

ზურაბ საბაშვილი

არალითონური მასალების
შედუღება

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ზურაბ საბაშვილი

არალიტონური მასალების
შედულება



დამტკიცებულია სალექციო კურსად
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 29.06.2018, ოქმი

თბილისი
2018

სალექციო კურსში განხილულია არალითონური მასალების ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური თვისებები. მათი შედუღების პროცესის არსი და შედუღებადობა. შედუღების პროცესის ძირითადი სტადიები. შენადული ნაკერის მიღების მექანიზმი. მოცემულია არალითონური მასალების შედუღების ყველა მეთოდი, მათი ტექნოლოგიები, შენადული ნაკერის ხარისხი და შენადული შეერთებების შემოწმების ხერხები.

წიგნი შედგენილია მასალათმცოდნეობის საგანმანათლებლო პროგრამის ბაკალავრებისათვის და სრულ შესაბამისობაშია სილაბუსში გათვალისწინებულ საკითხებთან.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის პროფესორი ზურაბ გელიაშვილი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის პროფესორი, ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი მალხაზ ხუციშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2018

ISBN 978-9941-28-292-8 (PDF)

<http://www.gtu.ge>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიცია.

1. შესავალი. მოკლე ცნობები არალითონურ მასალებზე და მათი

შედუღებადობა

პლასტმასების ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური თვისებები. მათი შედუღების პროცესის არსი და შედუღებადობა. შედუღების პროცესის ძირითადი სტადიები. შენადული ნაკერის მიღების მექანიზმი

არალითონური მასალები, კერძოდ კი პლასტმასები წარმატებით გამოიყენება წარმოების მრავალ სფეროში. წარმოება პლასტმასების თვისებების გამო ღებულობს დიდ ეკონომიკურ ეფექტს.

პლასტმასების ნებისმიერი მეთოდით დამუშავება საკმაოდ ადვილია. დეტალების და კონსტრუქციების დამზადება მოითხოვს მცირე შრომით და ენერჯის რესურსს. პლასტმასებისაგან შესაძლებელია ნებისმიერი ფორმის, ფერის და ფაქტურის დეტალების მიღება ყოველგვარი დამატებითი დამუშავების გარეშე. ლეგირებული ფოლადების, ძვირფასი ლითონების, ხის და სხვა მასალების კონსტრუქციები წარმატებით შეიძლება შეიცვალოს პლასტმასებისაგან დამზადებული კონსტრუქციებით. თანამედროვე წარმოებაში მათი გამოყენების კოეფიციენტია 0,9 - 0,95, ხოლო ლითონების - 0,6 - 0,7.

პლასტმასების გამოყენება ნაკეთობის მასას ამცირებს 8- 10-ჯერ, რაც თავის მხრივ 15 -20%-ით ამცირებს სატრანსპორტო ხარჯებს. მათ ახასიათებთ ელასტიკურობა, დაბალი თბოგამტარობა, მდგრადობა აგრესიული გარემოს მიმართ, მაღალი დიელექტრიკული მახასიათებლები, ნაკეთობის ფორმირების სიმარტივე და სხვა. პლასტმასებისაგან დამზადებული დეტალების შეერთების პერსპექტიული მეთოდია შედუღება, რომელიც განაპირობებს შეერთების მაღალ ხარისხს, ამცირებს შრომატევადობას და ა.შ. ყოველწლიურად იზრდება პლასტმასისაგან შედუღებით მიღებული ნაკეთობების ნომენკლატურა.

პლასტიკური მასები მიიღება სინთეტიკური და ბუნებრივი პოლიმერებისაგან, მათში გარკვეული დანამატების შეყვანით. თავად პოლიმერები მაღალ-მოლეკულური ნივთიერებებია, რომელთა მაკრომოლეკულები შედგება დიდი რაოდენობის განმეორებადი მონომერებისაგან, რომელთა რაოდენობა განსაზღვრავს პოლიმერიზაციის ხარისხს.

ბუნებრივ პოლიმერებს მიეკუთვნება ცელულოზა, ნატურალური კაუჩუკი და

სხვა. ხელოვნურს კი - პოლიეთილენი, პოლისტიროლი, პოლივინიქლორიდი და სხვა. დანამატები, რომლებსაც იყენებენ პლასტმასების დამზადებისას, უზრუნველყოფენ ისეთი თვისებების მიღებას, რომლებიც უნდა გააჩნდეს მზა ნაკეთობას და ამარტივებენ მათ დამუშავებას. დანამატები ასევე ასრულებენ პლასტიფიკატორების, სტაბილიზატორების, შემაკვებლის და სხვა ფუნქციებს. ისინი შეიძლება იყოს პოლიმერული ან მონომერული ბუნების და იმყოფებოდეს ნებისმიერ აგრეგატულ მდგომარეობაში.

სტაბილიზატორები (თერმოსტაბილიზატორები და ანტიოქსიდანტები) ზრდიან პლასტმასების მდგრადობას სინათლის ზემოქმედების, მზის რადიაციის და სითბოს მიმართ, ანუ აძლიერებენ მდგრადობას ყველა იმ ფაქტორის მიმართ, რომელიც ხელს უწყობს პოლიმერების დესტრუქციის განვითარებას.

პლასტიფიკატორები აუმჯობესებენ პლასტიკური მასების დენადობას, პლასტიკურობას, ელასტიურობას და სხვა.

შემაკვებლები ხელს უწყობენ სიმტკიცის ზრდას, დიელექტრიკული თვისებების გაუმჯობესებას, ქიმიურ მდგრადობას. ორგანული შემაკვებლებია - ქსოვილის ნაგლეჯები, ქაღალდი და სხვა. არაორგანული კი - ასბესტი, მინის ბოჭკოები და სხვა.

პლასტმასების თვისებები განისაზღვრება პოლიმერებით. მათთვის დამახასიათებელია ჯაჭვური მოლეკულების - მაკრომოლეკულების არსებობა. ჯაჭვის გასწვრივ მოქმედებენ ქიმიური კავშირები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჯაჭვური კავშირების სიმტკიცეს. ცალკეული ჯაჭვები ერთმანეთთან დაკავშირებულია მოლეკულათაშორისი ურთიერთქმედების ძალები, რომლებიც ქიმიურ ძალებთან შედარებით სუსტია, მაგრამ მაკრომოლეკულის დიდი სიგრძის გამო საკმაოდ მტკიცე ხდება. მაკრომოლეკულების წყობის მიხედვით განასხვავებენ: წრფივ, განშტოებულ და სივრცით პოლიმერებს. წრფივი და განშტოებული პოლიმერები ადვილად დნება და გადადიან ბლანტდენად მდგომარეობაში, მაგრამ დიდი განშტოებისას მოლეკულა იმდენად დიდი ხდება, რომ შეიძლება დაკარგოს ხსნარში თვითგადასვლის უნარი. სივრცითი პოლიმერები დნობას არ ექვემდებარებიან და მხოლოდ განიცდიან დარბილებას.

პლასტმასებს და პოლიმერებს იმისდამიხედვით, თუ როგორ რეაგირებენ გახურებაზე, ყოფენ ორ ჯგუფად: თერმოპლასტები და რეაქტოპლასტები.

გახურებისას თერმოპლასტები ქიმიურ ცვლილებებს არ განიცდიან. შესაძლებელია მათი მრავალჯერ გახურება და დარბილების მდგომარეობამდე მიყვანა, რის შემდეგ

ისინი ჩვეულებრივ უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას.

გახურებისას რეაქტოპლასტები განიცდიან შეუქცევად ცვლილებებს, კარგავენ ბლანტდენად მდგომარეობაში გადასვლის უნარს და ეს ხდება პირველივე გახურებისას. ამიტომ რეაქტოპლასტების შეერთება შესაძლებელია მხოლოდ ქიმიური შედუღების მეთოდით.

არსებობს კრისტალური და ამორფული პოლიმერები. კრისტალური პოლიმერები შეიცავენ როგორც კრისტალურ ისე ამორფულ ფაზას. ყველა კრისტალური უბნის მოცულობის შეფარდება სრულ მოცულობასთან ეწოდება კრისტალობის ხარისხი. მაღალი კრისტალობის ხარისხი (60-80%) გააჩნია მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენს, ფტოროპლასტს, პოლიპროპილენს და სხვა. კრისტალური პოლიმერების შედუღებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შედუღების შემდგომ გაცივების რეჟიმის პარამეტრების ზუსტდაცვას. დნობის ტემპერატურაზე დაბალ ტემპერატურებზე შესაძლებელია მისი კრისტალების ორიენტირება გამჭიმავი ძალების მიმართულებით. რის გამოც ადგილი აქვს ფიზიკური თვისებების და მექანიკური სიმტკიცის ანიზოტროპიას (თვისებების დამოკიდებულება მიმართულებაზე). ტემპერატურის შემდგომი შემცირებით ფიქსირდება პოლიმერის ორიენტირებული სტრუქტურა, რომელსაც ორიენტაციის მიმართულებით გააჩნია გაზრდილი სიმტკიცე დარტყმითი და სტატიკური დატვირთვების მიმართ. განმეორებითი გახურებისას დნობის ტემპერატურამდე ადგილი აქვს სტრუქტურის დეზორიენტაციას. თერმოპლასტებისაგან დამზადებული ნაკეთობების უმრავლესობა გამოდის ორიენტირებულ მდგომარეობაში (ფურცლები, მილები და სხვა). ასეთი ნაკეთობების შედუღებისას ნაკერში და მის მიმდებარე არეში მიმდინარეობს კრისტალების დეზორიენტაცია, რაც მნიშვნელოვნად ცვლის ნაკეთობის თვისებებს. გახურების პროცესში თანდათანობით ირღვევა მოლეკულების მოწესრიგებული განლაგება და იწყება გადასვლა ამორფულ ფაზაში.

არსებობს ამორფული პოლიმერების სამი ფიზიკური მდგომარეობა: მინისმაგვარი, მაღალელასტიური და ბლანტდენადი. ტემპერატურის მომატებისას პოლიმერი მინისმაგვარი მდგომარეობიდან ჯერ გადადის მაღალელასტიურ მდგომარეობაში, ხოლო შემდეგ ბლანტდენად მდგომარეობაში. ტემპერატურას რომელზეც მიმდინარეობს გადასვლა ბლანტდენად მდგომარეობაში ეწოდება დენადობის ტემპერატურა. მასზე ბევრად მეტ ტემპერატურაზე იწყება პოლიმერის თერმოდეტრუქცია. ტემპერა-

ტურა, რომელზეც იწყება თერმოდესტრუქცია განსაზღვრავს პოლიმერის შედუღებისას გახურების მაქსიმალურ ტემპერატურას.

განვიხილოთ პლასტიკური მასების ის ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური თვისებები, რომლებიც განაპირობებენ მათ გამოყენებას კონსტრუქციულ მასალად. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის სიმკვრივე (1000 – 1800 კგ/მ³), რაც საშუალოდ 5-ჯერ ნაკლებია შავი და ფერადი ლითონების სიმკვრივეზე და 2-ჯერ ნაკლებია ალუმინის შენადნობების სიმკვრივეზე.

პლასტმასების უმეტესობა, დიელექტრიკული თვისებების გამო სავსებით არ განიცდიან ელექტროქიმიურ კოროზიას და ხასიათდებიან მაღალი მდგრადობით ქიმიურად აგრესიული გარემოს ზემოქმედების მიმართ. ზოგიერთი მათგანი (პოლიტეტრაფთორეთილენი) ოქროსთან და პლატინასთან შედარებით ხასიათდება მაღალი ქიმიური მდგრადობით. ამიტომ პლასტმასები შეუცვლელი კოროზიამედეგი მასალებია.

ელექტრონულ წარმოებაში პლასტმასები გამოიყენება, როგორც მაღალსიხშირული დიელექტრიკები. ბოლო წლებში შექმნილია პოლიმერები, რომლებსაც აქვთ ნახევარგამტარული და მაგნიტური თვისებები.

პოლიმერების და შემავსებლების ბუნება განსაზღვრავს პლასტიკური მასების მექანიკურ თვისებებს. შესაძლებელია, როგორც მყარი და მტკიცე მასალების, ისე მაღალელასტიკური აფსკების და ბოჭკოების დამზადება. მაგალითად, თერმოპლასტების კუთრი სიმტკიცე არ ჩამოუვარდება თუჯის და ბრინჯაოს კუთრ სიმტკიცეს.

პლასტმასებს ასევე ახასიათებს საუკეთესო ანტიფრიქციული თვისებები. ამასთან საპოხად გამოიყენება წყალი, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში მუშაობა შესაძლებელია საპოხის გარეშეც. ისინი გამოიყენება ბაბიტების, კალიანი ბრინჯაოს და სხვა ანტიფრიქციული შენადნობების ნაცვლად.

პლასტმასები ხასიათდება დაბალი თბოგამტარობით და კარგი თბოიზოლატორებია.

ზემოთ მოყვანილი დადებითი თვისებების გარდა, პლასტიკურ მასებს უარყოფითი მხარეებიც აქვთ, კერძოდ:

1. პლასტმასების უმეტესობას ახასიათებს დაბალი სიმტკიცის ზღვარი;
2. დაბალი თერმომედეგობა;
3. დაბერება, ანუ ექსპლუატაციის პროცესში მექანიკური თვისებების შემცირება;

4. ცოცვადობა.

განვიხილოთ პლასტმასების შედუღების არსი. თერმოპლასტების შედუღებისას ნაკერი მიიღება გახურებით აქტივირებული შესაერთებელი ზედაპირების კონტაქტის ხარჯზე. ამ ოპერაციების თანმიმდევრობა შეიძლება იყოს:

- კონტაქტი, შემდეგ გახურება;
- გახურება, შემდეგ კონტაქტი;
- კონტაქტი და გახურება ერთდროულად.

აქტივაციისათვის საჭირო ენერჯის მიწოდება და კონტაქტისათვის აუცილებელი დაწნევა შეიძლება შერულდეს ერთი ინსტრუმენტის ან სხვადასხვა ინსტრუმენტების საშუალებით. ნებისმიერ შემთხვევაში შედუღების ზონაში მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები:

1. შესადუღებელი ზედაპირების აქტივაციისათვის ენერჯის მიწოდება და გარდაქმნა;
2. კონტაქტის დროს აქტივირებული ზედაპირების ურთიერთქმედება;
3. კონტაქტის ზონაში მასალის სტრუქტურის ფორმირება.

ზედაპირების აქტივაცია მდგომარეობს მათ გახურებაში, რომლის დროსაც იზრდება მაკრომოლეკულების თბური მოძრაობის ენერჯია. ენერჯის მიწოდება შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი გზებით:

- შესადუღებელი ზედაპირების კონტაქტით ისეთ თბომატარებლებთან, როგორცაა ცხელი ინსტრუმენტი, ცხელი აირი ან მისართი მასალები;
- მაღალსიხშირული ელექტრული რხევების ენერჯის გარდაქმნით და შთანთქმით;
- ხახუნის მექანიკური ენერჯით;
- მაღალსიხშირული მექანიკური რხევების ენერჯით;
- სხივური ენერჯით და სხვა.

შედუღების მეორე სტადია, აქტივირებული ზედაპირების ურთიერთქმედება მათი კონტაქტისას, განსაზღვრავს შენადული ნაკერის თვისებებს. შენადული ნაკერის ფორმირების მექანიზმი დამოკიდებულია გახურების ტემპერატურაზე, რადგან ის განსაზღვრავს პოლიმერების მდგომარეობას (მაღალელასტიური ან ბლანტდენადი).

თუ შედუღება მიმდინარეობს დენადობის ტემპერატურასთან შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე (მაღალელასტიკური მდგომარეობა), შენაერთი მიიღება გამყოფ საზღვარზე მაკრომოლეკულების სეგმენტების დიფუზიით. ტემპერატურათა ამ ინტერვალში მტკიცე შენაერთის მიღება შესაძლებელია ზედაპირების ხანგრძლივი კონტაქტისას. დიფუზიის პროცესს ეწინააღმდეგება ჰაერის შუალედური ფენები და მასალების ზედაპირული ფენების სხვადასხვა სახის სპეციფიკური თავისებურებები, რომლებიც გამოწვეულია მასალების წარმოების ტექნოლოგიით და შენახვის პირობებით. მაკრომოლეკულების უბნების მასალათა გამყოფი საზღვრის გადალახვისას განუწყვეტლივ იზრდება მათი დამუხრუჭება, რაც იწვევს დიფუზიის კოეფიციენტის შემცირებას. ამ მიზეზის გამო შენადული ნაკერი ინარჩუნებს გაყოფის საზღვარს და გარკვეული დატვირთვისას შესაძლებელია ნაკერის გახლეჩა ამ საზღვარზე.

როდესაც ტემპერატურა აღემატება დენადობის ტემპერატურას და შესაძლებელი ზედაპირები იმყოფება ბლანტდენად მდგომარეობაში, მაშინ თერმოპლასტიკების შედუღება მიმდინარეობს სწრაფად და ზოგ შემთხვევაში (ულტრაბგერითი და მაღალსიხშირული შედუღება) პროცესი გრძელდება წამების განმავლობაში. მაღალი სისწრაფე განპირობებულია შემდეგი პროცესებით: შესაძლებელი ზედაპირების დაწნევისას წარმოიქმნება ძაბვები, რომლებიც იწვევენ ნადნობის ფენების გადაადგილებას, რაც იწვევს შეერთების ზონიდან ჰაერის შუალედური ფენების და სხვა ჩანართების განდევნას, ამავე დროს ადგილი აქვს ნადნობის გამოდინებას ამ ზონიდან. გახურების და დაწნევის არათანაბარი განაწილების გამო ნადნობის დინების სიჩქარე კონტაქტის სხვადასხვა უბნებზე შეიძლება იყოს განსხვავებული. ეს პროცესები იწვევს ნადნობის არევას. ამრიგად, გამდნარი ზედაპირების ფიზიკური კონტაქტისას შენადული ნაერთის წარმოქმნა გამოწვეულია ნადნობის მაკრომოცულობების არევით. ამ შემთხვევაში დიფუზიური პროცესები მიმდინარეობს მაკრომოცულობების საზღვარზე და ასრულებენ თანმხლების როლს. გაყოფის საზღვარი არ არსებობს, ხოლო ნაკერის სიმტკიცე უახლოვდება შესაძლებელი მასალის სიმტკიცეს.

შენადული ნაკერის მიღების ბოლო სტადიაა კონტაქტის ზონაში ზემოლეკულოური სტრუქტურის ფორმირება, რაც განსაზღვრავს მასალების ფიზიკო-მექანიკურ და სხვა თვისებებს. ნაკერის თვისებების მაქსიმალური მიახლოება თვით შესაძლებელი მასალის თვისებებთან შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ ნაკერში ვუზრუნველყოფთ

მასალისათვის დამახასიათებელი ზემოლექულური სტრუქტურების წარმოქმნას. სტრუქტურების ხასიათი დამოკიდებულია ნაძნობის გაცივების პირობებზე, რომელთა რეგულირებით შესაძლებელია სასურველი ზემოლექულური სტრუქტურების მიღება.

1. მასალების რეოლოგიური თვისებების გავლენა მათ შედუღებადობაზე

თერმოპლასტიკების კლასიფიკაცია შედუღებადობის მიხედვით.

შედუღების ტექნოლოგიების შერჩევისა და პროცესის წარმატებით წარმართვისათვის გათვალისწინებული უნდა იქნას თერმოპლასტიკების შედუღებადობა.

შედუღებადობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ის სტრუქტურული და ქიმიური ცვლილებები, რომლებსაც განიცდიან პლასტმასების ზედაპირული ფენები. ამ ცვლილებების მიზეზები დაკავშირებულია მათი წარმოების ტექნოლოგიებთან და პოლიმერული მასალების ბუნებასთან. დროთა განმავლობაში ზედაპირულ ფენებში მიმდინარეობს მაკრომოლეკულების მასის შემცირება, მზის რადიაციის ზემოქმედებით კი მიმდინარეობს ფენების ქიმიური ცვლილებები. წარმოების პროცესში ადგილი აქვს, ნაკეთობაზე საპოხი მასალების მოხვედრას, რომლებიც შემდგომი დაჟანგვის შედეგად გარდაიქმნებიან უხსნად კომპონენტებად. ამავე დროს, ქვედა ფენებიდან ზედა ფენებისაკენ დიფუნდირებენ პლასტიფიკატორები. ამგვარად, პლასტმასების ზედაპირულ ფენას გააჩნია რთული შემადგენლობა და სტრუქტურა. იქმნება შრე, რომელიც ეწინააღმდეგება აქტიური მაკრომოლეკულების მიახლოებას. ამ შრის ნგრევისათვის შედუღების პროცესში უნდა განხორციელდეს ისეთი დაწნევა, რომელიც ხელს შეუწყობს ბლანტი მასის დენას, წარმოქმნილი შრის ნგრევას და გამოდევნას. ანუ კონტაქტის არეში აუცილებელია განვითარდეს ძვრის დეფორმაციები. ამავე დროს, პოლიმერის გადასვლისას ბლანტდენად მდგომარეობაში, თან არ უნდა სდევდეს მასალის თერმოდესტრუქცია, წინააღმდეგ შემთხვევაში ნაკერს ძირითად მასალასთან შედარებით ექნება დაბალი სიმტკიცე. პოლიმერის ბლანტენადი მდგომარეობის ტემპერატურული ინტერვალი უნდა იყოს საკმარისად დიდი, რადგან შედუღებისას თავიდან ავიცილოთ დეფექტების წარმოქმნის საშიშროება, კერძოდ კი შეუდუღებლობა ან თერმოდესტრუქცია.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოლიმერული მასალების შედუღებადობა დამოკიდებულია მათ რეოლოგიურ თვისებებზე. შედუღების დროს პოლიმერის ნაღნობს ბლანტდენად მდგომარეობაში ისეთი სიბლანტე უნდა გააჩნდეს, რომ ძვრის ძაბვების არსებობისას, რომელსაც რეალურ პირობებში ყოველთვის აქვს ადგილი, აღწევდეს დინებისათვის აუცილებელ სიჩქარეს. დინების განსაკუთრებულობა გამოიხატება იმაში, რომ პოლიმერების გრძელ ჯაჭვურ

მოლეკულებს არ შეუძლიათ როგორც ერთი მთლიანის გადაადგილება. ბლანტ მდგომარეობაში დინებისას, ნადნობის დეფორმაცია ხორციელდება მაკრომოლეკულების სეგმენტების თანმიმდევრული გადაადგილებით. გადაადგილება ერთი მდგომარეობიდან მეზობელ მდგომარეობაში დამოკიდებულია სისტემაში თავმოყრილ თბურ ენერგიაზე და მისი გაზრდით მარტივდება გადაადგილების პროცესი. ცხადია, რომ რაც მეტია ტემპერატურა, მით უფრო სუსტია მაკრომოლეკულების სეგმენტებს შორის კავშირები და ადვილად ხდება მათი რღვევა.

