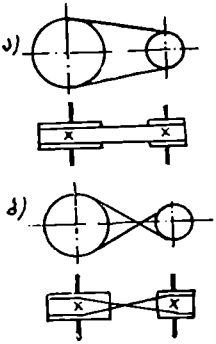
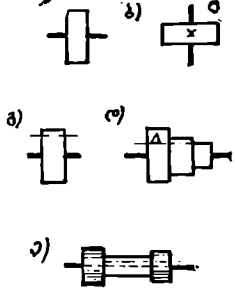
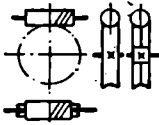
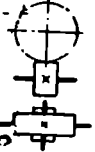
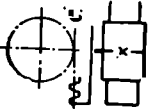
## ხანძრისა და ავარიების დროს ღონისძიებები


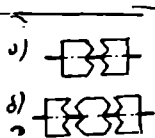
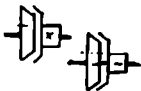
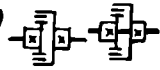
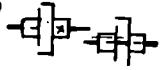
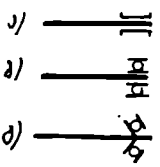

ხანძრის მიზეზი ჩვეულებრივ არის ზეთის აალება მაღალ ტემპერატურაზე გახურებული ნაქეთის გაცივების დროს საწვავი მასალების, ზეთიანი ჩრებების და სხვათა შეხება გამდნარი ლითონის წვეთებთან, აგრეთვე ელექტროსადენების არაწესიერი მდგომარეობა.

ხანძრის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა შემდეგი ღონისძიებების ჩატარება:

1. სამუშაო ადგილები არ უნდა იყოს დასერილი საწვავი მასალებით.
2. ავზები და ქურქლები ფეთქებადსაშიში და ადვილად აღნიშნადი მასალებით უნდა მოთავსდეს სამუშაო ადგილიდან 5 მ-ზე მეტი დაცილებით და უნდა დაიფაროს ისინი ცეცხლგამძლე სახურავით.
3. 950°-ზე მეტად გახურებული ნაქეთები არ უნდა ვაწროთ ზეთში.
4. ლაბორატორიებსა და სახელსნობებში უნდა გააჩნდეთ ძირითადი ხანძარსა და ავარიების საშუალებანი (ცეცხლსაქრობები, სილით სავსე ყუთები და სხვა).

ჩარხების ამპრაების კინემატიკური სქემებისათვის ძირითადი ელემენტების  
პირობითი აღნიშვნები