ბლანტი დინების აქტივაციის ენერგია, ანუ ენერგია, რომელიც აუცილებელია სეგმენტის მოწყვეტისათვის გარშემო მყოფი სეგმენტებისაგან დამოკიდებულია პოლიმერის სახეობაზე. მაგალითად, პოლიეთილენისათვის ის შეადგენს 46 – 53 კჯ/მოლ, პოლისტიროლისათვის 92 – 96 კჯ/მოლ, პოლივინილქლორიდისათვის 146 კჯ/მოლ. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ამ მასალებში კავშირების ენერგია შეადგენს 250 – 334 კჯ/მოლ, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პოლიეთილენის და პოლისტიროლის გადასვლა ბლანტდენად მდგომარეობაში და შესაბამისად შედუღებაც მიმდინარეობს თერმოდესტრუქციის გარეშე, ხოლო პოლივინილქლორიდის გადასვლისას შესაძლებელია მოხდეს თერმოდესტრუქცია. რაც აუცილებელს ხდის მისი შედუღებისათვის შემუშავდეს სპეციალური ტექნოლოგია, რომელიც მინიმუმადე დაიყვანს თერმოდესტრუქციის საშიშროებას.

ნადნობის სიბლანტე დამოკიდებულია მაკრომოლეკულების სეგმენტების რაოდენობაზე ანუ მათ მოლეკულურ მასაზე. მცირე მოლეკულური მასების შემთხვევაში სიბლანტე მოლური მასის პროპორციულია:

$$\eta_0 = kM$$

აქ, η_0 - ნადნობის სიბლანტეა, M - მოლური მასა, ხოლო k - პროპორციულობის კოეფიციენტი.

მოლეკულური მასის გარკვეულ სიდიდეზე მეტი მნიშვნელობისათვის სიბლანტე იწყებს ზრდას, რაც გამოწვეულია არა მარტო მაკრომოლეკულების სიგრძის მატებით, არამედ ასევე იმით, რომ იზრდება გრძელ მოლეკულებში შერეული სეგმენტების რაოდენობა და წარმოიქმნება ფლუქტუაციური ბადე. მაღალი მოლეკულური მასებისათვის სიბლანტის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$\eta_0 = kM^{3.4}$$

პოლიამიდების და პოლიეთერების სიბლანტე შეადგენს $10-10^2$ პა·წმ, პოლიეთილენის, პოლიპროპილენის და პოლისტიროლის - $10^3 - 10^5$ პა·წმ, ფტოროპლასტებისათვის - $10^{10} - 10^{12}$ პა·წმ, ასევე საკმაოდ მაღალი სიბლანტე გააჩნია კაუჩუკს. დაბალი სიბლანტის მქონე პოლიმერული მასალები შესანიშნავად ექვემდებარებიან დნობით შედუღებას, ხოლო მაღალი სიბლანტის მასალები ცუდად ან თითქმის არ ექვემდებარებიან შედუღებას. ასეთი მასალებისათვის, უნდა შემუშავდეს ისეთი ტექნოლოგიური მეთოდები (თუ ეს შესაძლებელია), რომელმაც უნდა უზრუნველყოს სიბლანტის მკვეთრი (ნახტომისე-ბური) შემცირება.

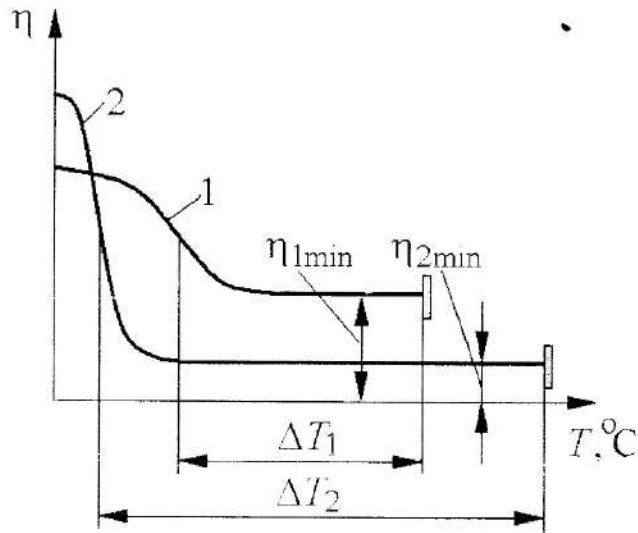
მასალების შედუღებადობაზე გავლენას ახდენს დენადობის ტემპერატურასა და თერმოდესტრუქციის ტემპერატურებს შორის ინტერვალი. რაც უფრო დიდია ეს ინტერვალი, მით უფრო კარგად დუღდება მასალა. ცხრ. 2.1-ში მოყვანილია ზოგიერთი პოლიმერის ეს ტემპერატურული ინტერვალი, საიდანაც შეიძლება დავადგინოთ, თუ რომელი მასალა ხასიათდება უკეთესი შედუღებადობით.

ცხრილი 2.1

ზოგიერთი პოლიმერის დენადობის და თერმოდესტრუქციის ტემპერატურები

მასალა	დენადობის ტემპერატურა, °C	თერმოდესტრუქციის ტემპერატურა ჰაერზე, °C
პოლიამიდი	150 - 160	300
მაღალი წნევის პოლიეთილენი	115 - 120	220
პოლიპროპილენი	175 - 180	250
პოლივინილქლორიდი	180 - 200	140
პოლისტიროლი	150	200
პოლიმეთილმეტაკრილატი	175	170 - 180
ფტოროპლასტი 4 M	265 - 300	350
ფტოროპლასტი 42	155 - 160	360

შედუღებადობა ასევე დამოკიდებულია ნადნობის სიბლანტის გრადიენტზე ზემოთ მოყვანილ ტემპერატურულ ინტერვალში. პირობითად, მაგალითისათვის განვიხილოთ ორი პოლიმერი (1, 2) და შევადაროთ მათი რეოლოგიური მახასიათებლები. (სურ.2.1). პოლიმერულ მასალას, რომლის ბლანტდენადობის მდგომარეობის ტემპერატურული ინტერვალი ΔT_2 აქვს დიდი, ხოლო სიბლანტე η_2 მცირე და დიდი შემცირების გრადი-ენტი $\frac{d\eta_2}{dT_2}$, გააჩნია შედუღებადობის უკეთესი მაჩვენებლები.



სურ. 2.1

პოლიმერების ნაღნობის ბლანტდენად მდგომარეობაში სიბლანტის პარამეტრების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

რეოლოგიური თვისებების შედუღებადობაზე გავლენის შესწავლის შემდეგ შეგვიძლია პოლიმერული მასალები შედუღებადობის მიხედვით დავყოთ სამ ჯგუფად.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება არაირიენტირებული თერმოპლასტები, რომლებსაც ბლანტი დენადობის აქტივაციის ენერგია (არაუმეტეს 150 კჯ/მოლ) ნაკლები აქვთ ქიმიური ბმების რღვევის ენერგიაზე, ბლანტდენადი მდგომარეობის ტემპერატურული ინტერვალი კი არანაკლები 50°C -ზე და ნაღნობის მცირე სიბლანტე - $10^2 - 10^5$ პა·წმ. ამ მახასიათებლების თერმოპლასტები ხასიათდებიან კარგი შედუღებადობით. მათი შედუღება შესაძლებელია ტემპერატურათა ფართო ინტერვალში (დენადობის ტემპერატური - დან თერმოდესტრუქციის ტემპერატურამდე) და ნებისმიერი მეთოდით.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება თერმოპლასტები, რომელთა ბლანტი დენადობის აქტივაციის ენერგია ახლოს აქვთ ბმების რღვევის ენერგიასთან, მცირე ტემპერატურული ინტერვალი (არაუმეტესი 50°C -ზე) და ნაღნობის შედარებით მაღალი სიბლანტე - $10^7 - 10^8$ პა·წმ. ასეთი თერმოპლასტები მიკუთვნებიან ძნელად შესადუღებელ მასალებს. მათთვის უნდა შემუშავდეს ისეთი შედუღების ტექნოლოგიები, რომლებიც საშუალებას მოგვცემენ შედუღების პროცესში შევამციროთ ნაღნობის სიბლანტე და სხვა აუცილებელი პირობები, მაგალითად მასალის სწრაფი და ლოკალური გახურებისა დენადობის ტემპერატურამდე მასალის ჩადნობის გარეშე.

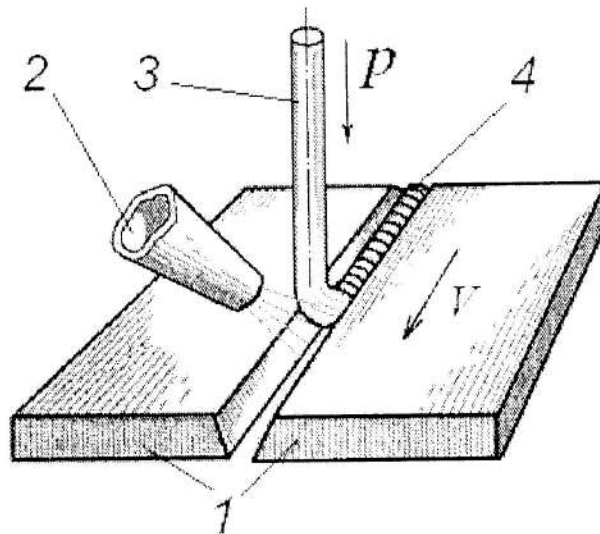
მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება მასალები, რომლებსაც აქტივაციის ენერგია მეტი აქვთ

აქვთ ბმების რღვევის ენერგიაზე, ნადნობის მაღალი სიბლანტე - 10^{11} – 10^{12} კაწმ. ამ მასალების გადაყვანა ბლანტდენად მდგომარეობაში შეუძლებელია და შესაბამისად არ ექვემდებარებიან დნობით შედუღებას. ერთად-ერთი ვარიანტი შეერთების მიღებისა არის დიფუზიური შედუღება.

3. პლასტმასების შედუღება ცხელი აირით.

პროცესის არსი სქემები. შედუღების ტექნოლოგია. მოწყობილობა ცხელი აირით შედუღებისათვის.

პლასტმასების შედუღების ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული მეთოდია შედუღება ცხელი აირით. ამ მეთოდის ძირითადი არსი მდგომარეობს, შესადუღებელი ზედაპირების და მისართი მასალის გაცხელებაში ბლანტდენად მდგომარეობამდე. ცხელი აირის მიერ გამოყოფილი სითბური ენერჯის საშუალებით. შედუღებაში გამოიყენება ჰაერი, აზოტი, არგონი, ნახშირორჟანგი, საწვავი აირების წვისას გამოყოფილი სითბო და სხვა. სითბო მიეწოდება უშუალოდ შემხებ ზედაპირებს ერთი უბნიდან მეორეზე მონაცვლეობით (სურ. 3.1 და სურ. 3. 2)



სურ. 3.1

მისართი მასალის ხელით მიწოდებისას ცხელი აირით შედუღების სქემა

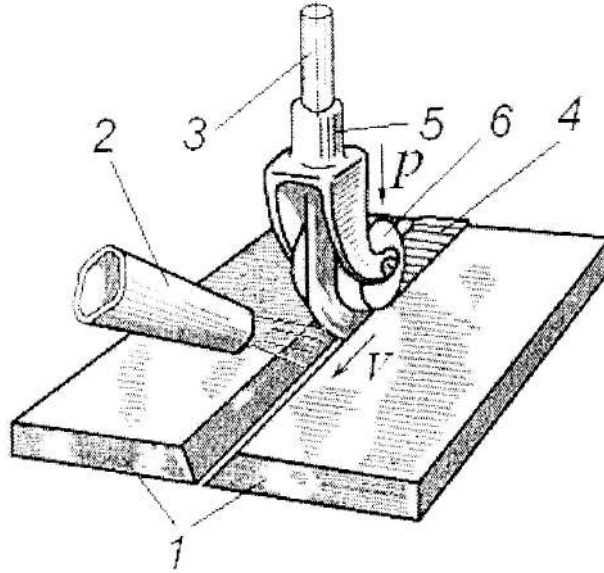
1. შესადუღებელი დეტალები;
2. გამახურებლის საქმენი;
3. მისართი მასალა;
4. შენადული ნაკერი;

ნახაზებზე V გვიჩვენებს შედუღების მიმართულებას, ხოლო P დაწოლის მიმართულებას. ცხელი აირით შედუღება ძირითადად გამოიყენება დიდი სისქის ფურცლოვანი მასალების შედუღებისათვის. ამ მასალებს მიეკუთვნება: პოლისტიროლი, პოლიამიდი, პოლიეთილენი, ფტოროპლასტი, ვინიპლასტი და სხვა.

შედუღება მისართი მავთულით

ჩვეულებრივ მისართი მასალები გამოდის წნელის სახით, რომლის დიამეტრი

დამოკიდებულია შესადულებელი მასალის სისქეზე და შეადგენს 2-6 მმ-ს. წნელი მზად-



სურ. 3.2

მისართი მასალაზე გადაგორების გორგოლაჭითეხელი აირით შედულების სქემა

1.შესადულებელი დეტალები; 2. გამახურებლის საჭმენი; 3. მისართი მასალა;

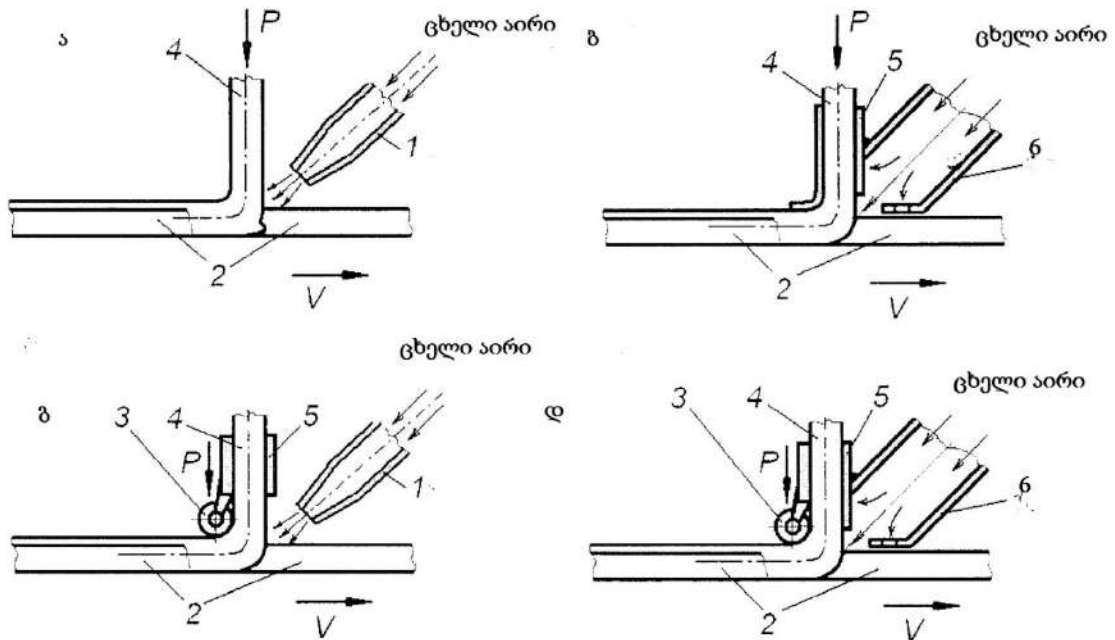
4.შენადული ნაკერი; 5. მიმართველი არხი; 6. გადამგორებელი გორგოლაჭი

დება იგივე მასალისაგან, რომლისაგან არის დამზადებული შესადულებელი ნამზადი. მისართი მასალაში დამატებულია პლასტიფიკატორები, რომლებიც ამცირებენ მისი დარბილების ტემპერატურას და ზრდიან მის პლასტიკურობას. მაგალითად, პოლიეთილენის შესადულებლად გამოიყენება მასალა, რომელიც შედგება პოლიეთილენისაგან და 5-10 % პოლიიზობუტილენისაგან, პოლივინილქლორიდის შესადულებლად გამოიყენება პლასტიფიცირებული პოლივინქლორიდისაგან დამზადებული სპეციალური წნელები, რომლებიც შეიცავენ დაახლოებით 10% პლასტიფიკატორებს.

გახურებისათვის აირი შეირჩევა პლასტმასის თვისებების მიხედვით. მაგალითად, პოლივინქლორიდის შესადულებლად გამოიყენება ჰაერი, აზოტი, ჯანგბადი და ნახშირორჟანგი. ყველაზე მტკიცე შენადული ნაკერი მიიღება ჯანგბადით ან ჰაერით შედულებისას. პოლიეთილენის და ისეთი პლასტმასების შედულებისათვის, რომლებიც განიცდიან ჟანგბადის ზემოქმედებას, გამოიყენება აზოტი. ცხადია, რომ ყველაზე ეკონომიურ აირი შედულებისათვის არის ჰაერი.

მისართი მასალით შედულებისას ტექნოლოგიური პროცესი ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით:პირველ ეტაპზე ცხელი აირით ხურდება შესადულებელი

დეტალების ზედაპირები; შემდეგ ეტაპზე, უნდა შესრულდეს კონტაქტი იმავე აირით გახურებულ მისართ მასალასა და შესადუღებელ ნაკეთობას შორის. მისართი წნელი ხელის საშუალებით, 10-30 ნ-ის ტოლი ძალის მოქმედებით, შეჰყავთ შედუღების არეში. თუ პლასტიფიცირებული წნელი ვერ უძლებს ღერძულ დაწოლას, მაშინ გამოიყენება გორგოლაჭით გადაგორება.



სურ. 3.3

მისართი მასალით შედუღების სქემა

1. სტანდარტული საქმენი; 2. შესადუღებელი ნაკეთობა, 3. გორგოლაჭი, 4. მისართი წნელი,
5. წნელის მიმმართველი არხი, 6. სპეციალური საქმენი,

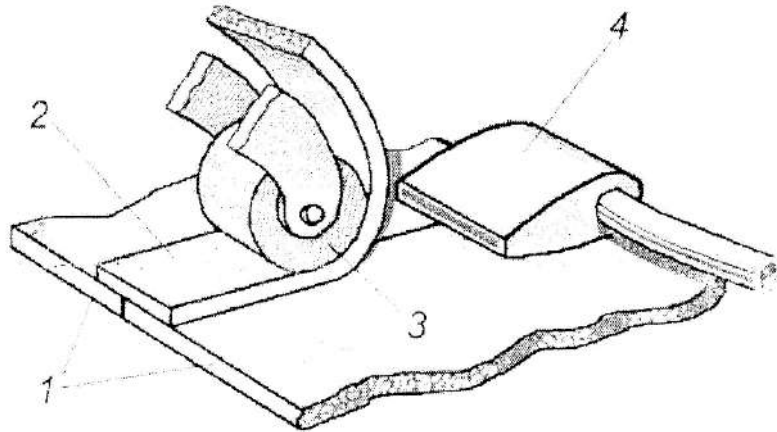
სურ. 3.3-ის ა და ბ ნახაზებზე მოცემულია მყარი თერმოპლასტების ხელით შედუღების სქემა, გ-ზე რბილი თერმოპლასტების შედუღების სქემა, ხოლო დ-ზე მექანიზირებული შედუღების სქემა. სპეციალური საქმენი, გამოიყენება 4-ჯერ და უფრო მეტად ზრდის შედუღების სიჩქარეს. სპეციალური საქმენები იძლევა შესაძლებლობას ერთდროულად გავახუროთ შედუღების არე, ძირითადი მასალა საქმენის არხთან და მისართი წნელი მიმმართველ არხში.

ხელით შედუღება საკმაოდ შრომატევადია, ამასთან ერთად შენადურინაკერის ხარისხი დაბალია, რადგან არ ხერხდება მისართი წნელის მიწოდება თანაბარი სიჩქარით და ასევე ზედაპირების გახურებაც არათანაბარია. სიმტკიცის მაჩვენებლები განსხვავებულია ნაკერის სიგრძის გასწვრივ. ამ მეთოდით შედუღებისას მოითხოვება შემ-

დუღებლის მაღალი კვალიფიკაცია.

მექანიზირებული შედუღებისას იზრდება სიჩქარე, მიიღება მაღალი ხარისხის ნაკერი, შესაძლებელია დიდი დიამეტრის წნელების გამოყენება.

პლასტმასების პირაპირა შედუღებისას მისართ მასალად, ასევე გამოიყენება ლენტისებრი მისართი მასალა. ამ შემთხვევაშიც შედუღება შეიძლება შესრულდეს როგორც ხელით, ისე მექანიზირებული მეთოდით. (სურ.3.4)

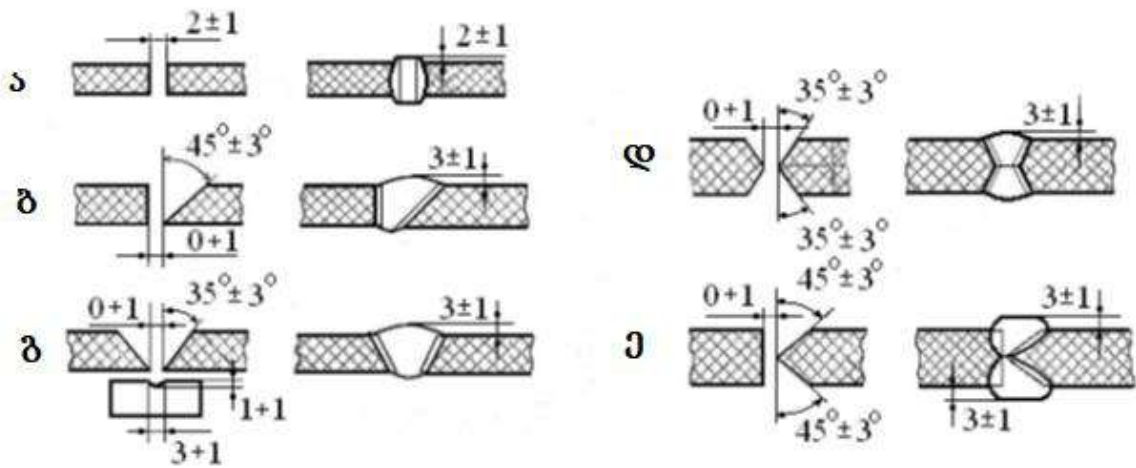


სურ.3.4

ლენტისებრი მისართი მასალით შედუღება

1. შესადუღებელი ნაკეთობა; 2. ლენტისებრი მისართი მასალა; 3-გორგოლაჭი;
4- სანთურა არხისებური საქშენით

ცხელი აირით შედუღება გამოიყენება თითქმის ყველა სახის შენადული შეერთების მისაღებად: პირაპირა, პირგადადებული, კუთხური და ტესებრი. პირაპირა ნაკერები ნაწიბურების გამოყვანის გარეშე (სურ. 3.5, ა) გამოიყენება 4 მმ სისქის ფურცლების და მილების შესადუღებლად. შუალედი დეტალებს შორის აუცილებლად უნდა შეადგენდეს 1-1,5 მმ, რათა შენადული ნაკერის სრული ამოვსება მოხდეს მისართი მავთულით, ანუ უკეთესი შედუღებისათვის ნაკერის მთელ სიმაღლეზე. 2 მმ სისქის ფურცლების შედუღება უნდა წარმოებდეს შუალედის გარეშე. ასეთი შედუღებისას მცირდება ფურცლების დეფორმაციის შესაძლებლობა. ამავე მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნას ფურცლებზე, სპეციალური სამარჯვების დახმარებით მიბჯენილი ტექსტოლიტის სადებები. შედუღება ნაწიბურების გამოყვანის გარეშე უმჯობესია შესრულდეს ორმხრივი ნაკერის დადებით, რაც მთელი კვეთის გასწვრივ უზრუნველყოფს სრულ ჩადუღებას. ნაწიბურების გამოყვანით პირა-პირა ნაკერები (სურ. 3.5. ბ-დ) გამოი-



სურ. 3.5

პირა-პირა შენადული შეერთებების კონსტრუქციები

ყენება 4-20 მმ-დე სისქის დეტალების შედუღებისათვის. გამოიყენება, როგორც ცალმხრივი ისე ორმხრივი გამოყვანა, V-მაგვარი და X-მაგვარი გამოყვანა. ნაწიბურების გამოყვანის ოპტიმალური კუთხე დამოკიდებულია შესადუღებელი მასალის როგორც გვარობაზე, ისე სისქეზე და შეადგენს 50-90°. 4-10 მმ სისქის ფურცლებისათვის შეადგენს 70°, ხოლო 12 მმ-ზე მეტი სისქეებისათვის 60°-ს და ნაკლებს. გამოყვანის დიდი კუთხეების შემთხვევაში მცირდება შეუდუღებლობის ალბათობა და იქმნება მუშაობის მოხერხებული პირობები, მაგრამ იზრდება მისართი მავთულით ამოსავსები სივრცის მოცულობა. ნაწიბურების X-მაგვარი გამოყვანით შედუღებისას გამოყენებული მისართი მასალის რაოდენობა 1,6-1,7-ჯერ მცირდება ნაწიბურების V-მაგვარი გამოყვანით შედუღებასთან შედარებით, აგრეთვე მცირდება შედუღების დეფორმაციები.

4 მმ სისქის ვერტიკალური ელემენტების შედუღებისას გამოიყენება ტესებრი შედუღება ნაწიბურების გამოყვანის გარეშე. 4-20 მმ სისქის შედუღებისას კი ცალმხრივი ან ორმხრივი გამოყვანით. კუთხური შეერთებები, რომლებიც გამოიყენება სახურავების, ფსკერების, მილტუჩების და მათი მსგავსი დეტალების შესადუღებლად, სრულდება მხოლოდ ნაწიბურების გამოყვანით, რათა თავიდან ავიცილოთ ნაკერის ქიმის შეუდუღებლობა. პირგადადებული შეერთებები გამოიყენება იშვიათად, ვინაიდან გამჭიმავი და ლუნვითი დატვირთვებისას ხასიათდება შედარებით დაბალი მექანიკური სიმტკიცით. პირგადადებული შეერთებების სომტკიცე რამდენჯერმე ნაკლებია პირაპირა შეერ-

თებებთან შედარებით.

ცხელი აირით შედუღების რეჟიმის ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრებია: აირის ხარჯი და ტემპერატურა, მისართი წნელის მასალის გვარობა, კვეთის ფორმა და დიამეტრი, მისართი წნელის დახრის კუთხე შედუღების ზონაში მიწოდებისას, სანთურის შესადუღებელი მასალის სიბრტყისადმი დახრის კუთხე, წნელზე მოდებული ძალა, შედუღების სიჩქარე.

სანთურის გამოსასვლელზე აირის ტემპერატურა 50-100°C - ით უნდა აღემატებოდეს შესადუღებელი თერმოპლასტიკების თხიერდენადობის მდგომარეობის ტემპერატურას. შედუღების პროცესში სანთურის საქმენსა და შესადუღებელ მასალას შორის დაშორება შეადგენს 5-8 მმ-ს და ამ შუალედში ადგილი აქვს აირის ჭავლის მიერ თბურ დანაკარგებს, ამიტომ აუცილებელია ამ დანაკარგების კომპენსაციისათვის აირის ტემპერატურის მატება.

ცხელი აირით შედუღებისათვის გამოიყენება, როგორც პირდაპირი, ისე ირიბი მოქმედების სანთურები. აირის ხარჯი პირველი ტიპის სანთურებისათვის შეადგენს 1-3,5 მ³/სთ, ხოლო მეორესთვის - 1-2 მ³/სთ. თუ აირის ხარჯი რეკომენდირებულზე ნაკლებია, მაშინ ადგილი აქვს შეუდუღებლობას და მცირდება მწარმოებლობა.

მისართი წნელის მასალა, როგორც წესი უნდა იყოს იგივე, რაც შესადუღებელი მასალა. ხშირად გამოიყენება მასალები პლასტიფიკატორების დანამატით. მათი გამოყენება ამცირებს სიბლანტეს. მაგრამ, ასეთი მისართი წნელების გამოყენება ისეთი ნამზადების შესადუღებლად, რომლებიც მუშაობენ აგრესიულ გარემოში და მაღალ ტემპერატურებზე, არ არის მიზანშეწონილი, რადგან ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება დაიწყოს რღვევა და პლასტიფიკატორების ამოფშვნა.

მასალებს, რომლებსაც გააჩნიათ თხიერდენადობის მდგომარეობაში ყოფნის მცირე დრო და დიდია დესტრუქციის ალბათობა, ადუღებენ მისართი წნელებით, რომლებიც დამზადებულია პოლივინილქლორიდის პლასტიფიცირებული გამჭვირვალე შემადგენლობისაგან.

ცხელი აირით შედუღებისათვის წნელების დიამეტრი შეადგენს 2-6 მმ-ს, ასევე გამოიყენება ლენტები ზომით 2X3 მმ. მიზანშეწონილია, რომ გამოყენებული იქნას დიდი დიამეტრის წნელები მცირე რაოდენობით. გავლების რაოდენობის შემცირება კი შესაძლებელია, თუ გამოყენებული იქნება გამოყვანილი ნაწიბურების ზომის პროფი-

ლური წნელები. შედუღების წინ წნელები აუცილებლად უნდა იყოს გაწმენდილი ზუმფარის ქაღალდით, რაც აუცილებელია შეერთების სიმტკიცის გასაზრდელად.

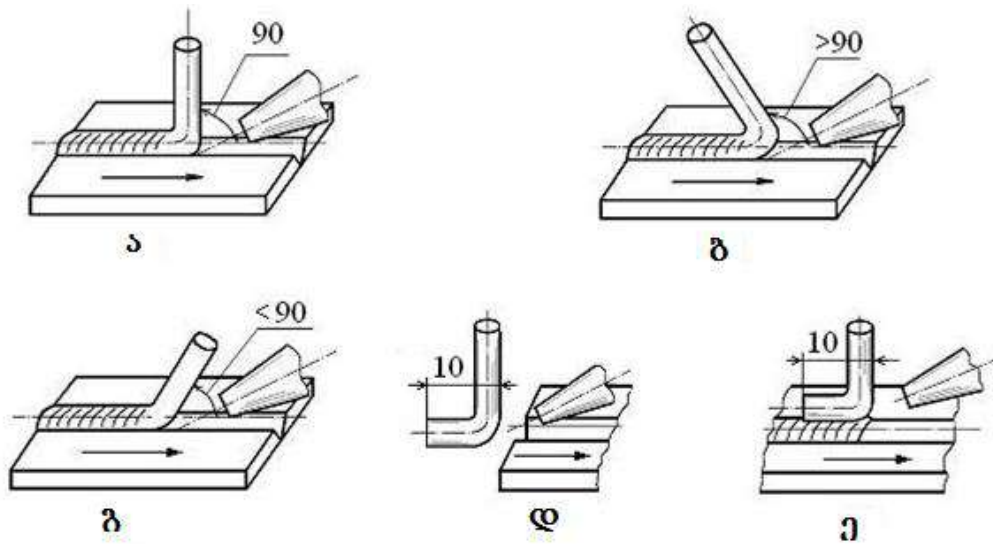
საშემდუღებლო წნელის და სანთურის საქმენის მდგომარეობა ნაკერის ზედაპირის მიმართ გავლენას ახდენს ნაკერის სიმკვრივეზე დასიმტკიცეზე. თუ წნელის დახრის კუთხე 90° -ზე მეტია (სურ., 3. 6. ბ) ძალას, რომლითაც ვმოქმედებთ წნელზე გააჩნია ორი მდგენელი. ჰორიზონტალური მდგენელის მოქმედებით ნაკერში მოთავსებული წნელი გრძელდება და გაცივების დროს შეიძლება გასკდეს. ასეთი შესრულების ტექნიკით დულდება პოლივინილიდენქლორიდი და პოლიპროპილენი. როდესაც წნელის დახრის კუთხე 90° -ზე ნაკლებია (სურ., 3. 6, გ) ის უფრო ჩქარა ხურდება, ვიდრე შესადუღებელი მასალა. ნაკერში ჩალაგებისას წნელის დაჯდომის გამო ხარჯი იზრდება. ამავ დროს, გრძივი კუმშვების გამო ნაკერში აღიძვრება შიდა ძაბვები, რაც იწვევს წნელის ღუნვას ტალღური ზედაპირის წარმოქმნით. ზემოთ თქმულის გარდა მცირდება შედუღების სიჩქარე და რაც მთავარია მცირეა წნელსა და ნაწიბურებს შორის მოჭიდების სიმტკიცე და საკმაოდ ადვილად მოშორებადია.

დაბალი სიმკვრივის პოლიეთილენის, პლასტიფიცირებული პოლივინილქლორიდის და პოლიიზობუტილენის შედუღებისას მისართ წნელს ხრიან $45-50^{\circ}$ გრადუსით.

მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენის, არაპლასტიფიცირებული პოლივინილქლორიდის და სხვა მსგავსი მასალების შედუღებისას წნელი ნაკერში მიეწოდება 90° - ით (სურ. 3. 6, ა). შედუღების წინ წნელი ხურდება, იღუნება მართი კუთხით და ცივდება ჰაერზე. შედუღების წინ კი თავსდება 10-15 მმ მანძილზე ნაკერის დასაწყისიდან (სურ. 3.6, დ).მისართი მასალის გამოცვლისას ახალი წნელის გადაღუნული ნაწილი უნდა განლაგდეს შეწყვეტილი ნაკერის ბოლოს 10 მმ-ის გადაფარვით (სურ. 3.6, ე). შედუღების დაწყებისას სანთურას დახრის კუთხე ნამზადის სიბრტყესთან უნდა შეადგენდეს $55-65^{\circ}$ -ს. შედუღების პროცესში დახრა მცირდება 45° -მდე. ცხელი აირის ჭავლი დიდი დროის განმავლობაში მიმართული უნდა იყოს ძირითად მასალაზე, რადგან მისი მასა მეტია მისართი მასალის მასაზე.

მისართი წნელის მასალა და დიამეტრი განსაზღვრავს მასზემოქმედი დაწნევის ძალას. დაწნევის ძალა შედუღების პროცესში არ უნდა იცვლებოდეს და რიცხობრივად არ უნდა აღემატებოდეს **0,05d** -ს (ნიუტონებში). სადაც **d** წნელის დიამეტრია მილიმეტ-

რეზში. ძალის რეგულირება აუცილებელია, რომ თავიდან ავიცილოთ მისი დაგრძელება.



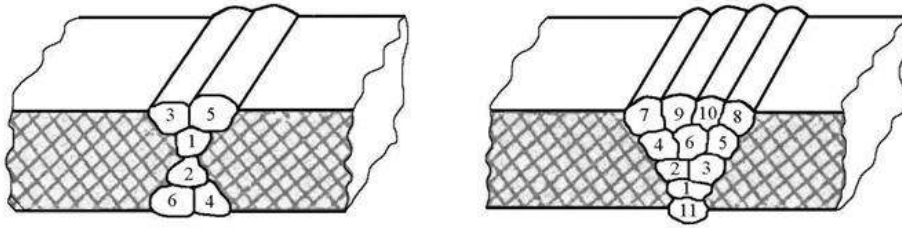
სურ. 3. 6

მისართი წნელისა და სანთურის განლაგება შედუღებისას

შედუღების სიჩქარე დამოკიდებულია შესადუღებლი მასალის გვარობაზე, სისქეზე, მისართი და ძირითადი მასალის გახურების ტემპერატურაზე. მონაცემებზე დამოკიდებულებით შედუღების სიჩქარე შეიძლება იცვლებოდეს 4- დან 15 მ/სთ-მდე. პროცესის მწარმოებლურობის გაზრდის მიზნით მიზანშეწონილია მისართი და ძირითადი მასალის წინასწარი გაცხელება.

ტექნოლოგიურად, ასევე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წნელების ჩალაგებას. ჩალაგების თანმიმდევრობა დამოკიდებულია მასალის სისქეზე და ნაწიბურების გამოყვანის ფორმაზე.

1-2 მმ სისქის მასალები დუღდება ერთი გავლით. 2 მმ-ზე მეტი სისქის დეტალების შედუღება ერთი გავლით საკმაოდ რთულია. ამიტომ საჭიროებს შედუღებას რამდენიმე გავლით. დიდი ყურადღება ექცევა პირველი ლილვაკის მიდუღებას ნაკერის ფუძეში, რისთვისაც გამოიყენება მცირე დიამეტრის წნელი. შემდეგ კი გამოიყენება მეტი დიამეტრის მისართი მასალები. სურ. 3.7-ზე მოცემულია ნაკერების დადების თანმიმდევრობა V-მაგვარი და X-მაგვარი ტიპის შეერთებებისათვის. პირველი ნაკერისათვის გამოიყენება 2-3 მმ დიამეტრის წნელები, შემდეგი შრეებისათვის კი 3 მმ. ამ თანმიმდევრობით შედუღება გამორიცხავს ნაკერში ბზარების წარმოქმნის შესაძლებლობას არა მარტო დიდი სისქეების შემთხვევაში, ასევე მაღალი სიხისტის კვანძებშიც.



სურ. 3.7

მისართი წნელების ჩალაგების თანმიმდევრობა

პოლიმერული მასალების ცხელი აირით შედუღებაში გამოიყენება სანთურები, სადაც თბომატარებელი აირი ხურდება საწვავი აირის წვისას გამოყოფილი სითბოთი ან ელექტრული ენერგიით. თბომატარებელი აირის ტემპერატურა იცვლება 150-400°C შუალედში. ტემპერატურა რეგულირდება, როგორც მისი ისე საწვავი აირის ხარჯის ცვლილებით. საწვავ აირად გამოიყენება აცეტილენი, პროპანი ან ბუნებრივი აირი. სანთურების კონსტრუქცია ითვალისწინებს სხვადასხვა დიამეტრის ბუნიკების გამოყენებას.

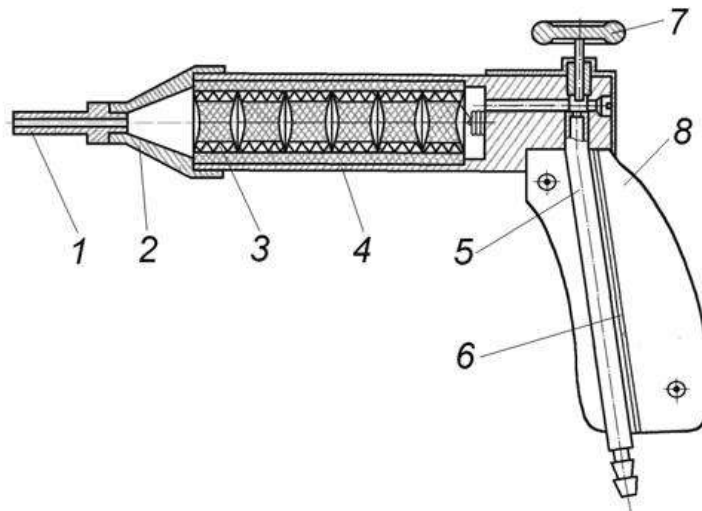
ელექტრული სანთურები გამოდის ორი ტიპის:

- სანთურები ელექტრომახურებლით და აირის მიწოდებით გარე წყაროდან (კომპრესორი, ბალონი და სხვა);
- სანთურები ელექტრომახურებლით და ავტონომიური კვებით. აირის მიწოდება წარმოებს სანთურას კორპუსში დამონტაჟებული საჭირხნის საშუალებით. ამ ტიპის სანთურები დაბალსიმძლავრეანია და გამოიყენება მცირეგაბარიტიანი და თხელკედლიანი ნამზადების შესადუღებლად.

პრაქტიკაში ფართო გამოყენება ჰპოვა სანთურებმა ელექტრული გახურებით თავისი სიმარტივისა და უსაფრთხო გამოყენების გამო. სურ. 3. 8-ზე წარმოდგენილია პისტოლეტის ტიპის შედუღების სანთურა (ГЭП-2), რომლის დანიშნულებაა ლინოლიუმის და სხვა პოლიმერული მასალების შედუღება.

ელექტრული გახურებით სანთურების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს კორპუსის ძლიერი გაცხელება. ამასთან ერთად სპირალი იფარება ხენჯით, რომლის ნაწილი ჰაერით შებერვის შედეგად ხვდება ნაკერში და ამცირებს მის სიმტკიცეს. ამ ნაკლის აღმოფხვრა შესაძლებელია სპირალის შეცვლით უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული მილისებრი კლაკნილათი, რომლის ბოლოები მიერთებულია დენის წყაროსთან, კლაკნილაში კი მიეწოდება ჰაერი. სანთურას მუშა ძაბვა შეადგენს 4-5 ვ, სიმ-

ძლავრე კი 0,5 კვტ.



სურ.3.8

შედუღების სანთურა

1. საქშენი; 2. ბუნიკი; 3. ელ.სპირალი; 4. ლითონის კორპუსი; 5. ჰაერის მიწოდების მილი;
6. დენმიმცვანი; 7. ხარჯის მარეგულირებელი ვენტილი.

ელექტრული სანთურების გარდა გამოიყენება აირული სანთურები, რომლებიც იყოფა ორ ჯგუფად პირდაპირი და ირიბი მოქმედების. სანთურები მუშაობს პროპანზე ან ბუნებრივ აირზე და ჰაერზე.

4. მისართი მასალით და გადნობით პლასტმასების შედუღება.

პროცესის არსი და სქემები. შედუღების ტექნოლოგია და რეჟიმის პარამეტრები.

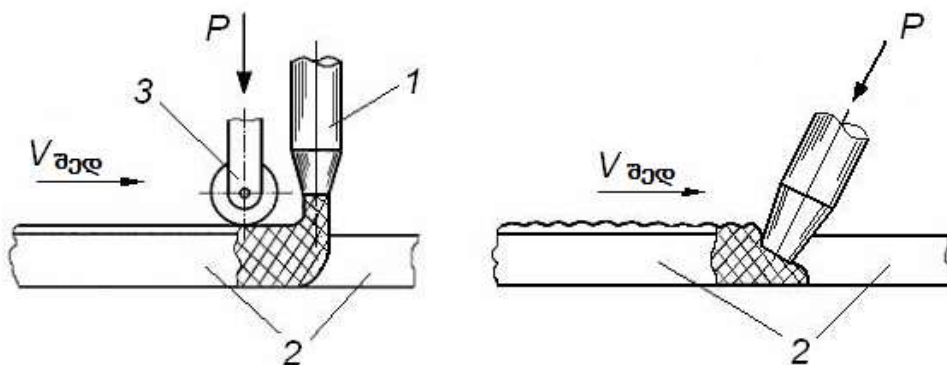
გადნობით შედუღების მოწყობილობა.

თერმოპლასტების შედუღება ნადნობით დაფუძნებულია მისართი მასალის ნადნობის სითბოს გამოყენებაზე. გამახურებელი მოწყობილობიდან შედუღების ზონაში მიეწოდება მისართი მასალის ნადნობი, რომლისგანაც გამოყოფილი სითბო გადაეცემა შესადუღებელ ზედაპირებს. მეთოდი საკმაოდ მარტივია, მაღალმწარმოებლური, გააჩნია ფართო ტექნოლოგიური შესაძლებლობები და იძლევა საშუალებას მაღალი ხარისხის შენადული შეერთებების მიღებისა.