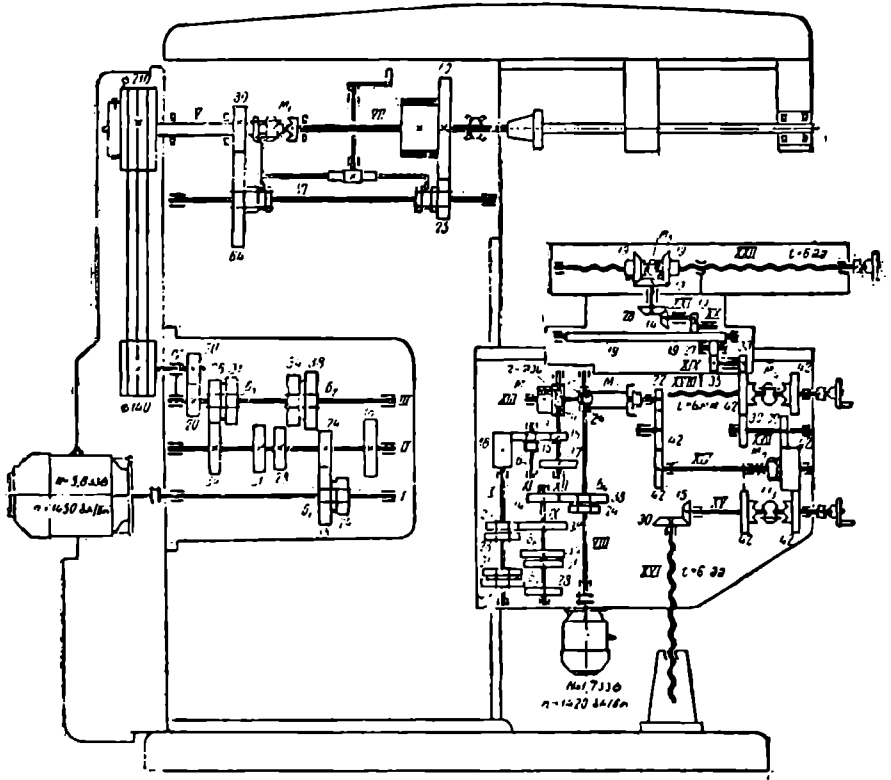
<p>1. ლღვი</p> 		<p>4. სოლდელური გადაცემა</p> 	
<p>2. შპინდელი</p> <p>ა) სახარაო ჩარხის</p> <p>ბ) რევოლუციური ჩარხის</p> <p>გ) საბურლი ჩარხის</p> <p>დ) საფრეზი ჩარხის</p> <p>ე) სახეხი ჩარხის</p>		<p>5. ყაჭვეური გადაცემა</p> 	
<p>3. ღვედური გადაცემა</p> <p>ა) პირდაპირი ბრტყელი ღვედით</p> <p>ბ) ყვარელის ბრტყელი ღვედით</p>		<p>6. ცილინდრული კბილანა</p> <p>ა) ლილვზე თავისუფლად (უკმბი)</p> <p>ბ) ლილვზე ყრუ სოგმანით</p> <p>გ) ლილვის გასწვრივ სოგმანზე მოსრიალე</p> <p>დ) ლილვზე გამოსაწევი სოგმანით</p> <p>ე) ორმაგი ბლოკი, მილისაზე ხისტი დამაგრებით</p>	
		<p>7. კიახრახნული გადაცემა</p> 	
		<p>8. ხრახნული კბილანა გადაცემა</p> 	
		<p>9. ლარტყული გადაცემა</p> 	

<p>10. კონუსური კბი- ლანა:</p> <p>1. ხისტად სოგმანზე ღამაგრებით</p> <p>2—მოსრილუ ლილეის გასწვრივ სოგმანზე</p>		<p>12. მუშტა ქურო:</p> <p>ა) ერთმხრივი ბ) ორმხრივი</p>	
<p>11. ხაზუნის ქურო:</p> <p>ა) კონუსური ბ) რგოლური გ) დისკური</p>	<p>ა) </p> <p>ბ) </p> <p>გ) </p>	<p>13. საკისარი:</p> <p>ა) სრიალის ბ) გორვის რადია- ლური გ) გორვის საბრჯენი</p>	
		<p>14. საელი ბრახნი ქანით</p>	