ნადნობის მიწოდება წარმოებს უწყვეტად და პერიოდულად. უწყვეტი მიწოდებისათვის გამოიყენება ან ექსტრუდერები ან პისტოლეტები გამახურებლით, საიდანაც მიეწოდება მისართი წნელი, რომელიც უზრუნველყოფს ნადნობის გამოდევნას შედუღების ზონაში. პირველ შემთხვევაში შედუღებას ეწოდება ექსტრუზიური ან შედუღება ექსტრუდირებული მისართით, ხოლო მეორე შემთხვევაში - შედუღება გახურებული წნელით.

შედუღების ზონაში ნადნობის პერიოდული მიწოდებისათვის გამოიყენება სამსხმელო მანქანები. ამიტომ ამ მეთოდს ასევე უწოდებენ წნევის ქვეშ ჩამოსხმით შედუღებას.

ექსტრუზიური შედუღება ხორციელდება კონტაქტური და არაკონტაქტური სქემებით (სურ. 4.1).



სურ. 4.1

ექსტრუზიური შედუღების სქემები

1. ექსტრუდერის სატუჩე; 2. შესადუღებელი დეტალები; 3. მისატკეპნი გორგოლაჭი

უკონტაქტო შედუღებისას ექსტრუდერის სატუჩე არ კონტაქტირებს შესადუღებელ დეტალებთან. ის დგება ისეთ მანძილზე, რომ ექსტრუდერიდან გამოდევნილმა ნაღობმა ვერ მოასწროს გაცივება. ამავე მოსაზრებიდან გამომდინარე, ნაღობის ტემპერატურა 40-50°C - ით უნდა არემატებოდეს დენადობის ტემპერატურას. მისართი მასალის მჭიდროდ მიჭერისათვის დეტალის ზედაპირზე გამოიყენება სპეციალური სამარჯვები: გორგოლაჭები, ცოციები და სხვა.

კონტაქტური შედუღებისას ექსტრუდერის სატუჩე ეხება შესადუღებელი დეტალების ნაწიბურებს, რაც ამცირებს თბოდანაკარგებს გარემოში და ხორციელდება ნაწიბურების წინასწარი გახურებით. ექსტრუდერში არსებული წნევა საკმარისია, რომ მისართ მასალასა და დეტალების ნაწიბურებს შორის მოხდეს მჭიდრო კონტაქტი, რაც გამორიცხავს დამატებითი სამარჯვების გამოყენებას.

ერთი გავლით შედუღებისას ექსტრუდერს აქვს ნაწიბურების გამოყვანის ფორმა და გადაადგილებისას ვერტიკალისადმი დახრილია 10 -15° - ით.

შესაძლებელია საწვავი აირით შესადუღებელი დეტალების წინასწარი გაცხელება ექსტრუდერის სატუჩის საშუალებით. ამ სქემით შედუღებას ეწოდება კონტაქტურ-ექსტრუზიური შედუღება წინასწარი გახურებით.

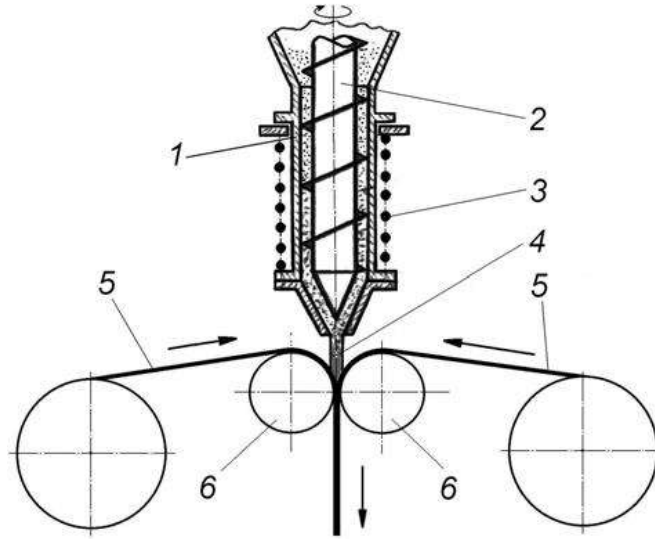
ექსტრუზიური შედუღება, ჩვეულებრივ გამოიყენება ისეთი თერმოპლასტების შესადუღებლად, რომლებსაც გააჩნიათ დაბალი დენადობის ტემპერატურა და ბლანტ-დენადობის მდგომარეობის ფართო ტემპერატურული ინტერვალი, რის გამოც მასალა ყოველგვარი დესტრუქციის გარეშე უძლებს დიდ გადახურებას. ასეთ მასალებს მიეკუთვნებათ პოლიეთილენი, პოლიპროპილენი, პლასტიფიცირებული პოლივინილქლორიდი და სხვა.

უკონტაქტო ექსტრუზიური შედუღების გამოყენება მიზანშეწონილია თხელკედლიანი (3 მმ-მდე) მასალების შესაერთებლად. ასეთ მასალებს მიეკუთვნება ერთი და მრავალშრიანი აფსკები და არმირებული აფსკის მასალები. შედუღება წარმოებს მისართი მასალის ნაღობის უწყვეტი მიწოდებით შესაერთებელ ზედაპირებს შორის და მისაჭერ გორგოლაჭებს შორის ერთობლივი გავლით (სურ. 4.2).

აფსკების შედუღების სიჩქარე დამოკიდებულია ექსტრუდერის მწარმოებლურობაზე და მათ სისქეზე. სიჩქარის დიაპაზონია 0,5 – 3 მ/წმ-დე.

60 მკმ-დე სისქის აფსკების შედუღება წარმოებს აფსკების ორმაგ შრეზე მისართი

მასალის მიწოდებით. ერთშრიანი და არმირებული აფსკების მასალების შედუღებისას მისართი მასალის სისქე უნდა იყოს აფსკის სისქის ტოლი, ხოლო პირგადადების სიგანე - 3-4 მმ (400 მკმ სისქის აფსკებისათვის).



სურ. 4.2

პოლიმერული აფსკების უკონტაქტო ექსტრუზიური შედუღების სქემა

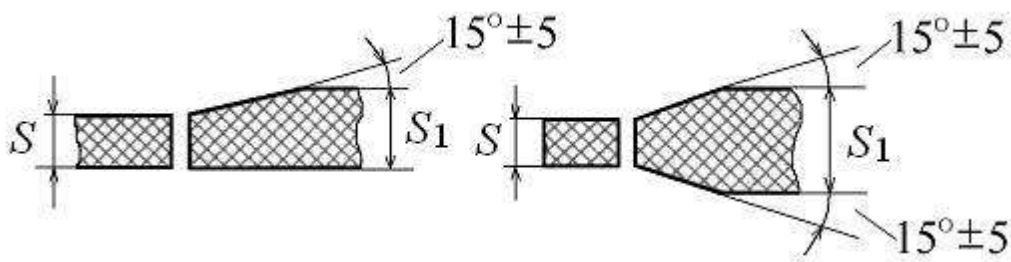
1.ექსტრუდერის კორპუსი; 2.შნევი; 3. გამახურებელი; 4. მისართი ექსტრუდერიდან; 5.

შესადუღებელი აფსკები; 6. მისაჭერი გორგოლაჭები.

ექსტრუდირებული მისართით შედუღება გამოიყენება პირაპირა, კუთხური, ტესებრი და პირგადადებული შეერთებებისათვის. 3 მმ-დე ფურცლოვანი მასალის ექსტრუზიური შედუღება სრულდება მხოლოდ კონტაქტური მეთოდით და ნაწიბურების გამოყვანის გარეშე. დიდი სისქეების შემთხვევაში გამოიყენება X-მაგვარი და V-მაგვარი გამოყვანა. მნიშვნელოვანია გამოყვანის კუთხის სწორი შერჩევა, რადგან მასზე ბევრად არის დამოკიდებული შენადული ნაკერის სიმტკიცე. ნამზადებისათვის V-მაგვარი გამოყვანით 100° - მდე ნაწიბურების გახსნის კუთხის გაზრდისას სიმტკიცე იზრდება, ხოლო X-მაგვარი გამოყვანის შემთხვევაში 80°-მდე გაზრდისას. ორივე შემთხვევაში აღწევს შესადუღებელი მასალის სიმტკიცეს. გახსნის კუთხის შემდგომი მომატებისას იზრდება მისართი მასალის ხარჯი, და შესაბამისად გავლების რაოდენობაც, რასაც მივყავართ შედუღების სიჩქარის შემცირებასთან. მტკიცე და ჰერმეტიული შენადული ნაერთების მისაღებად შესადუღებელ დეტალებს შორის ღრეჩო უნდა შეადგენდეს 1,5 – 2,5 მმ-ს. ხელით შედუღების შემთხვევაში რთულია მთელი სიგრძის გასწვრივ უზრუნველყო ნაკერის ფესვის სტაბილური ჩადნობა. ამიტომ, ასეთ შემთხვევებში მიმართავენ მეორე

მხრიდან ნაკერის ფესვის მიდუღებას. თუ მეორე მხარე მიუდგომელია, მაშინ გამოიყენება ქვესადებები, რომლებიც მზადდება მცირე თბოგამტარებლობის მასალებისაგან: კერამიკა, პოლიმერული დანაფარებიანი ლითონები, პოლიმერები.

სისქეთასხვაობა პირაპირა შედუღებისას არ უნდა აღემატებოდეს 1 მმ-ს. თუ სხვაობა აღემატება 1 მმ-ს, მაშინ დიდი სისქის შესადუღებელ მასალაზე S_1 , ცალი მხრიდან ან ორივე მხრიდან კეთდება ცერობი $15 \pm 5^\circ$ მეორე S მასალის სისქემდე (სურ. 4.3). ნაწიბურების მომზადება შესაძლებელია, როგორც საჭრისებით, ისე სახარატო ან საფრეზო ჩარხებზე.



სურ. 4.3

ნაწიბურების მომზადება სხვადასხვა სისქის დეტალების შედუღებისას

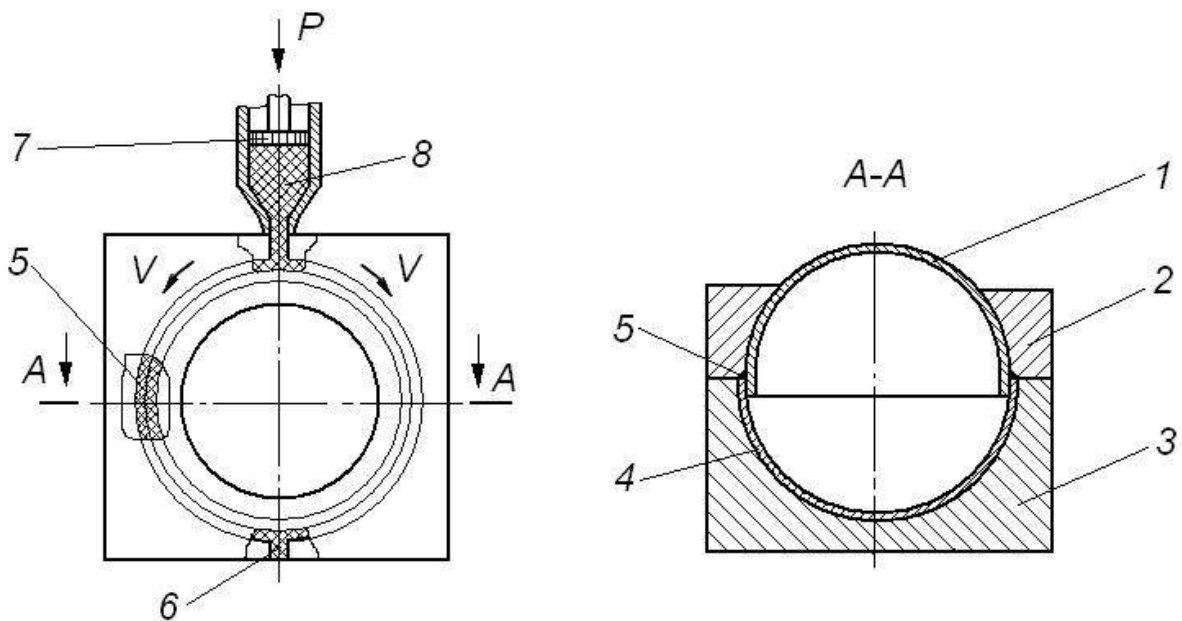
პირაპირა და კუთხური შენადული შეერთებების მიღებისას გავლების რაოდენობა დამოკიდებულია მასალების სისქეზე და ექსტრუდერის მწარმოებლურობაზე. 6 მმ-დე სისქის მასალების შედუღება შეიძლება შერულდეს ერთი გავლით, ხოლო 6 მმ-ზე მეტის სისქეების რამდენიმე გავლით.

ექსტრუზიური შედუღების ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრებია: მისართი მასალის ტემპერატურა; შედუღების სიჩქარე; ნადნობზე ნაწარმოები წნევა. შედუღების სიჩქარის ოპტიმალური მნიშვნელობების დიაპაზონია 5 – 300 მ/სთ, ხოლო ნადნობზე ნაწარმოები წნევის 0,05 – 0,6 მგპა. მისართი ნადნობის ტემპერატურა, რაც მეტია ექსტრუდერის გამოსასვლელზე, მით ნაკლებია წნევა და მეტია შედუღების სიჩქარე. შედუღებისას ოპტიმალური რეჟიმების დაცვა, განაპირობებს მტკიცე ნაკერის მიღებას. აქვე უნდა ავღნიშნოთ, რომ რეჟიმის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები არ არის დამოკიდებული შესადუღებელი მასალის სისქეზე. საუკეთესო შედეგები მიიღება, როდესაც მისართიც და შესადუღებელი მასალები ერთნაირია.

შედუღება გახურებული წნელით ყველაზე ხშირად გამოიყენება სამონტაჟო მუშა-

ობისას, როდესაც გამოსაყენებელია მცირეგაბარიტიანი მოწყობილობები. მოწყობილობის გამახურებელ ცილინდრში უწყვეტად მიეწოდება მისართი წნელი, რომელიც გამდნარ მდგომარეობაში მიეწოდება შედულების ზონაში. წნელის გახურება წარმოებს ცხელი ჰაერით ან ელექტროგამახურებლის საშუალებით. ზოგჯერ ეს მეთოდი გამოიყენება შესადულებელი მასალის წინასწარ გახურებასთან ერთად. რეკომენდირებულია 2,5 – 6 მმ დიამეტრის მისართი წნელების გამოყენება.

როგორც უკვე ავლნიშნეთ ექსტრუდირებული მისართით შედულების ერთ-ერთ ნაირსახეობას წარმოადგენს წნევის ქვეშ ჩამოსხმით შედულება (სურ. 4.4). ნაღნობი პერიოდულად მიეწოდება შედულების ზონაში სამსხმელო მანქანიდან. ამ მეთოდით ძირითადად დუღდება წინასწარ დაშტამპული დეტალები.



სურ. 4.4

სფერული კონსტრუქციის წნევის ქვეშ ჩამოსხმით შედულების სქემა

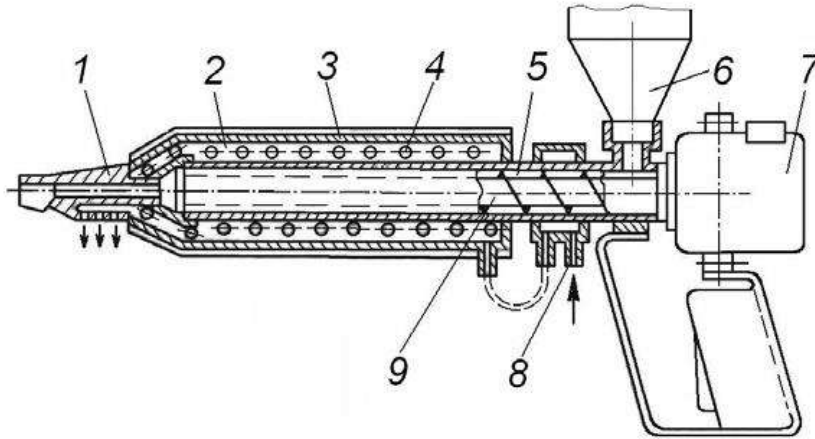
1. ზედა ნახევარსფერო; 2. და 3. პრესფორმის ნაწილები; 4. ქვედა ნახევარსფერო; 5.

შენადული ნაკერი; 6. საკონტროლო ნახვრეტი; 7. სამსხმელო მანქანა; 8. მისართი მასალა; V- გამდნარი მასალის მოძრაობის მიმართულება.

შედულება სრულდება სპეციალურ ფორმაში, რომლის გასართის ხაზზე განლაგებულია არხები. მისართის ნაღნობი, რომელიც მასზე ნაწარმოები წნევის მოქმედებით გამოიდევენება არხებიდან, გადასცემს რა სითბოს ნაწილს შესაერთებელი დეტალების ნაწიბურებს, ადნობს და აერთებს გასართის ხაზის გასწვრივ. ეს მეთოდი ხასიათდება მაღალი მწარმოებლურობით. წნევის ქვეშ ჩამოსხმით შედულება გამოიყენება ისეთი

დეტალების შესადუღებლად, რომლებსაც გააჩნიათ რთული კონფიგურაციის ზედაპირები.

ექსტრუზიური შედუღებისათვის შემუშავებულია მცირეგაბარიტიანი ნახევარავტომატები პირდაპირი დინების პისტოლეტები და პისტოლეტები შნეკით. ამ უკანაკნელში გამოიყენება პოლიმერული მასალის გრანულები (სურ.4 .5)



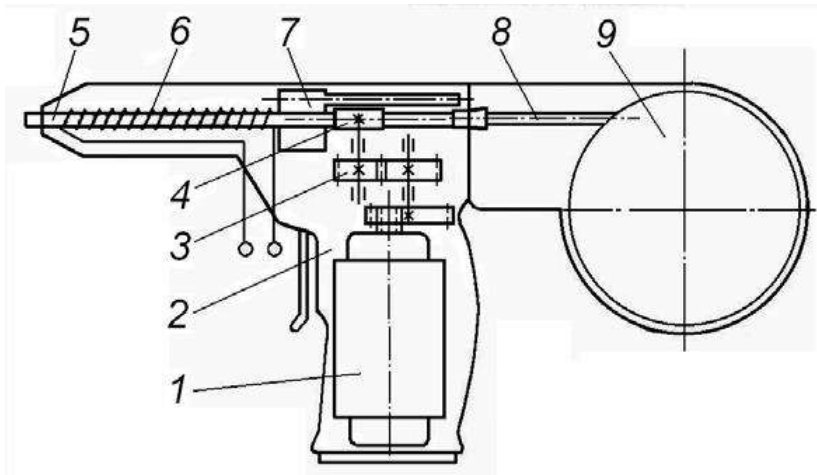
სურ. 4.5

შნეკიანი პისტოლეტი

1. სატუჩე; 2. თბომატარებელი აირის მიწოდების არხი; 3. კორპუსი; 4. ელექტროგამახურებელი; 5. მისართის მიწოდების არხი; 6. ბუნკერი გრანულებისათვის; 8. აირის მიწოდების მილტუჩა; 9. შნეკი

ამისათვის კორპუსზე გარდება ბუნკერი გრანულებისათვის. ბუნკერი დაკავშირებულია პისტოლეტის ხენტრალურ არხთან, სადაც ბრუნავს შნეკი, ხოლო სატუჩეს გვერდით კედლებზე დატანებულია ნახვრეტები, საიდანაც მიეწოდება ცხელი აირი. შნეკის ბრუნვა ხორციელდება ელექტროძრავის და მასთან დაკავშირებული პლანეტარული რედუქტორის საშუალებით. ცილინდრს, რომელშიც მდებარეობს შნეკი, გააჩნია გრანულების ჩატვირთვის ზონა, რომელიც ცივდება წყლით და ელექტროგახურების ზონა, სადაც ტემპერატურა რეგულირდება გამახურებელ ელემენტში დენის ძალის ცვლილებით. სატუჩეს ფორმა შეესაბამება შესადუღებელი მასალების ნაწიბურების გამოყვანის ფორმას.

სურ. 4.6 -ზე მოყვანილია პირდაპირი დინების პისტოლეტის სქემა. მასში განლაგებულია მისართი წნელის მიწოდების მექანიზმი, რომელიც შედგება ელექტროძრავისა და რედუქტორისაგან მიმწოდებელი გორგოლაჭებით.



სურ.4.6

პირდაპირი დინების პისტოლეტი

1. ელექტროძრავი; 2. სახელური; 3. რედუქტორი; 4. მიმწოდებელი გორგოლაჭები; 5. ცილინდრი; 6. ელექტროგამახურებელი; 7. გამაცივებელი; 8. მისართი წნელი; 9. კასეტი მისართი მასალით.

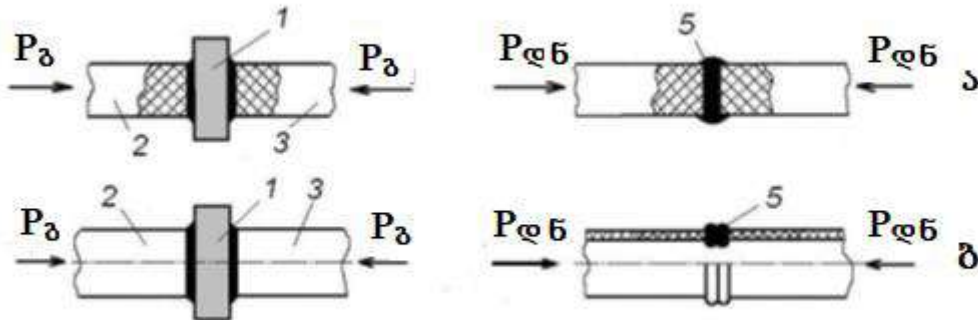
მისართი მასალის გასადნობად გამოიყენება ცილინდრი ელექტროგამახურებლის ელემენტით. ცილინდრი ჩასმულია გამაგრილებელში, რომელიც აცივებს ცილიდრის შესასვლელს, რადგან თავიდან ავიცილოთ მისართი მასალის წინასწარი დარბილება. ასეთი პისტოლეტის მწარმოებლურობა შეადგენს 0,25 კგ/სთ.

5. პლასტმასების შედუღება ცხელი ინსტრუმენტით.

პროცესის არსი და სქემები. შედუღების ტექნოლოგია პირდაპირი გახურებით და მისი ნაირსახეობები.

თერმოპლასტების შედუღებისას თბური ენერჯის მიწოდება შესაერთებელ დეტალებთან, საკმაოდ მარტივად შეიძლება ცხელ ინსტრუმენტთან მათი მჭიდრო კონტაქტით. ამ პრინციპზე დაფუძნებულ მეთოდს ეწოდება „შედუღება ცხელი ინსტრუმენტით“. პრაქტიკაში ეს მეთოდი ასევე ცნობილია „თერმოკონტაქტური შედუღების“ სახელით.

ცხელ ინსტრუმენტთან კონტაქტში შეიძლება იყოს როგორც უშუალოდ შესადუღებელი ზედაპირები, ისე დეტალის სხვა ზედაპირები. პირველ შემთხვევაში (სურ. 5.1) ზედაპირების გახურება ხორციელდება მათთან მჭიდრო კონტაქტში მყოფი ცხელი ინსტრუმენტიდან თბოგადაცემის გზით. ამ სქემას უწოდებენ შედუღებას პირდაპირი გახურებით ან დნობით შედუღებას.



სურ. 5.1

პირდაპირი გახურებით შედუღების სქემები

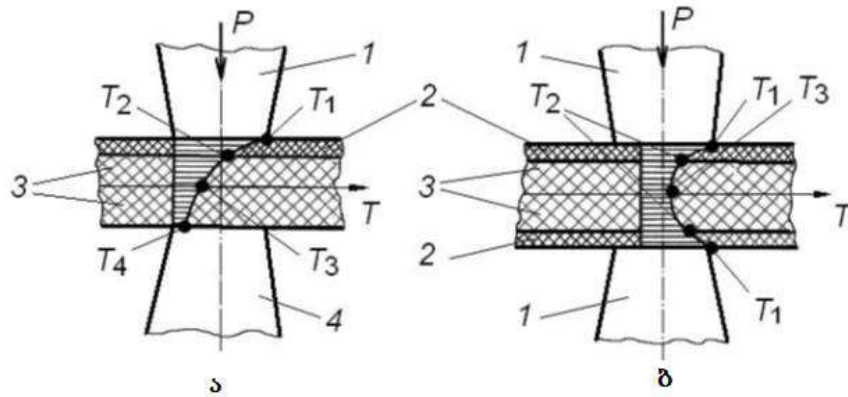
ა. ღეროების პირაპირა შედუღება; ბ. მილების პირაპირა შედუღება;

1. ცხელი ინსტრუმენტი; 2, 3. შესადუღებელი დეტალები; 4. მიმჭერი გორგოლაჭები;

5. შენადული ნაკერი;

მეორე შემთხვევაში (სურ. 5.2) შესადუღებელი ზედაპირები ხურდება იმ თერმოპლასტის თბოგამტარებლობის ხარჯზე, რომელიც განლაგებულია შესაერთებელ ზედაპირებს შორის და აგრეთვე ცხელ ინსტრუმენტთან შეხებაში მყოფ ზედაპირებს შორის. ასეთი ტიპის ტექნოლოგიურ პროცესს უწოდებენ შედუღებას ირიბი გახურებით.

დაწვრილებით განვიხილოთ შედუღება პირდაპირი გახურებით, რომელიც გამოიყენება პლასტმასის მილსადენების, სხვადასხვა პროფილის კონსტრუქციების შედუღებაში.



სურ. 5.2

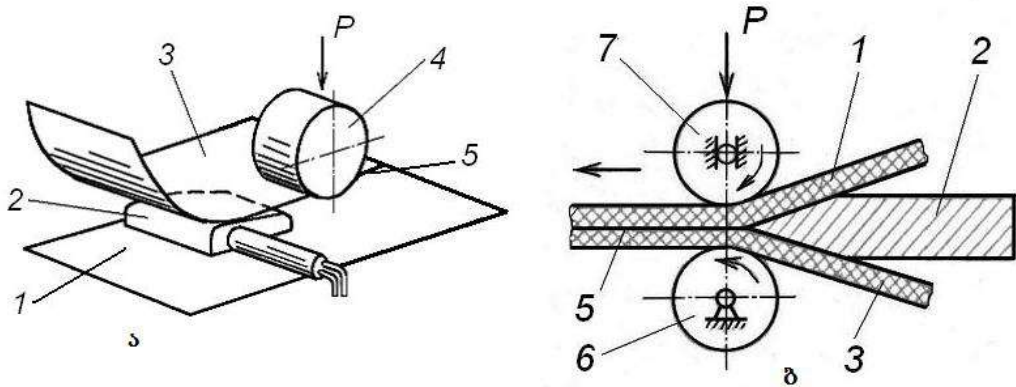
ირიბი გახურებით შედუღების სქემები

ა. პირგადადებული შეერთება სითბოს ცალმხრივი მიწოდებით; ბ. პირგადადებული შეერთება ორმხრივი სითბოს მიწოდებით.

1. ცხელი ინსტრუმენტი; 2. ქვენადები; 3. შესადუღებელი დეტალები; 4. ცივი ინსტრუმენტი; T_1-T_4 - ტემპერატურის განაწილება სისქის მიხედვით;

ბისათვის. საკმაოდ მარტივად მიიღება ღეროების, მილების, ფილების, პოლიეთილენის, პროპილენის და პოლივინილქლორიდის პროფილების პირაპირა შეერთებები. შესადუღებელი მასალების სისქეების დიაპაზონია 2-20 მმ (სურ. 5.1), შედუღების პროცესი შედგება სამი ეტაპისაგან. პირველ ეტაპზე მიმდინარეობს შესადუღებელი დეტალების ზედაპირების გახურება ან შემოღობვა. მეორე ეტაპი მოიცავს ტექნოლოგიურ პაუზას, რომლის დროს შედუღების ზონიდან გადაადგილებენ ცხელ ინსტრუმენტს. მესამე ეტაპზე სრულდება დეტალების დაჯდომა, მათზე დაწნევით იმ დროის განმავლობაში, რომლის განმავლობაშიც მიიღწევა გაცივებისათვის აუცილებელი ტემპერატურა.

ფურცლოვანი ელასტიური თერმოპლასტების და აფსკების პირგადადებული შეერთებების შედუღება მიმდინარეობს უწყვეტ რეჟიმში. სურ. 5.3-ზე ნაჩვენებია აფსკების უწყვეტი შედუღების სქემა. აფსკებს შორს გადაადგილდება სოლის ფორმის ცხელი ინსტრუმენტი. აფსკები, სოლის კონტაქტისას მათ შიდა ზედაპირებთან, ხურდებიან შედუღების ტემპერატურამდე, შემდეგ კი გორგოლაჭის საშუალებით, რომელიც გადაადგილდება ცხელი სოლის კვალდაკვალ, ზედაპირები ერთმანეთს მჭიდროდ ეჭირება და მიიღება შენადული ნაკერი.



სურ.5.3

ცხელი სოლით აფსკების შედუღების სქემა

ა, ცხელი ინსტრუმენტის (სოლის) ხელით გადაადგილდება;

ბ. შესადუღებელი აფსკების მექანიზირებული გადაადგილებით.

1,3. შესადუღებელი აფსკები; 2. ცხელი ზოლი; 4. მიმჭერი გორგოლაჭი; 5. შენადული ნაკერი; 6,7. მიმწოდებელი გორგოლაჭი.

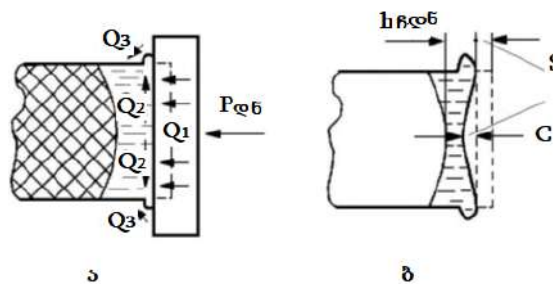
ცხელი ინსტრუმენტით (სოლით) შედუღება გამოიყენება არანაკლებ 500 მკმ სისქის აფსკების შესადუღებლად. ნაკლები სისქის მასალების შედუღებისას მიმჭერი გორგოლაჭებით ზიანდება ზედა აფსკი. ასევე გამოიყენება მექანიზირებული შედუღება, რომლის დროსაც ან ცხელი ინსტრუმენტი გადაადგილდება მექანიზირებულად, ან შესადუღებელი მასალა. წარმოების პირობებში ფართოდ გამოიყენება შედუღების სქემა, როდესაც ინსტრუმენტი უძრავია, ხოლო შესადუღებელი აფსკები გადაადგილდება გორგოლაჭების საშუალებით (სურ. 5.3, ბ). პირდაპირი გახურებით დეტალების შედუღების ძირითად ტექნოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება:

- გამახურებლის ტემპერატურა - $T_{გ}$;
- გახურების ხანგრძლივობა - $t_{გ}$;
- ინსტრუმენტის დაწოლის ძალა დეტალზე (დნობის წნევა) - $P_{დწ}$;
- ჩაჯდომის წნევა - $P_{ჩ}$;
- შედუღების შემდეგ წნევის ქვეშ დაყოვნების დრო - $t_{გაგ}$;
- დნობის სიჩქარე - $v_{დწ}$;
- ჩაჯდომის სიჩქარე - $v_{ჩ}$;
- ჩაჯდომის სიდიდე - $\Delta_{ჩ}$;

ავსკების შემოღობით შედუღებისას ძირითად ტექნოლოგიური პარამეტრებია ცხელი სოლის ტემპერატურა - T_g , მისი გადაადგილების სიჩქარე, რომელიც შედუღების სიჩქარის ($v_{შედ}$) ტოლია და გორგოლაჭის მიჭერის P ძალვა.

შენადულ ნაკერში საკუთარი ძაბვების წარმოქმნა და განვითარება, მათი რელაქსაცია, სტრუქტურული ცვლილებები, თბური და რეოლოგიური პროცესების კინეტიკა დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პარამეტრების სწორ შერჩევაზე.

თერმოლასტებისაგან დამზადებული დეტალების შემოღობით კონტაქტური პირაპირა შედუღებისას ცხელი ინსტრუმენტი უშუალო კონტაქტშია ნამზადის შესადუღებელ ნაწიბურებთან. გახურების პროცესში მიმდინარეობს დეტალის შემოღობა (დამოკლება) გარკვეულ S სიდიდეზე, რაც გამოწვეულია გამდნარი მასალის ნაწილის გამოდინებით კონტაქტის ზონიდან (სურ. 5.4)



სურ. 5.4

ზედაპირის შემოღობვა შედუღების წინ

ა. შემოღობვის იზოთერმა; ბ. ზედაპირის ფორმა გამახურებლის მოშორების შემდეგ

შემოღობვის პროცესი შედუღების წინ აუცილებელია, რომ უზრუნველყოფილი იქნას შესადუღებელი დეტალების ტორსების თანაბარი გახურება გარკვეულ სიღრმემდე. ასეთი გახურების ეფექტურობისათვის აუცილებელია შესადუღებელი ტორსების მჭიდრო კონტაქტი ცხელ ინსტრუმენტთან. ეს მიიღწევა მიკროუსწორმასწორობების შემოღობით და წნევის მოქმედებით წარმოქმნილი ნადნობის მოშორებით. რაც მეტია ინსტრუმენტის ტემპერატურა და წნევა, და რაც უფრო ნაკლებია ნადნობის სიბლანტე, მით უფრო უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ზემოთ მოყვანილი პროცესები. თბური ენერჯის ძირითადი ნაწილი იხარჯება მიკროუსწორ- მასწორობების შემოღობვაზე, ხოლო ტორსებიდან მოცილებული შრეები პრაქტიკულად არ ხურდება. ამ დროს ეწოდება შემოღობვის ინკუბაციური პერიოდი. ეს სტადია მიმდინარეობს მაქსიმალური დაწნევისას 0,05 – 0,08 მგპა.

გახურების შედეგად პლასტიკური მასების გადასვლა ბლანტდენად მდგომარეობაში მიმდინარეობს გარკვეულ ტემპერატურაზე (დნობის იზოთერმები) და ამ ტემპერატურის თბური ფრონტის მოძრაობის სიჩქარეს ეწოდება ჩადნობის სიჩქარე, ხოლო იზოთერმის გადაადგილების სიღრმეს ჩადნობის სიღრმე $h_{ჩდ}$ (სურ. 5.4, ბ). ბრტყელი გამახურებელით ბრტყელი ნაწიბურების ჩადნობისას თბური ფრონტი, რომელიც ვრცელდება დეტალის შიგნით არ არის გამახურებლის პარალელური. შესაბამისად ჩადნობის საზღვრის წირს გააჩნია პარაბოლას ფორმა (სურ. 5.4, ა). თბური ნაკადის ასიმეტრია დეტალის ჩადნობილ ზედაპირზე გამოწვეულია შესაძლებელი დეტალების ზედაპირების კიდებზე თბური ენერჯის მიწოდებით, არა მარტო ცხელი ინსტრუმენტიდან (Q_1), არამედ, დეტალის შიდა უბნებიდან (Q_2), რაც გამოწვეულია ნადნობის გამოდინებით კონტაქტის ზონიდან დათბური გამოსხივებით (Q_3) ინსტრუმენტის იმ უბნებიდან, რომლებიც კონტაქტის ზონის მიღმაა. ჩადნობის ზონის სიმრუდის შემცირება შესაძლებელია იმ ნაწიბურების გაცივებით, რომლებიც შედარებით ახლოსაა გასახურებელ ზედაპირებთან.

ინკუბაციური პერიოდის დასრულების შემდეგ ჩადნობის სიჩქარე ინტენსიურად იზრდება. მაქსიმალური სიჩქარის მიღწევის შემდეგ მასსა და შემოლხობის სიჩქარეს შორის მყარდება წონასწორობა. პროცესი ხდება კვაზისტაციონალური. ასეთ პროცესში გახურების ეფექტურობა მინიმალურია, რადგან ჩადნობის სიღრმე პრაქტიკულად ია იზრდება. დეტალების შემდგომ გახურებას აზრი არა აქვს, რადგან გამდნარი პოლიმერი მთლიანად გამოედინება ხიწვის სახით, ხოლო ჩადნობისა სიღრმე არ გაიზრდება. პირველადი ხიწვების წარმოქმნის შესამცირებლად, გახურების პროცესში ჩადნობის სიღრმის ზრდის მიხედვით აუცილებელია წნევის შემცირება. წნევის სიდიდე უნდა უზრუნველყოს ინსტრუმენტისა და ნადნობის ისეთი კონტაქტი, რომ თბოგადაცემას მხოლოდ თბოგამტარებლობით ჰქონდეს ადგილი. ჩადნობის მაქსიმალური სიღრმის და მინიმალური პირველადი ხიწვის მისაღებად, შემოლხობის მეორე სტადია უნდა მიმდინარეობდეს წნევის მდორე შემცირებით 0,005-0,01 მგპა-მდე. ეს ხერხი ასევე ხელს უწყობს ჩადნობის ზონის სიმრუდის შემცირებას.

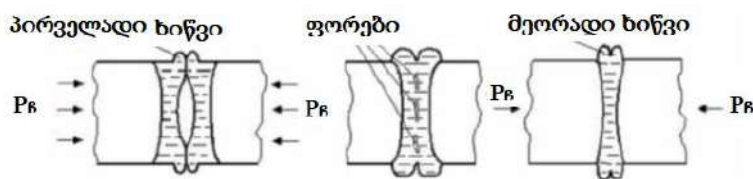
შემოლხობილი ზედაპირიდან ცხელი ინსტრუმენტის მოშორების შემდეგ ნაწიბურები ღებულობენ ნამგალისებურ ფორმას (სურ. 5.4, ბ). ეს ფაქტი აუცილებლად უნდა მივიღოთ მხედველობაში შემოლხობისა და ჩაჯდომის რეჟიმების ტექნოლო-

გიური პარამეტრების შერჩევას. ნამგალისებური ფორმის მიღება გამოწვეულია თერმული დეფორმაციების არათანაბარი განაწილებით და ნადნობის ადგეზიით ინსტრუმენტთან. მისი სიღრმე იზრდება გახურების დროის ხანგრძლივობის და დეტალის კედლის სისქის მომატებით.

შედულებას პირდაპირი გახურებით (შემოლხობით) სრულდება ისეთ რეჟიმებზე, რომლებიც გამორიცხავენ პოლიმერის დესტრუქციას შემოლხობის პროცესში. ეს მიიღწევა, თუ ინსტრუმენტის ტემპერატურა უმნიშვნელოდ აღემატება შესადულებელი მასალების დენადობის ტემპერატურას, ან 100-150°C-ით მეტია მასზე, მაგრამ დიდად უნდა შემცირდეს შემოლხობის ხანგრძლივობა.

დრო (პაუზა), რომელიც აუცილებელია ინსტრუმენტის მოსაცილებლად, ტოლია შემოლხობის ეტაპიდან ჩაჯდომის ეტაპზე გადასვლისათვის საჭირო დროის. ამ დროის განმავლობაში გამდნარი ზედაპირები ზედმეტად არ უნდა გაცივდეს. თუ პაუზა დიდხანს გრძელდება, მაშინ ინტენსიურად ვითარდება ზედაპირების ინსტრუმენტთან კონტაქტისას დაწყებული თერმული ჟანგვით გამოწვეული დესტრუქციის პროცესი, რომლის დროსაც გამოიყოფა აირები. პაუზის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია საშემდულებლო მოწყობილობის ტიპზე და ნამზადის გეომეტრიაზე და უნდა შეადგენდეს 1-3 წმ-ს.

ჩაჯდომა უზრუნველყოფს შემოლხობილ ნაწიბურებს შორის ფიზიკურ კონტაქტს და შესადულებელი დეტალების ზედაპირზე მაკრომოლეკულების ურთიერთქმედებას. მოლეკულათაშორის ურთიერთქმედებას შეიძლება ეწინააღმდეგებოდეს პოლიმერული მასალების ნადნობის მიერ ჩაჭერილი ჰაერის ბუშტულები, დაჟანგული ზედაპირული შრე და სხვა. სურ. 5.5-ზე ნაჩვენებია ნამგალისებური ზედაპირების შეერთებისას ჰაერის ბუშტულების ჩაჭერის პროცესი. ჰაერის შუაშრეების, თერმული ჟანგვით გამოწვეული დესტრუქციის პროდუქტების მოცილება შესაძლებელია მხოლოდ ნადნობის განვითარებული დინებისას შედულების ზონის მიღმა მეორადი ხიწვის წარმოქმნით. ამისათვის

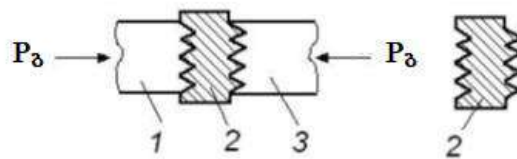


სურ. 5.5

ჰაერის ჩაჭერის სქემა ჩაჯდომის ეტაპზე

წნევა კვლავ უნდა გაიზარდოს და განვითარდეს შესაბამისი ჩაჯდომის სიჩქარე. მეორეს მხრივ, კი ჩაჯდომის მაღალი სიჩქარეების შემთხვევაში ნადნობში წარმოქმნილი დრეკადი დაბევები აღწევენ დიდ მნიშვნელობებს. ჩაჯდომის შემდეგ, თავიდან რომ ავიცილოთ, საკუთარი დაბევების ველების წარმოქმნა, აუცილებელია პირაპირი შეერთების ადგილი დავაყოვნოთ წნევის ქვეშ სრულ გაცივებამდე და დაბევების რელაქსაციამდე.

ნაკერის გასწვრივ ნადნობის დინება გაცივებისას იწვევს მაკრომოლეკულების პირაპირის გასწვრივ ორიენტაციას, რაც აირების შუაშრეების არასრულად გამოძევებასთან ერთად ამცირებს შენადული ნაკერის სიმტკიცეს. გარკვეულწილად ამ ნაკლის აღმოფხვრა შესაძლებელია, თუ გამოვეყენებთ ბრტყელ პროფილირებულ ინსტრუმენტს (სურ. 5.6).



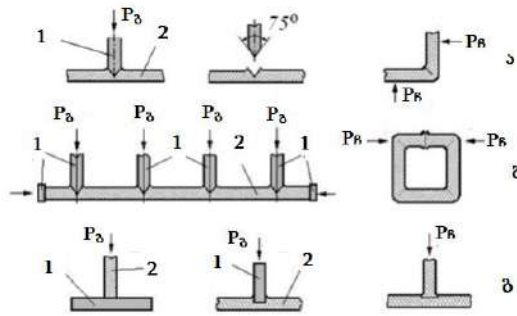
სურ. 5.6

პირაპირა შედუღება ცხელი პროფილირებული ინსტრუმენტით

1. და 3. შესადუღებელი დეტალები; 2. პროფილირებული ინსტრუმენტი.

კონტაქტის ფართობის გადიდებით იზრდება შენადული ნაკერის სიმტკიცე, რომელიც შეიძლება მიუახლოვდეს ძირითადი მასალის სიმტკიცეს.

პირდაპირი გახურებით შედუღების მეთოდით მზადდება კუხოვანები, ტესებრი შეერთებები, ჩაკეტილი პროფილები და სხვა (სურ. 5.7). ასეთი დეტალების დასამზადებლად ერთი ან რამოდენიმე სოლისმაგვარი ცხელი ინსტრუმენტი ფურცლოვან ნამზადში 75⁰-იანი კუთხით უნდა ჩაინერგოს სისქის 2/3 – 3/4 სიღრმეზე (სურ. 5.7, ა,ბ). ინსტრუმენტების მოშორების შემდეგ ფურცლები იღუნება ჩანერგვის ადგილების გასწვრივ შენადული ნაკერის წარმოქმნით. ამ სქემას უწოდებენ შედუღებას გადაღუნვით. ტესებრი შეერთებების შედუღებისას (სურ. 5.7, გ) შესადუღებელი ზედაპირები განცალკავებულად ხურდება. ინსტრუმენტის მოცილების შემდეგ, შედუღებას აწარმოებენ განსაზღვრული ძალვით ზედაპირების ერთმანეთთან მიჭერით.