-----









## შ ი ნ ა ა რ ს ი

### შესავალი

თაეი I. ლითონების შექანიყური გამოცდები	3
ლბორატორიული სამუშაო № 1, ლითონების გამოცდა გაქიშაზე	4
ლბორატორიული სამუშაო № 2, ლითონის გამოცდა დარტყმით სიბღანტეზე	13
ლბორატორიული სამუშაო № 3, ბრინელის და რიყველის მეთოდით ლითონების სი- სალეზე გამოცდა	18
ლბორატორიული სამუშაო № 4, ლითონების სისალეზე გამოცდა პილდის მეთოდით	29
თაეი II. თერმული ანალიზი	34
ლბორატორიული სამუშაო № 5, სუფთა ლითონების დაკრისტალების კრიტიკული ტემპე- რატურის განსაზღვრა თერმოწყვილის დავრადუიჩრების მრუდის აგებით	34
ლბორატორიული სამუშაო № 6, შენადნობთა სისტემის მდგომარეობის I ტიპის დია- გრამის აგება	38
თაეი III. ლითონების აგებულების შესწავლა	43
ლბორატორიული სამუშაო № 7, ლითონების მაკროსტრუქტურული ანალიზი (მაკრო- ანალიზი)	43
ლბორატორიული სამუშაო № 8, ლითონების მიკროსკოპული ანალიზი (მიკროანალიზი)	49
თაეი IV. რკინა-ნახშირბადის შენადნობთა მიკროანალიზი	59
ლბორატორიული სამუშაო № 9, ნახშირბადოენი ფილადებისა და თეთრი თუქის მიკრო- ანალიზი	59
ლბორატორიული სამუშაო № 10, რკინი და ქვედაი თუქების მიკროანალიზი	65
თაეი V. ფილადის თერმული და ქიმიურ-თერმული დამუშავება	68
ლბორატორიული სამუშაო № 11, ფილადის ნორმალისაყია	69
ლბორატორიული სამუშაო № 12, ნახშირბადოენი საიარალო ფილადის წრთობა და მოშეება	72
ლბორატორიული სამუშაო № 13, თერმულად და ქიმიურ-თერმულად დამუშავებული ფილადების მიკროანალიზი	73
თაეი VI. ლეგირებული ფილადების მიკროანალიზი	82
ლბორატორიული სამუშაო № 14, ლეგირებული საკონსტრუქციო ფილადების მიკრო- ანალიზი	85
ლბორატორიული სამუშაო № 15, საიარალო ლეგირებული ფილადების მიკროანალიზი	88
თაეი VII. ფერადი ლითონებისა და მათი შენადნობების მიკროანალიზი	92
ლბორატორიული სამუშაო № 16, სპილენძისა და მისი შენადნობების მიკროანალიზი	92
ლბორატორიული სამუშაო № 17, ალუმინის, მისი შენადნობებისა და ბაბიტების მიკრო- ანალიზი	97
თაეი VIII. სასმხმელო წარმოება	103
პრაქტიკული სამუშაო № 1, სხმელების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის შესწავლა	103
ლბორატორიული სამუშაო № 18, საყალიბე ნარეების თვისებათა გამოცდა	109
პრაქტიკული სამუშაო № 2, ყალიბყუთებში ყალიბების დამზადება ხელით	116
თაეი IX. წყვიით დამუშავება	121
პრაქტიკული სამუშაო № 3, თაყისუფალი ქედების გამოსაყენებელი ძირითადი იარაღების, მოწყობილობებისა და სამუშაოების პრაქტიკული შესწავლა	121
თაეი X. საშემდლეებლო წარმოება	129
პრაქტიკული სამუშაო № 4, ელექტრო-რკალური შეღლეების მოწყობილობის და რკა- ლური შეღლეების ტექნიკის პრაქტიკული შესწავლა	130
პრაქტიკული სამუშაო № 5, აირული საშემდლეებლო მოწყობილობის და აირული შეღ- ლეების პროცესის პრაქტიკული შესწავლა	139
თაეი XI. ლითონების კრით დამუშავება	147
პრაქტიკული სამუშაო № 6, საკრისის გომეტრიული პარამეტრები და მათი ვაზომვა	148
პრაქტიკული სამუშაო № 7, ლითონსაჭრელი ჩარხის ყინემდტიკური სქემის ჩარხთან შეს- წავლა, გამოსაზვა და შპინდლის ბრუნთა რიყხეების ვანგარიშება	156
თაეი XII. ცნობები უსაფრთხოების ტექნიკის შესახებ	164
	175

**ИОСИФ АДАМОВИЧ АНДРИАШВИЛИ**

**Лабораторные работы по технологии**

**металлов**

**(на грузинском языке)**

რედაქტორი ლ. მუშკელიანი  
მხატვრული რედაქტორი ე. სულთანიშვილი  
ტექნორედაქტორი თ. მანჯგალაძე  
უფ. კორექტორი ი. დონაძე  
კორექტორი ი. მანჯაეიძე

გადაეცა ასაწყობად 23/1-76 წ. ხელმოწერილია და-  
საბეჭოად 20/VIII-76 წ. ქალაქის ზომა 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
საბეჭდი ქალაქი № 2. პირობითი საბეჭდი თაბახი  
15,4 საალრიცხო-საგამომცემლო თაბახი 11,48.  
უე 00453 ტირაჟი 1000 შეკვ. № 96  
ფასი 4# კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, მარჯანიშვილის, 5.

Издательство «Ганатлеба», Тбилиси, ул. Марджанишвили № 5.

1976

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს გამომცემლო-  
ბათა, პოლიგრაფიისა და წიგნით ეპრობის საქმეთა  
სახელმწიფო კომიტეტის ბეჭდვითი სიტუვის კომბინატი,  
თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.

Комбинат печати Государственного комитета Со-  
вета Министров Грузинской ССР по делам изда-  
тельств, полиграфия и книжной торговли, Тбили-  
си, ул. Марджанишвили № 5.