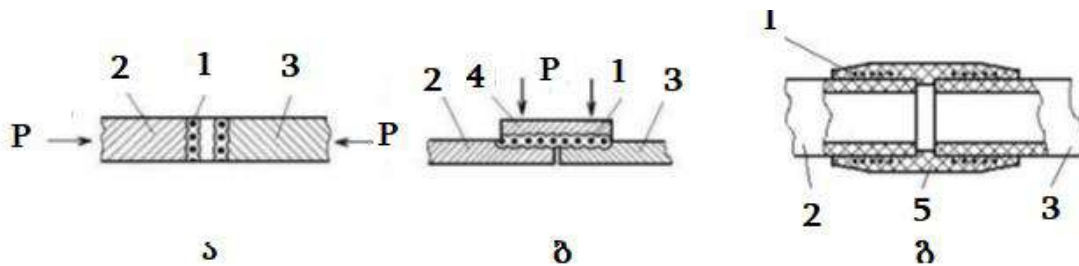


სურ. 5.7

ცხელი ინსტრუმენტით შედუღების სქემები ნამზადის ფორმირებით

1. ცხელი ინსტრუმენტი; 2. ნამზადი

პირდაპირი გახურებით შედუღების ერთ-ერთ ხერხს წარმოადგენს შედუღება ჩატანებული გამახურებლებით, რომლებიც რჩება შენადულ ნაკერში (სურ.5.8). გამახურებლის გაცხელება შესაძლებელია, როგორც მასში დენის გატარებით, ისე მისი მოთავსებით ინდუქტორის ელექტრონაგნიტურ ველში (ინდუქციური შედუღება).



სურ. 5.8

ჩატანებული გამახურებლით შედუღების სქემა.

ა. პირაპირა შეერთება; ბ. ზესადებით შეერთება; გ. მიღების პირაპირა შეერთება ფიტინგით.

1. ჩატანებული გამახურებელი; 2, 3. შესადუღებელი დეტალები; 4. ზესადები; 5. ფიტინგი
პირველ შემთხვევაში შედუღების პროცესი მიმდინარეობს დეტალების შესაეთებელ ზედაპირებზე, რომლებიც დნება ჩატანებულ გამახურებელში ელექტრული დენის გავლის შედეგად გამოყოფილი სითბოთი. გამახურებლად გამოიყენება მაღალი კუთრი წინაღობის ლითონისაგან (ნიქრომი) დამზადებული სპირალი. სპირალი იდება ზედაპირებზე წინასწარ მომზადებულ არხებში ან შეჰყავთ დეტალში ფორმირების პროცესში.

მეორე შემთხვევაში, ჩატანებულ გამახურებლად გამოიყენება ფოლადის, ნიკელის, კობალტის ან წვრილად დაქუცმაცებული რკინის ოქსიდის სადებები. ასევე შეიძლება გამოიყენებოდეს 0,25 – 0,75 მმ დიამეტრის მავთული, ზოლი, ბადე და სხვა.

6. შედუღება ირიბი გახურებით

პოლიმერული აფსკების შედუღების ტექნოლოგია ირიბი გახურებით.

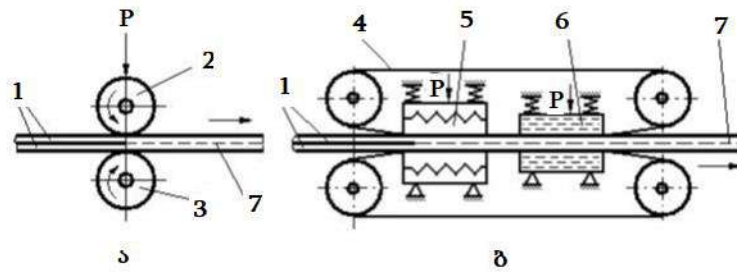
მილსადენების შედუღების ტექნოლოგია.

ირიბი გახურებით შედუღება გამოიყენება არაუმეტეს 2,5 მმ სისქის არმირებული და არაარმირებული აფსკების, გარსისებური კონსტრუქციების შესადუღებლად. 0,5-0,25 მმ სისქის აფსკებს ადუღებენ წნეხებზე ბიჯების მეთოდით. 1მმ -ზე ნაკლები სისქეების შედუღება კი მიმდინარეობს ან უწყვეტ პროცესად (ცხელი გორგოლაჭით, ზოლური მანქანებით) ან ხელით ბიჯების მეთოდით (ცხელი თავკავით).

არსებობს ირიბი გახურებით შედუღების ორი სახე: წნეხით შედუღება და თერმო-იმპულსური. წნეხით შედუღება წარმოებს მაღალი თბოტევადობის მუდმივად გახურებული ინსტრუმენტით. შესაერთებელი დეტალების გახურება და წნეხა მიმდინარეობს ერთდროულად. შედუღებისას გამოიყენება, როგორც ცალმხრივი სითბოს მიწოდება, ისე ორმხრივი (სურ. 5.2, ა, ბ). პლასტმასების ინსტრუმენტთან მიკვრა. რომ თავიდან ავიცილოთ მათ შორის თავსდება სადებები, რომლებიც მზადდება ფტოროპლასტისაგან, პოლიამიდიდისაგან და სხვა. ვინაიდან შესადუღებელი ზედაპირების გახურება ხორციელდება იმ შრეების თბოგამტარებლობის ხარჯზე, რომლებიც განლაგებულია ცხელ ინსტრუმენტსა და თერმოპლასტს შორის კონტაქტის ზედაპირსა და დეტალების კონტაქტის ზედაპირს შორის, ამიტომ გახურება მიმდინარეობს გარკვეული დროის განმავლობაში, რომელიც დამოკიდებულია ინსტრუმენტის ტემპერატურაზე, მასალების თბოფიზიკურ თვისებებზე და დეტალების სისქეზე. ამავე მიზეზით ტემპერატურა არათანაბრად არის განაწილებული სისქის გასწვრივ, მაგრამ მაქსიმალური ტემპერატურა მყარდება ინსტრუმენტისა და დეტალის კონტაქტის ზედაპირზე. გახურების სიჩქარის გასაზრდელად გამოიყენება ორმხრივი სითბოს მოწოდება ან ინსტრუმენტის ტემპერატურის გაზრდა. მაგრამ ეს უკანასკნელი ყოველთვის არ არის მოსახერხებელი, რადგან იზრდება თერმოპლასტსა და მას შორის დესტრუქციის ალბათობა. გარდა ამისა, ინსტრუმენტის დარბილებულ მასალაში ჩაწნევის გამო იზრდება დეფორმაცია. მის შესამცირებლად გამოიყენება შედუღების ისეთი სქემა, როდესაც წნეხით მოქმედება ხორციელდება როგორც შედუღების ზონაზე, ისე ნაკერის მიმდებარე უბანზეც. ამისათვის გამოიყენება ინსტრუმენტები დამატებითი გვერდითი სატუჩებით.

უწყვეტი ნაკერები მიიღება გორგოლაჭოვანი ან ზოლური შედუღებით, და მათი

კომბინაციით (სურ.6.1).



სურ. 6.1

ირიბი გახურებით ცხელი ინსტრუმენტით უწყვეტი შედუღების სქემები

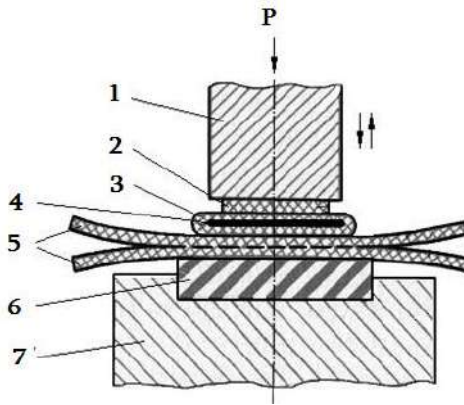
ა. გორგოლაჭოვანი შედუღება; 2. ზოლური ორმხრივი შედუღება.

1. შესადუღებელი მასალა; 2. მიმჭერი გორგოლაჭი; 3. ცხელი გორგოლაჭი; 4. ფოლადის ზოლი; 5. გამახურებელი სატურჩები; 6. გამაცივებელი სატურჩები; 7. შენადული ნაკერი

ზოლური შედუღებისას (სურ. 6.1,ბ) შესადუღებელი მასალები წაიტაცება მოძრავი ლითონის ზოლებით და გადაიტანება გახურებისა და გაცივების უბნებში. გახურების უბანზე თავსდება ორი ან რამოდენიმე გამახურებელი. ერთი მათგანი უძრავია, მეორეს კი დამაგრებულია დრეკად საყრდენზე, რაც მათ შორის შუალედის რეგულირების საშუალებას იძლევა. გახურების უბნიდან საშემდუღებლო მასალები გადადის გაცივების უბანში.

კომბინირებული შედუღებისას მასალის გადასატანად გამოიყენება უწყვეტად მოძრავი ზოლი და მიმჭერი გორგოლაჭი. სითბო გახურებული მიმჭერი გორგოლაჭიდან გადაეცემა ზოლს, მისგან კი შესადუღებელ ზედაპირებს.

თერმოიმპულსური შედუღება ხორციელდება დაბალინერციული გამახურებელი ელემენტებით, რომლებშიც ატარებენ დენის მძავრ იმპულსებს (სურ. 6.2). გამახურებელ ელემენტებად გამოიყენება ლითონის ზოლი ან მავთული. შეერთება ხორციელდება წნეხით შედუღების სქემით, ცალმხრივი ან ორმხრივი ენერჯის მიწოდებით. ელექტრული დენის იმპულსებს შორის შუალედში შენადული ნაკერი ცივდება წნევის ქვეშ. თერმოიმპულსური შედუღება გამოიყენება 20 – 250 მკმ სისქის მასალების შესადუღებლად. დიდი სისქეების შემთხვევაში იმპულსის ხანგრძლივობა საკმარისი არ არის შესადუღებელი ზედაპირების გასახურებლად საჭირო ტემპერატურამდე. სისქეების მიხედვით იმპულსების ხანგრძლივობა შეადგენს 0,1 – 1,0 წმ-ს. სიხშირე კი ერთ იმპულსს



სურ. 6.2

თერმოიმპულსური შედუღების სქემა

1. მოძრავი მიმჭერი სატუჩე; 2. თბოიზოლაციური ქვესადები; 3. ანტიადგეზიური აფსკი;
4. გამახურებელი ზოლი; 5. შესადუღებელი აფსკები; 6. ელასტიური თბოიზოლაცია; 7. უძრავი სატუჩე.

წამში, როდესაც კუთრი სიმძლავრე ტოლია $0,03 \text{ ვტ/მ}^2$.

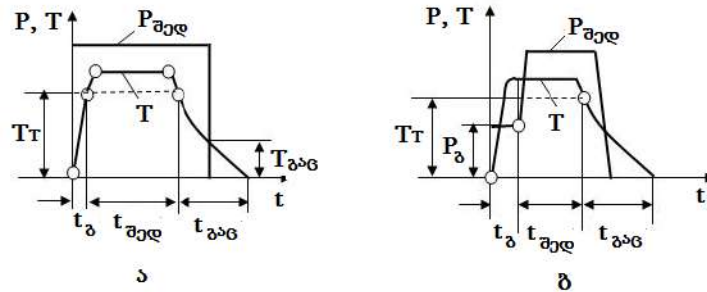
თერმოიმპულსური შედუღება შეიძლება შესრულდეს ერთდროულად მასალის ნამეტის მოცილებასთან ერთად. მოცილება კი წარმოებს ან ჭრით ან მავთულის გამახურებლით აფსკების მთელ სისქეზე ჩადნობის გზით. ამ გზით ერთდროულად მიიღება ორი ნამზადი ტოტსული ნაკერით.

განვიხილოთ ჩადნობის პროცესის კინეტიკა. ძირითად ტექნოლოგიური პარამეტრებია გამახურებლის ტემპერატურა T_g , გახურებისას ნაწარმოები წნევა P_g , შედუღების წნევა $P_{შედ}$, გახურების ხანგრძლივობა t_g , შედუღების შემდეგ წნევის ქვეშ დაყოვნების დრო $t_{გაგ}$.

წნეხზე შედუღებისას აფსკი პირგადადების ადგილას ხურდება ან ერთი მხრიდან ან ერთდროულად ორივედან. მაგრამ, ნებისმიერ შემთხვევაში მასალის გადატანა კონტაქტის ზონაში ხდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც ტემპერატურა გადააჭარბებს დენადობის ტემპერატურას.

წნეხის მაგიდაზე მომზადებულ აფსკებს პირგადადების ადგილზე წნეხენ შედუღების წნევით და იმავდროულად რთავენ გამახურებელს (სურ. 6.3, ა). აფსკის ზედაპირი გახურებასთან ერთად რბილდება და იწყება მისი დინება. დიდი სისქის აფსკების შედუღებისას, განსაკუთრებით კი არმირებულისა, მიზანშეწონილია ჯერ შესრულდეს დაწნევა (P_g), რომელიც განახორციელებს მათ მჭიდრო კონტაქტს და გახურებას.

გარკვეული დაყოვნების (t_g) შემდეგ კი შედულების წნევის ($P_{შედ}$) მოქმედებით, შესადუ-
 ლებელი აფსკების კონტაქტის ადგილზე უნდა შეიქმნას ნადნობის დინების პირობები
 (სურ. 6.3, ბ). შენადული შეერთების გაცივება აუცილებელია წნევის ქვეშ ($T_{გაც}$) ტემპერა-
 ტურამდე, რომელზეც ამორფული პოლიმერები გადადიან მინისებურ მდგომარეობაში,
 ხოლო კრისტალური პოლიმერები კრისტალურში.



ნახ. 6.3

თერმოპლასტების ირიბი გახურებით შედულების თერმომექანიკური ციკლები

ა. აფსკების წნეხით შედულება; ბ. წინასწარი გახურებით წნევის ქვეშ და ჩაჯდომით შედულება.

ბოლო დროს ფართოდ გამოიყენება პოლიმერული მილები, რაც განპირობებუ-
 ლია მათი კოროზიამდეგობით, სიმტკიცით და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობით, 4-5
 ჯერ მსუბუქებია ფოლადის მილებთან შედარებით, გააჩნიათ მცირე ჰიდრავლიკური
 წინააღმდეგობა. პოლიმერული მილები გამოიყენება საკანალიზაციო სისტემებში, აგრე-
 სიული ნივთიერებების ტრანსპორტირებისათვის განკუთვილ მილსადენებში, წყლისა
 და აირსადენებში. ყველაზე მეტი გამოიყენება ჰპოვა დაბალი და მაღალი სიმკვრივის
 პოლიეთილენის, პოლიპროპილენისა და პოლივინილქლორიდის მილებმა. მილსადე-
 ნების მონტაჟისას ძირითადად ცხელი ინსტრუმენტით პირაპირა შედულება და ქურო-
 ებით შედულება ჩატანებული გამახურებლებით.

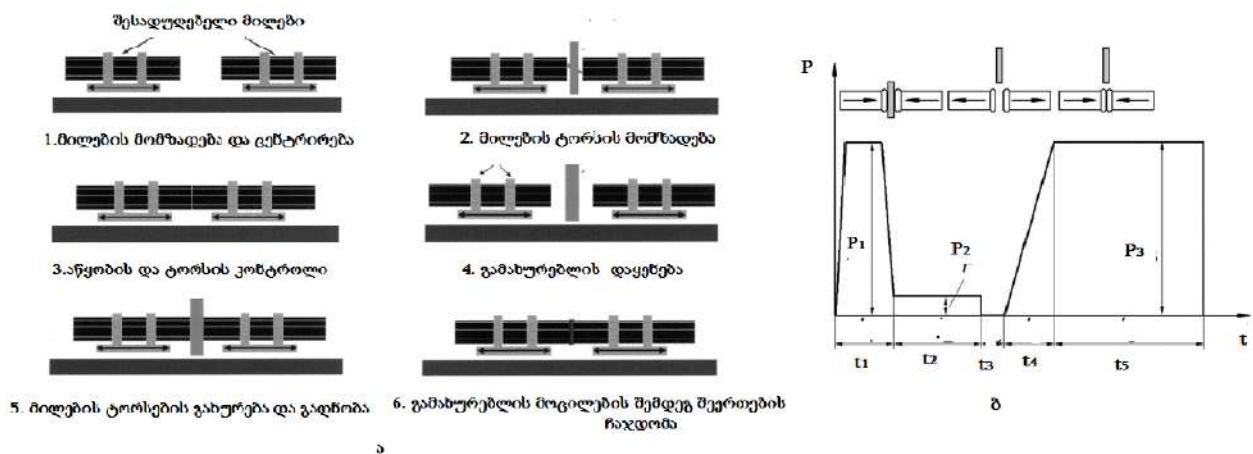
პლასტმასის მილსადენების შედულების ტექნოლოგია შეიცავს კონტროლის, მომ-
 ზადებისა და შედულების ოპერაციებს. კონტროლი ტარდება სამ ეტაპად: გამაფრთ-
 ხილებელი (შედულების წინ), აქტიური (შედულების პროცესში) და მიმღები (შედულების
 შემდეგ).

გამაფრთხილებელი კონტროლის დროს მოწმდება შესადულებელი მასალების
 ხარისხი, წარმოების ტექნოლოგიური მომზადება, შემდულებლის კვალიფიკაცია,
 მილების შენახვის პირობები, რომლის თანახმად უნდა გამოირიცხოს მილებზე

სინათლის სხივების პირდაპირი მოხვედრა, რადგან ამ დროს მცირდება მილის მასალის სიმტკიცე და მნიშვნელოვნად უარესდება მათი შედუღებადობა.

შედუღების წინ მილებს აუცილებლად უტარდებათ მექანიკური და თერმომექანიკური გამოცდები. მილების შენახვის საგარანტიო ვადაა ორი წელი დამზადებიდან. ამ დროის გასვლის შემდეგ, მათ ხელმეორედ ამოწმებენ.

მილების ცხელი ინსტრუმენტით პირაპირა შედუღების ციკლის ძირითადი სტადიები და მათზე მოდებული წნევის ციკლოგრამა მოცემულია ნახ. 6.4-ზე. მილების



სურ. 6.4

შედუღების ციკლის ძირითადი სტადიები (ა) და მოდებული წნევის ციკლოგრამა (ბ)

მილების აწყობა და ცენტრირება ხორციელდება სპეციალურ დანადგარზე, რომელზეც შესრულდება შედუღება. მილების ბოლოები მაგრდება რგოლურ მომჭერებში ისე, რომ მილის შვერი შეადგენდეს 60-70 მმ-ს.

შესადუღებელი მილების ბოლოების შიდა და გარე ზედაპირებს, ტორსიდან არანაკლებ 30 მმ-ის დაშორებისა ასუფთავებენ მტვრისგან. ცხიმებისაგან, ტექნიკური ნახშირბადისაგან და იმ სხვა ჭუჭყისაგან, რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენენ შედუღებადობაზე. გაწმენდის შემდეგ ხდება ტორსების მომზადება. ზოგჯერ გამოიყენება გაუცხიმოვნება აცეტონით ან სპირტით. 110 მმ-დე დიამეტრის მილების აწყობისას ტორსებს შორის მანძილი არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მმ-ს, ხოლო 110 მმ-ს ზემოთ - 0,7 მმ. შესაერთებელი ბოლოების გარე პერიმეტრზე ცანაცვლება არ უნდა აღემატებოდეს კედლის სისქის 10%-ს. შედუღების პროცესში კონტროლდება რეჟიმის ძირითადი პარამეტრების მნიშვნელობების და შედუღების ციკლის მკაცრი დაცვა. ინსტრუმენტის ტემპერატურის ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 10^{\circ}C$. გახურებისას

აუცილებელია საშემდუღებლო ინსტრუმენტის მიღების ნაწიბურებთან შეხება მთელ პერიმეტრზე. პროცესის სწორედ წარმართვის შემთხვევაში, მილის მთელ პერიმეტრზე წარმოიქმნება თანაბრად განაწილებული ნალვენთი 2-3 მმ სიმაღლის ლილვაკის სახით.

გადნობის შემდეგ აუცილებელია გამახურებელის სწრაფად მოცილება და მილების ჩაჯდომა 1-2 წმ-ის განმავლობაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი ექნება ნაკერის სიმტკიცის შემცირება.

ჩაჯდომის წნევის გადამეტებისას გამდნარი მასალის დიდი ნაწილი გამოიდევენება მილის გარეთაც და შიგნითაც, რაც ამცირებს ნაკერის ხარისხს. შედუღებული პირა-პირა ნაკერი წნევის ქვეშ მანამდეა დასაყოვნებელი, სანამ მასალა სრულად არ გამყარდება. წნევის ციკლოგრამა ნაჩვენებია სურ. 6.4, ბ-ზე. P_1 - ნაწარმოები წნევა გადნობის დროს, P_2 - გახურებისას ნაწარმოები წნევა, P_3 - ჩაჯდომის წნევა, t_1 - დნობის დრო, t_2 - გახურების დრო, t_3 - ტექნოლოგიური პაუზის დრო, t_4 -დრო, რომლის განმავლობაშიც შედუღების წნევა იზრდება, t_5 - წნევის ქვეშ გაცივების დრო. შენადული ნაკერის მაღალ ხარისხზე მიუთითებს ორმაგი ნალვენთის მომრგვალო ლილვაკი, რომელიც თანაბრადაა განაწილებული ნაკერის პერიმეტრზე (სურ. 6.5).



სურ. 6.5

მილების პირაპირა ნაკერი ორმაგი ნალვენთის ლილვაკით

ცხრ. 6.1-ში მოყვანილია მილების ცხელი ინსტრუმენტით შედუღების რეჟიმის ოპტიმალური მნიშვნელობები. მილების მასალებისათვის გამოყენებულია შემდეგი პირობითი აღნიშვნები:

- ПЭНП - დაბალი სიმკვრივის პოლიეთილენი;
- ПЭВП - მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი;
- ПП - პოლიპროპილენი;
- ПВХ - პოლივინილქლორიდი.

ცხრილი 6.1

მიღების ცხელი ინსტრუმენტით შედუღების რეჟიმის ოპტიმალური მნიშვნელობები.

პარამეტრები	მიღების მასალა			
	ПЭНП	ПЭВП	ПП	ПВХ
ინსტრუმენტის ტემპერატურა, °C	220±10	200±10	200±10	209±5
წნევა პირაპირაში გახურებისას, მგპა	0,02-0,05	0,02-0,05	0,04-0,08	0,05-0,08
გახურების დრო, წმ, კედლის სისქეებისათვის, მმ				
4				
6				
8				
10	35	50	60	35
12	50	70	80	45
14	70	90	90	50
16	85	110	100	60
	100	130	150	70
	120	160	180	-
	160	180	230	-
ჩაჯდომის წნევა, მგპა	0,1-0,2	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
წნევის ქვეშ გაცივების დრო, წმ, კედლის სისქეებისათვის, მმ				
4-6	3-4	3-5	3-5	2-3
7-12	5-8	6-9	6-10	3-5
14-16	10-15	10-15	12-16	-

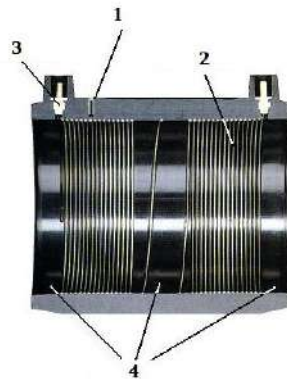
ჩატანებული გამახურებლებით მილსადენების ქურებით შედუღების არსი მდგომარეობს შემდეგში: შესაერთებელი დეტალების (ქურების) და მიღების ზედაპირებზე პოლიმერის გადნობაში იმ სითბოს ხარჯზე, რომელიც გამოიყოფა ქუროში ჩატანებულ გამახურებელში ელექტრული დენის გავლის შედეგად და ნაკერის შემდგომ გაცივებაში. ამ მეთოდით წარმატებით დუღდება პოლიეთილენის მილები, დიამეტრით 20 – 800 მმ. ჩატანებული გამახურებლებით შედუღების დადებითი მხარეებია:

- ეს არის ერთადერთი მეთოდი, რომელიც გამოიყენება პოლიეთილენის მილსადენების რემონტისათვის და ახალი განშტოების ჩადგმისათვის (მათ შორის წნევის ქვეშ);
- პროცესის ავტმატიზაცია, რომელიც მინიმუმამდე ამცირებს ნაკერის ხარისხზე ისეთი ფაქტორის გავლენას, როგორცაა მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაცია და მომზადების დონე;
- შესადუღებელი დეტალების კონტაქტის ზედაპირი დიდია, ვიდრე პირაპირა შედუღ-

ღებისას, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის შეერთების საიმედოობას;

- კედლის სისქით შეზღუდვები არ არსებობს;
- კვების წყაროს ნაკლები სიმძლავრე;
- საშემდუღებლო აპარატების მცირე მასა და გაბარიტები.

სურ. 6.6-ზე ნაჩვენებია „FRIALEN” მარკის ჩატანებული გამახურებლით ქუროს კონსტრუქცია.



სურ. 6.6

ქურო ჩატანებული გამახურებლით

1. ინდიკატორი; 2. სპირალი; 3. კონტაქტი; 4. ცივი ზონა.

დენის წყაროდან მავთულები უერთდება ქუროზე დამაგრებულ კონტაქტებს. ინდიკატორის დანიშნულებაა ინფორმირება ქუროს გახურების დონეზე. სპირალის ხვიები ისეა დახვეული, რომ ქუროს ცენტრალური ნაწილი და ბოლოები თავისუფალია მათგან, რაც უზრუნველყოფს ცივი ზონის არსებობას. შედუღებისას ნადნობი ცხელი უბნებიდან ცივი ზონისაკენ მოძრაობისას ცივდება და მყარდება. ეს გამყარებული მასა კეტავს ნადნობის დარჩენილ ნაწილს, რომელიც ავსებს შესადუღებელ ზედაპირებს შორის არსებულ სივრცეს, მაგრამ არ გამოედინება გარეთ.

გამოიყენება ორი ტიპის გამახურებლები: ღია სპირალით და სპირალით, რომელიც დაფარულია პოლიმერის თხელი ფენით. ღია სპირალის უპირატესობაა სწრაფი გახურება და შუალედის სწრაფი გადაკეტვა ნადნობით.

ამ მეთოდის ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრებია:

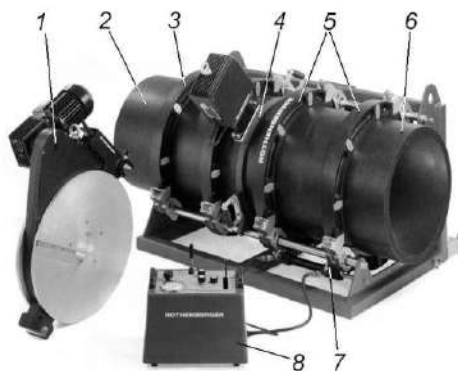
- გამახურებლებზე მიწოდებული ძაბვა, რომელიც მერყეობს 6 - 42 ვ-ის საზღვრებში;
- შედუღების ის დრო, რომლის განმავლობაშიც ხურდება გამახურებელი და დნება პოლიეთილენი;
- შეერთების გაცივების დრო, რომლის განმავლობაშიც ნადნობი ცივდება და წარმოიქ-

მნება შენადული შეერთება.

მილსადენების შედუღებისათვის არსებობს დანადგარების ფართო ნომენკლატურა. ნებისმიერი ფორმის მიერ გამოშვებული დანადგარები ცხელი ინსტრუმენტით პირაპირა შედუღებისათვის შედგება ერთნაარი დანიშნულების კვანძებისაგან:

- რანდა, რომლის დანიშნულებაა მილების და ქუროს ბოლოების მექანიკური და მუშავება - ტორსების გამოყვანა;
- ცხელი ინსტრუმენტი, რომელსაც აქვს ბრტყელი დისკოს ნა რგოლის ფორმა. მზადდება ალუმინის შენადნობებისაგან. მისი ზედაპირი დაფარულია სპეციალური აფსკით, რომლის დანიშნულებაა, რომ თავიდან ავიცილოთ ნადნობის მიწებება;
- ჰიდრავლიკური ამძრავი, რომლის დანიშნულებაა წნევის შექმნა და რეგულირება შედუღების ყველა სტადიაზე;
- ელექტროკვების ბლოკი, რომელიც უზრუნველყოფს მკვებავი ძაბვის მიწოდებას დანადგარის შემადგენელ ნაწილებზე;
- რედუქციული სადებები წარმოადგენენ ჩასადგემელ ნახევარგოლებს, რომელთა დანიშნულებაა სხვადასხვა დიამეტრის მილების ფიქსაცია;
- შედუღების რეჟიმის პარამეტრების მართვის ელექტრონული ბლოკი;

სურ. 6.7-ზე ნაჩვენებია ფირმა „ROTHENBERGER“-ის 630 მმ-დე დიამეტრის პოლიმერული მილების ცხელი ინსტრუმენტით პირაპირა შედუღების აპარატი.



სურ.6.7

მილების ცხელი ინსტრუმენტით პირაპირა შედუღების აპარატი.

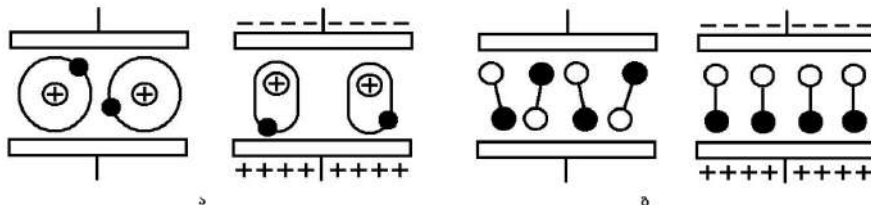
- 1.რანდი (ტორსების გამომყვანი); 2.,6.-შესადუღებელი მილები; 3.უმრავი ცალულები;
4. გამახურებელი; 5. მოძრავი სუპორტის ცალულები; 7. ჰიდროამძრავი; 8. კვების ბლოკი

7. თერმოპლასტიკების შედუღება მაღალი სიხშირის დენებით.

პროცესის არსი და სქემები. შედუღების ტექნოლოგია და რეჟიმის პარამეტრები.

მოწყობილობა.

ლითონებისაგან განსხვავებით პლასტმასები წარმოადგენენ დიელექტრიკებს ანუ არ შეიცავენ თავისუფალ მუხტებს. მაღალი სიხშირის დენით (მსდ) შედუღება ეფუძნება კონდენსატორის ელექტრულ ველში პლასტმასებში მიმდინარე პროცესებს, კერძოდ კი პოლარიზაციას. დიელექტრიკები შედგება ნეიტრალური მოლეკულებისა და ატომებისაგან. ნეიტრალურ ატომში დამუხტული ნაწილაკები ერთმანეთთანაა დაკავშირებული და არ შეუძლიათ ელექტრული ველის მოქმედებით იმოძრაონ დიელექტრიკის მთელ მოცულობაში. დიელექტრიკის ელექტრული ველში შეტანისას, მასში ადგილი აქვს მოლეკულებისა და ატომების შემადგენლობაში შემავალი მუხტების გარკვეულ გადანაწილებას. ასეთი გადანაწილების შედაგად დიელექტრიკის ზედაპირზე წარმოიქმნება ჭარბი გაუწონასწორებელი ბმული მუხტები, რომლებიც ყოველთვის წარმოადგენენ მოდულით ტოლი და ურთიერთსაწინააღმდეგო ნიშნის მუხტების წყვილს, რომელთაც ეწოდებათ დიპოლი. დიელექტრიკში ბმული მუხტების წანაცვლებას, ან ელექტრული დიპოლების შემობრუნებას გარე ელექტრული ველის გავლენით ეწოდება პოლარიზაცია. ამგვარად, კონდენსატორის ელექტრულ ველში დიელექტრიკის შეტანისას, დადებითად დამუხტულ შემონაფენთან წარმოიქმნება უარყოფითი მუხტი, უარყოფითად დამუხტულთან კი - დადებითი. არსებობს პოლარიზაციის რამდენიმე სახე: ელექტრონული, იონური, დიპოლური და სხვა. სურ. 7.1-ზე მოცემულია ატომის ელექტრონული პოლარიზაციის და დიპოლური პოლარიზაციის სქემა ატომისა ერთი ელექტრონით.



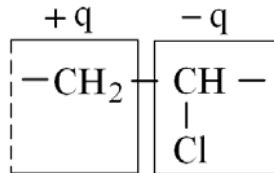
სურ. 7.1

ატომის ელექტრონული (ა) და დიპოლური (ბ) პოლარიზაციის სქემა

ატომის მოთავსებისას კონდენსატორის ელექტრულ ველში ბირთვი წანაცვლებს უარ-

ყოფითი შემონაფენისაკენ, ხოლო ელექტრონი დადებითისაკენ. ელექტრული ძალების მოქმედებით ატომი დეფორმირდება და ელექტონის ორბიტის ცენტრი წაინაცვლებს ბირთვის მიმართ.

მსდ შედეგების არსის გასარკვევად განვიხილოთ ისეთი მასალების პოლარიზაციის მექანიზმი, რომლებიც შეიცავენ მზა დიპოლებს - პოლარულ მოლეკულებს, ელექტრული ველის არარსებობის დროსაც კი. ასეთ მასალას წარმოადგენს პოლივინილ-ქლორიდის მაკრომოლეკულები (სურ. 7.2).



სურ. 7.2

პოლივინილ- ქლორიდის მაკრომოლეკულის რგოლის სტრუქტურული ფორმულა

მისი არასიმეტრიულობა განაპირობებს უარყოფითი მუხტის ცენტრის წანაცვლებას ნახშირბადის ატომისაკენ, რომელიც ბმულ მდგომარეობაშია ქლორთან, ე.ი. რგოლი წარმოადგენს მიკროდიპოლს. ესეთი ნივთიერების შეტანისას ელექტრულ ველში მიკროდიპოლი ორიენტირდება ისე, როგორც ნაჩვენებია სურ.7.1, ბ-ზე. სწორედ ამ პოლარიზაციას ეწოდება დიპოლური. ერთ ნივთიერებაში შესაძლებელია ერთდროულად არსებობდეს პოლარიზაციის რამდენიმე სახე.

ცვლად ელექტრულ ველში ცვლადი იქნება დიპოლების ორიენტაციაც. მაგრამ, დიპოლური პოლარიზაციისას დიელექტრიკის ნაწილაკების წანაცვლება ხდება დაგვიანებით ელექტრული ველის დამაბულობასთან შედარებით. დაგვიანება გამოწვეულია იმით, რომ რგოლების წანაცვლებას ეწინააღმდეგება თვით ამ მაკრომოლეკულის რგოლებსა და მეზობელ მაკრომოლეკულებს შორის მოქმედი ძალები. ამ ძალების დასაძლევად დახარჯული ელექტრომაგნიტური ენერგია დიელექტრიკში გამოიყოფა სითბოს სახით, რომელიც მათ ახურებს შედეგების ტემპერატურამდე. წანაცვლების დაგვიანება და შესაბამისად ელექტრომაგნიტური ენერგიის სითბურში გარდაქმნის სიჩქარე ხასიათდება დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხით δ .

მაღალი სიხშირის ელექტრულ ველში პლასტმასების შედეგადობის რაოდენობრივი შეფასებისათვის შემოაქვთ სიდიდე - დანაკარგების ფაქტორი (k).

დანაკარგების ფაქტორი (შესაბამისად დიელექტრიკის გახურება) განისაზღვრება

დიელექტრიკული შეღწევადობის და დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის ნამრავლით:

$$k = \epsilon tg\delta$$

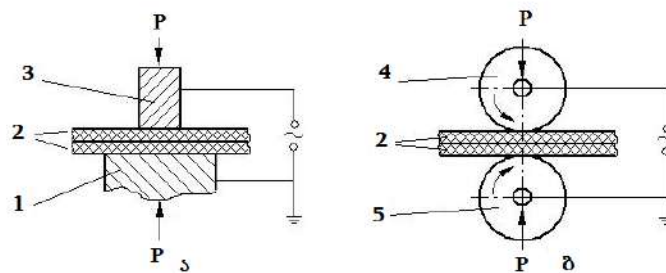
მსდ-ის მეთოდით კარგად დულდება მასალები, რომლებსაც $k > 0,01$. ასეთ მასალებს მიეკუთვნება პოლივინილქლორიდი ($k = 0,04 - 0,4$), პოლივინილიდენქლორიდი ($k = 0,15 - 0,4$), პოლიამიდები ($k = 0,025 - 0,128$) და სხვა. დანაკარგების ფაქტორი დაბალი აქვთ პოლიეთილენს, პოლისტიროლს. მათი შედუღება მსდ მეთოდით შეუძლებელია დამხმარე საშუალებების გარეშე.

ცვლად ელექტრულ ველში მოთავსებული დიელექტრიკის მოცულობის ერთეულში გამოყოფილი კუთრი სიმძლავრე N_j (ვტ/სმ²) გამოითვლება ფორმულით:

$$N_j = 0,555 \cdot \epsilon \cdot tg\delta \cdot f \cdot E^2 \cdot 10^{-8}$$

სადაც, f - ცვლადი ელექტრული ველის სიხშირეა, ჰც; E - მასალაში ელექტრული ველის დამაბულობაა, ვ/მ.

განვიხილოთ შედუღების პროცესის სქემა. მაღალი სიხშირის დენებით შედუღებისას კონდენსატორის შემონაფენების როლს ასრულებს საშემდუღებლო დანადგარის ელექტროდები. შედუღება სრულდება, როგორც წნეხის ისე გორგოლაჭოვანი სქემით (სურ. 7.3).



სურ. 7.3

პლასტმასების წნეხით (ა) და გორგოლაჭოვანი (ბ) მაღალსიხშირული დენით შედუღება

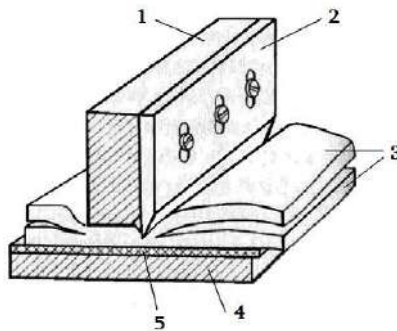
1. კონდენსატორის დამიწებული შემონაფენი; 2. შესადუღებელი მასალა; 3. ელექტროდი მაღალი პოტენციალით; 4. გორგოლაჭი მაღალი პოტენციალით; 5. გორგოლაჭი დაბალი პოტენციალით

წნეხით შედუღებისას ნაკერი მიიღება ერთი მუშა ციკლის განმავლობაში. შენადული ნაკერის კონფიგურაცია შეესაბამება ელექტროდების კონფიგურაციას. შენადული ნაკერი ერთდროულად ყალიბდება მთელი კონტურის გასწვრივ, გახურება ხდება თანაბრად

და მიიღება მაღალი ხარისხის შეერთება. ელექტროდები ერთდროულად უზრუნველყოფენ გახურებას და საჭირო შედუღების წნევას.

გორგოლაჭოვანი შედუღებით (სურ. 7.3, ბ) მიიღება უწყვეტი განფენილი ნაკერები. ელექტროდებთან გამოიყენება გორგოლაჭები, რომლებიც ბრუნავენ ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით. ერთ გორგოლაჭზე მსდ გენერატორიდან მიეწოდება მაღალი პოტენციალი, მეორე კი დამიწებულია. გორგოლაჭოვანი შედუღება ხასიათდება რიგი უარყოფითი მხარეებით. შედუღების მაღალი სიჩქარის შემთხვევაში, შენადული ნაკერი ვერ ასწრებს წნევის ქვეშ გაცივებას და გორგოლაჭებიდან გამოდის ცხელ მდგომარეობაში, რაც იწვევს ნაკერის მნიშვნელოვან დეფორმაციას. ელექტრული ტევადობა გორგოლაჭებს შორის მცირეა, რაც არ იძლევა შედუღების სიჩქარის გაზრდის საშუალებას. ამდენად, გორგოლაჭოვანი მსდ შედუღება გამოიყენება თხელი აფსკების შესადუღებლად. მაგალითად, 100 მკმ სისქის აფსკების შედუღების სიჩქარე შეადგენს 6 მ/წთ, ხოლო 200 მკმ - 2 მ/წთ.

მსდ წნეხით შედუღებით მიიღება პირგადებული, პირაპირა, ტესებრი და სხვა შეერთებები. არსებობს ელექტროდების სახეობები (სურ.7.4), რომლებიც იძლევიან ერთდროულად შედუღების, ნაკერის გამოყვანის და კიდების მოჭრის საშუალებას.



სურ. 7.4

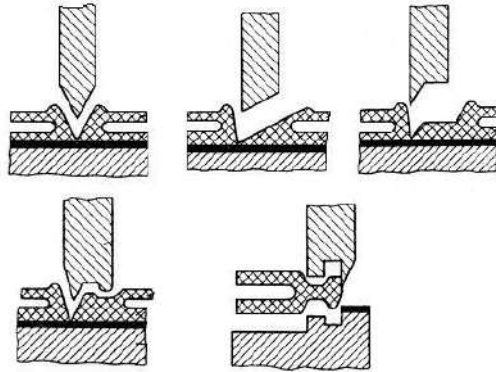
საშემდუღებლო ელექტროდის ფორმა კიდების ერთდროული მოჭრისათვის

1. ელექტროდი; 2. საჭრისი; 3. შესადუღებელი აფსკები; 4. ელექტროდი დაბალი პოტენციალით; 5. დიელექტრიკის შუასადები

ელექტროდის ნაწილი, რომელიც განკუთვნილია შედუღებისათვის მზადდება თითბერის ზოლისაგან, რომელზეც ჭანჭიკებით მაგრდება ფოლადის საჭრისი, რომელიც გალესილია 30°-იანი კუთხით.

სხვადასხვა კონფიგურაციის ნაკერების მისაღებად და ნამზადის ერთდროული

გამოჭრისათვის გამოიყენება ელექტროდები, რომლებიც მოცემულია სურ. 7. 5-ზე. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ელექტრული გარღვევა, ელექტროდს, რომელიც შეთავსებულია საშემდუღებლო წნეხის ქვედა ფილასთან იფარება მაღალი დიელექტრიკული მახასიათებლების მქონე მასალით.



სურ.7.5
მსდ შედუღებისა და ნამზადის ერთდროული გამოჭრისათვის ელექტროდების მუშა ნაწილის ფორმა

მსდ შედუღება უმჯობესია გამოყენებული იქნას, როდესაც მნიშვნელოვანია ნამზადების თანაბარი გახურება, მაღალი სიჩქარე, ნაკერის სწრაფი გაცივება და ნაკერის სიგრძეზე სითბოს რაოდენობის ზუსტი დოზირება. მსგავსი მოთხოვნები წაყენებათ პლასტიფიცირებული და არაპლასტიფიცირებული პოლივინილქლორიდისაგან, მრავალშრიანი პოლიამიდისაგან და ფტორშემცველი აფსკებისაგან დამზადებული ნამზადების შედუღებისათვის.

მსდ შედუღების რეჟიმის ძირითადი პარამეტრებია:

- დენის სიხშირე;
- ელექტრული ველის დამაბულობა;
- შედუღების დრო;
- შედუღების წნევა.

შედუღების რეჟიმის დამატებით პარამეტრებს მიეკუთვნება:

- ელექტროდების მასალა, ფორმა და ზომები;
- შუასადებების ზომები და მასალა.

ძირითად და დამატებით პარამეტრებს შორის არსებობს მჭიდრო ურთიერთკავშირი.

მსდ შედუღებისას დენის სიხშირის საშუალებით რეგულირდება კუთრი თბური სიმძლავრე (დიელექტრიკის მოცულობის ერთეულში გაზნეული თბური სიმძლავრე). ელექ-

ტრული ველის დაძაბულობისა და დანაკარგების ფაქტორის მუდმივობის პირობებში კუთრი თბური სიმძლავრე პირდაპირპროპორციულია დენის სიხშირის. ამგვარად, სიხშირის რეგულირებით შეიძლება ვცვალოთ გახურების დრო და შესაბამისად პროცესის მწარმოებლურობა.

დენის სიხშირის ცვლილებისას გასათვალისწინებელია ელექტროდების სიგრძე. შესადულებელ მასალაში, მაღალი სიხშირის დენის გენერატორის ჩართვისას, აღიძვრება ელექტრომაგნიტური ტალღა, რომელიც მიაღწევს რა მასალის კიდეც, აირეკლება ელექტროდის გვერდითი წახნაგიდან და ხვდება მეორე წარმოქმნილ ტალღას. მრავალჯერადი არეკვლის შედეგად მყარდება მდგრადი ტალღის რეჟიმი, რომლის დროსაც დროის ნებისმიერ მომენტში გვაქვს ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მოძრავი ელექტრომაგნიტური ტალღები. მდგრად ტალღაში არათანაბრად არის განაწილებული ელექტრული ველის დაძაბულობა. ამიტომ სითბო არათანაბრად გამოიყოფა ელექტროდის სიგრძის გასწვრივ. ელექტრული ველის დაძაბულობის თანაბარი განაწილება შესაძლებელია, თუ ელექტროდის სიგრძე მნიშვნელოვნად მცირე იქნება ტალღის სიგრძეზე. დადგენილია, რომ თუ ელექტროდის სიგრძე შეადგენს ტალღის სიგრძის არაუმეტეს (0,04 – 0,05) ნაწილს, მაშინ ელექტრული ველის არათანაბრობა არ აღემატება 5 %-ს. აქედან გამომდინარე, დენის სიხშირის გაზრდისას აუცილებელია ელექტროდის სიგრძის შემცირება. თერმოპასტების მსდ შედულებისას სიხშირის დიაპაზონია 30 – 160 მგჰც.

ელექტრული ველის დაძაბულობის მნიშვნელობა განსაზღვრავს თერმოპლასტის შიგნით გენერირებულ კუთრ სიმძლავრეს, რომელიც დაძაბულობის კვადრატის პროპორციულია. დიელექტრიკები ელექტრულ ველში კარგავენ იზოლაციურ თვისებებს და დაძაბულობის გარკვეულ კრიტიკულ მნიშვნელობაზე ადგილი აქვს ფენებს შორის ელექტრული გარღვევის მოვლენას. ამიტომ დაძაბულობის მნიშვნელობის ზრდა შეზღუდულია. დაძაბულობაზე გავლენას ასევე ახდენენ: ელექტრული ველის ფორმა, დენის სიხშირე, დიელექტრიკის ზედაპირის მდგომარეობა და სხვა. ამიტომ მსდ შედულებისას დაძაბულობის რეკომენდირებული დასაშვები მნიშვნელობა 1,5 – 2-ჯერ ნაკლებია დაძაბულობის კრიტიკულ მნიშვნელობაზე. ექსპერიმენტებით დადგენილია შემდეგი ოპტიმალური მნიშვნელობები: პოლივინილქლორიდისათვის - $8 \cdot 10^5 - 20 \cdot 10^5$ ვ/მ; ლინოლიუმისათვის - $2,5 \cdot 10^5 - 3,5 \cdot 10^5$ ვ/მ; პოლიამიდისთვის - $6 \cdot 10^5 - 6,5 \cdot 10^5$ ვ/მ;

წნევის დანიშნულებაა, ისევე როგორც შედულების სხვა სახეობებში, შესადულე-

ბელ მასალებს შორის ფიზიკური კონტაქტის შექმნა, დიფუზიური პროცესების სრული წარმართვა. წნევის ოპტიმალური მნიშვნელობებია: პლასტიფიცირებული პოლივინილ-ქლორიდისათვის - 0,7 – 2 მგპა; ლინოლიუმისათვის - 0,05 – 0,15 მგპა, პოლიამიდები-სათვის - 1,5-2 მგპა; ვინიპლასტებისათვის 2 – 2,5 მგპა.

შედულების დრო განისაზღვრება შესადულებელი ზედაპირების გახურების ხანგრძლივობით შედულების ტემპერატურამდე. შედულების დროს, კუთრ სიმძლავრეს, მასალის სისქესა და შედულების მაქსიმალურ ფართობს შორის არსებობს მჭიდრო კავშირი. მაგალითად, 100 მკმ სისქის ვინიპლასტის აფსკების შედულებისას კუთრი სიმძლავრე შეადგენს $1,6 \cdot 10^6 - 1,2 \cdot 10^6$ ვტ/მ², შესაბამისად შედულების დრო 0,1 – 5 წმ. 0,5-1,0 მმ სისქის ფურცლების შედულებისას, დროის იგივე დიაპაზონში, კუთრი სიმძლავრე მცირდება $1,0 \cdot 10^6 - 0,2 \cdot 10^6$ ვტ/მ²-მდე. სისქეების შემდგომი ზრდისას კუთრი სიმძლავრე კვლავ იწყებს მატებას, რაც აიხსნება იმით, რომ - თხელი აფსკების შედულებისას მასალაში გაბნეული სითბოს დიდი რაოდენობა იკარგება ელექტროდებში თბოარინებით. ამ დანაკარგების კომპენსაცია წარმოებს კუთრი სიმძლავრის მომატებით. გახურების ინტენსივობის გასაზრდელად და ელექტროდებში თბოარინების შემცირების გზით, შედულების ხანგრძლივობის შესამცირებლად გამოიყენება შემდეგი ხერხები:

1. წნეხით შედულებისას დეტალები ლაგდება ელექტროგამახურებლით გაცხელებულ ელექტროდებს შორის. მათი გახურება ხელს უწყობს ტემპერატურის გათანაბრებას მთელ სისქეში და დიელექტრიკული დანაკარგების ფაქტორის მომატებას, რაც ასევე ხელს უწყობს შედულების დროის შემცირებას.
2. თხელი აფსკების შედულებისას თერმოიზოლაციური, თერმორეაქტიული და მცირე თბოგამტარებლობის მასალისაგან დამზადებული სადებები, რომლებიც ამცირებენ თბოდანაკარგებს ელექტროდებში. სადებები დგება ორივე ელექტროდის მხრიდან.

ოპტიმალური შედულების დრო დამოკიდებულია შესადულებელი მასალების ფიზიკურ ბუნებაზე. ამასთან, დროის შემცირება მინიმუმამდე არ არის სასურველი, ვინაიდან კონტაქტის ზონაში ვერ მოესწრება დიფუზიური პროცესების დასრულება.

მასალების შედულებისას, რომლებსაც აქვთ დაბალი დიელექტრიკული დანაკარგების ფაქტორი, შედულების ზონაში შეჰყავთ მასალა ამ ფაქტორის მაღალი მნიშვნელო-

ბით, რომელიც ხურდება მასში გაბნეული ელექტრული ველის ენერგიით. გენერირებული სითბო გადაეცემა შესადულებელ მასალას.

მაღალი სიხშირის დენებით შედულების დანადგარები შედგება მაღალი სიხშირის დენის გენერატორისაგან და ტექნოლოგიური მოწყობილობისაგან. გენერატორი წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ენერგიის წყაროს. ტექნოლოგიური მოწყობილობის ძირითადი ფუნქცია თერმოპლასტების გახურება ბლანტდენადობის მდგომარეობის ტემპერატურამდე და მათი შედულების უზრუნველყოფა.

თანამედროვე წარმოებაში ძირითადად გამოიყენება მაღალსიხშირის დენებით წნხით შედულება. წნხის მუშა ფილები ქმნიან ელექტრულ კონდენსატორს. ერთ-ერთ ფილაზე მიყვანილია მაღალი პოტენციალი. მუშა ფილების და მოძრავი ელემენტების მოძრაობისათვის გამოიყენება ელექტრომექანიკური და ჰიდრომექანიკური ამძრავები.

.
.

8. პლასტმასების შედუღება გამოსხივებით.

შედუღება ინფრაწითელი გამოსხივებით. ლაზერული შედუღება. პლაზმური შედუღება და ჭრა.

პლასტმასების შედუღება გამოსხივებით ეფუძნება მასალის თვისებას შთანთქმის გამოსხივებით მიღებული ენერგია და მის ხარჯზე გახურდეს. აღნიშნული მეთოდი ხასიათდება რიგი დადებითი თვისებებით:

1. გამახურებელი (გამოსხივების წყარო) და შესადუღებელი ზედაპირი არ არიან კონტაქტში, რაც გამორიცხავს ნაღობის მიკვრას გამახურებელზე;
2. არ წარმოიქმნება პირველადი ხიწვები. გამახურებლის მოცილებისას გახურების ზონიდან გამდნარი შრე არ განიცდის მექანიკურ დეფორმაციას;
3. აფსკების შედუღებისას ნაკერის საზღვარზე არ წარმოიქმნება ე.წ. შეჭრები, რასაც ადგილი აქვს კონტაქტური შედუღებისას ცხელი გორგოლაჭით, თავკავით ან უთოთი;
4. მცირე ტექნოლოგიური პაუზა;
5. გახურების პროცესის მარტივი რეგულირება გამოსხივების სიმძლავრის და დეტალამდე მანძილის ცვლილებით.

გამოსხივების წყაროს მიხედვით განასხვავებენ შედუღებას ინფრაწითელი გამოსხივებით, ხილული დიაპაზონის სინათლით და ლაზერის სხივით.

ინფრაწითელი გამოსხივება წარმოადგენს ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას ტალღის სიგრძით 0,74 მკმ-დან 2,0 მმ-დე. 2,5 მკმ-დე ტალღის სიგრძის გამოსხივება პოლიმერების მიერ არ შთანთქმდება, ხოლო დიდი სიგრძის შთანთქმება სუფთა პოლიმერების მიერაც. მაგალითად, 3 მმ სისქის პოლიმეტაკრილატი შთანთქმავს 0,7 – 1,1 მკმ სიგრძის ტალღების 10%-ს, ხოლო 3 მკმ სიგრძისა - 70 %-ს. მასალაში ელექტრომაგნიტური ენერგია გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად, რომელიც ხმარდება გახურებას. მასალის გამჭვირვალობის ხარისხი განსაზღვრავს გახურების სიღრმეს.

ინფრაწითელი სხივებით გახურების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია სხივური ენერგიის შთანთქმის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია პოლიმერის ბუნებაზე, დანამატების სახეობაზე და შესადუღებელი დეტალების სისქეზე.

ინფრაწითელი გამოსხივების ენერგია სხეულის სიღრმეში გავრცელებისას არათანაბრად შთანთქმდება სხეულის მიერ, რაც იწვევს ტემპერატურის არათანაბარ განა-

წილებას. თუ სხეული გამოსხივებისათვის გაუმჭვირვალეა, მაშინ ენერჯის გარდაქმნა მიმდინარეობს ზედაპირულ შრეებში, ხოლო რაც უფრო გამჭვირვალეა, მით უფრო ღრმადაა მაქსიმალური ტემპერატურის უბანი. ამიტომ, მაღალი გამჭვირვალობის ხარისხის მასალების შედუღება სრულდება დიდი შთანთქმისუნარიანობის ფუძემრე-
ებზე. მაგალითად თხელი აფსკების შედუღებისას, სხივები განსჭოლავენ რა აფსკს შთანთქმებიან ფუძემრის მიერ, რომელიც ხურდება და სითბოს გადასცემს მასთან კონტაქტში მყოფ აფსკს. ასეთი ფუძემრეები მზადდება შავი ქაღალდისგან, მიკრო-
ფორიანი რეზინისაგან და სხვა.

ინფრაწითელი გამოსხივებით შედუღების ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტ-
რებია: გამოსხივების სიმძლავრე, გახურების დრო, ძალვა და ჩაჯდომის სიჩქარე გახუ-
რების შემდეგ.

თერმოპლასტების მიღების შედუღების ტექნოლოგიური პარამეტრები დამოკი-
დებულია გამოსხივების წყაროს ტიპზე. პირაპირა შედუღებისათვის რეკომენდირებუ-
ლი რეჟიმები მოცემულია ცხრ. 8.1-ში.

ცხრილი 8.1

მიღების ინფრაწითელი გამოსხივებით პირაპირა შედუღებისათვის
რეკომენდირებული რეჟიმები

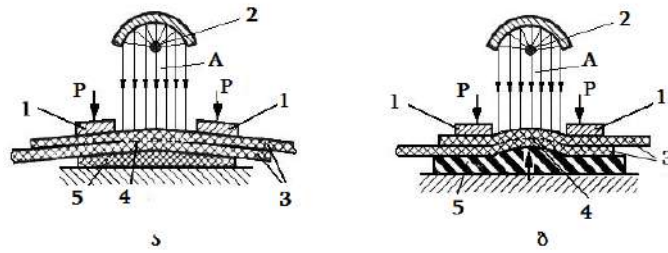
მასალა	გამოსხივების წყაროს ტემპერატურა, °C	გახურების დრო, წმ	ჩაჯდომის წნევა, მგპა	ჩაჯდომის სიჩქარე, მ/წმ	ტორსებს შორის ღრეზო, მმ
ПЭНД	840-860	18-20	0,2	$20 \cdot 10^{-3}$	20
ПЭВД	820-840	16	0,15	$20 \cdot 10^{-3}$	20
ПП	820-840	27	0,3	$20 \cdot 10^{-3}$	20
ვინიპლასტი	820-840	31-32	20	$20 \cdot 10^{-3}$	20

აფსკების შედუღებისას მიღებული შეერთებების სიმტკიცე შეადგენს ძირითადი მასალის სიმტკიცის 0,6 – 0,7 ნაწილს. პოლიეთილენის მიღების პირაპირა შედუღებისას ბრტყელი გამოსხივების წყაროებით სიმტკიცე კი შეადგენს- 0,9-1,0.

ინფრაწითელი გამოსხივებით შედუღების უარყოფითი მხარეა გამდნარი ზედა -
პირების კონტაქტი გარემოსთან, რაც თერმოპლასტების ნაღნობში იწვევს ჟანგვითი და
დესტრუქციული პროცესების განვითარებას. ამიტომ გამოიყენება შედუღება ინერტუ-

ლი აირების გარემოში.

აფსკების შედუღება შეიძლება განხორციელდეს ხისტ ან დრეკად ფუძემშრეზე (სურ. 8.1).



სურ.8.1
აფსკების შედუღება ინფრაწითელი გამოსხივებით

ა. ხისტ ფუძემშრეზე; ბ. დრეკად ფუძემშრეზე

1. გამოსხივების ზონის შემზღუდავი სატურეები; 2. გამახურებელი; 3. შესადუღებელი აფსკები;
4. შენადული ნაკერი; 5. ფუძემშრე; A-ინფრაწითელი სხივები; P-წნევა.

სურ.8.1, ა-ზე გამოსახულ შედუღების სქემაში გამოიყენება ხისტი ფუძემშრე, რომელზეც იჭიმება შესადუღებელი მასალები, რომლებიც სატურეების წყვილით მჭიდროდაა მიჭერილი ფუძემშრეზე. სატურეები ასევე ზღუდავენ გამოსხივების ზონას. წნევა კონტაქტში წარმოიქმნება გახურებით გამოწვეული აფსკების გაჭიმვისას.

შეერთების მაღალი ხარისხი მიიღება სურ.8.1,ბ-ზე გამოსახული სქემით შედუღებისას. ფუძემშრედ გამოიყენება ელასტიური მასალა, რომელიც შედუღების ზონის შემზღუდაველი სატურეების მიერ ნაწარმოები წნევით იკუმშება და იძლევა აფსკების დაჭიმვის საშუალებას. ამავე დროს, ფუძემშრეს უნდა გააჩნდეს გარკვეული ადგეზია პოლიმერის ნაღნობის მიმართ.

პოლიმერული მასალების უმეტესობა მაქსიმალურად შთანთქავს ინფრაწითელ გამოსხივებას ტალღის სიგრძით 2,5- 3 მკმ და მეტი. ასეთი გამოსხივების მისაღებად გამოიყენება კვარცის ნათურები, სილიტის ღეროები (სილიტის გამახურებელი) და ქრომირებული ფოლადიდან დამზადებული გამახურებლები. ღეროს ტიპის კვარცის ნათურა წარმოადგენს აირით ჩატვირთულ კვარცის მილაკს ვოლფრამის სპირალით. მოკლე იმპულსებით (1- 5 წმ) მუშაობის დროს ქმნიან გამოსხივებას მაღალი სიმძლავრის სიმკვრივით ($\leq 1 \cdot 10^6$ ვტ/მ²). მათი გამოყენება შეზღუდულია სიძვირისა და რხევებისადმი მგრძნობელობის გამო.

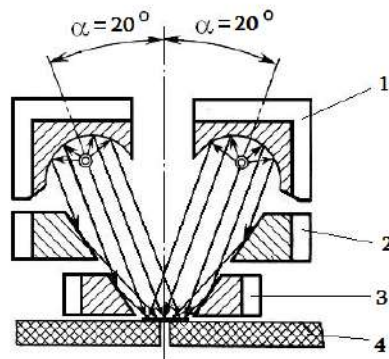
სილიტის ღეროები მზადდება სილიციუმის კარბიდისაგან, კრისტალური სილიციუმისაგან და ნახშირბადისაგან შედგენილი კომპოზიციის მოწვის გზით. ღეროს

ბოლოები მეტალიზირებულია, კვების წყაროსთან მიერთების შესაძლებლობის აუცილებლობისათვის. დერო, მასში დენის გავლისას ხურდება 1254°C -მდე. სილიტის გამახურებლები ხასიათდება მცირე მუშაობის რესურსით (1000 სთ). ჟანგბადის, ტენიან გარემოში და ნახშირჟანგეულების ორთქლში განიცდის რღვევას.

ნიქრომისაგან და ქრომირებული ფოლადისაგან გამოსხივების წყაროები მზადდება სპირალის ან ზოლის სახით და ეხვევა კვარცის ან ფაიფურის 8 – 10 მმ დიამეტრის მილს. როგორც წესი, ზოლის სიგანე ტოლია შენადული ნაკერის სიგანის. მათი ფორმა დამოკიდებულია ნაკერის კონფიგურაციაზე. 1,5 – 2,0 კვტ მოხმარებული სიმძლავრისას ქრომნიკელიანი გამახურებლები ხურდება $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ -მდე.

ფურცლოვანი მასალის, მილების და ღეროების პირაპირა შედუღებისათვის მზადდება ბრტყელი მართკუთხა ან ფიგურული წყაროები.

ლინოლიუმის შესადუღებელი მოწყობილობა (სურ. 8.2) შედგება ორი კვარცის ნათურისაგან (სიმძლავრე 1,0 კვტ), ორო პარაბოლური ამრეკლისაგან, ორსაფეხურიანი კოლექტორისაგან, რომლის მეორე საფეხური ასევე ასრულებს მიმჭერი ჩარჩოს როლს, რომელიც უზრუნველყოფს შესადუღებელი მასალების ნაწიბურების თანხვედრას ერთ სიბრტყეში. კვარცის ნათურების ურთიერთგანლაგებაზეა დამოკიდებული გასახურებელ დტალებზე სითბური ველის ხასიათი.



სურ. 8.2

ლინოლიუმის შესადუღებელი მოწყობილობის ოპტიკური სქემა

1. გამოსხივების ამრეკლები; 2., 3. კოლექტორი; 4. შესადუღებელი მასალა.

100 – 300 მმ დიამეტრის პლასტმასის დიამეტრის მილების ინფრაწითელი გამოსხივებით შედუღების მოწყობილობა აღჭურვილია მილების შეპირაპირებისა და კუმშვის მექანიზმით, რომელიც დაკომპლექტებულია ელექტრომაგნიტური ჩამჭერი მოწყობი-

ლობით.

ლაზერი ანუ ოპტიკური ქვანტური გენერატორი კოჰერენტული გამოსხივების თანამედროვე ხელსაწყოა. ლაზერი შეიქმნა XX საუკუნის მეორე ნახევარში. მუშა სხეულის მიხედვით არსებობს-აირის, მყარი სხეულის და ნახევარგამტარული ლაზერები, რომლებსაც სხვადასხვა მახასიათებლები აქვთ და სხვადასხვა ოპტიკურ დიაპაზონში ასხივებენ. ლაზერები მუშაობენ, როგორც იმპულსურ, ისე უწყვეტ რეჟიმში. ლაზერების გამოსხივების სიმძლავრე იცვლება ფართო დიაპაზონში მილივატებიდან 10^{12} – 10^{13} ვტ-მდე (იმპულსურ რეჟიმში). ლაზერული გამოსხივების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი თვისებაა მაღალი ხარისხის მონოქრომატულობა.

ლაზერის სხივის საშუალებით შედუღების ზონაში მიიღება მაღალკონცენტრირებული ენერგიები. პლასტმასების შედუღება შეიძლება შესრულდეს, როგორც უწყვეტ, ისე იმპულსურ რეჟიმში. წარმოებაში ფართო გამოყენება ჰპოვა შედუღებამ გამოსხივების უწყვეტ რეჟიმში. ლაზერის გამოყენება შედუღებაში და ჭრაში განპირობებულია მასალის მიერ ფოტონების ენერგიის შთანთქმის უნარით.

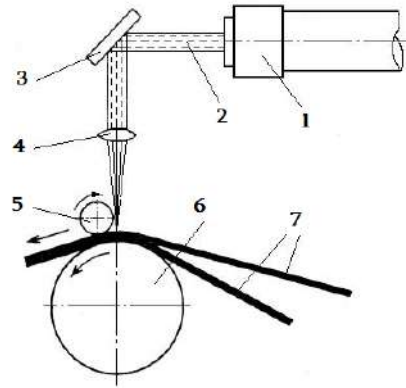
სპეციალური ოპტიკური მოწყობილობებით ლაზერის სხივის ვიწრო კონად ფოკუსირების საშუალებით მიიღება ენერგიის საკმაოდ დიდი სიმკვრივე, რომელიც თერმოპლასტის ზედაპირს მყისიერად ახურებს დნობის ტემპერატურამდე. მცირე ფართობზე დიდი რაოდენობის ენერგიის გამოყოფა იძლევა თხელი აფსკების დიდ სიჩქარეებზე შედუღების საშუალებას. მაგალითად, დაბალი სიმკვრივის პოლიეთილენის 50-150 მკმ სისქის აფსკები CO_2 ლაზერით დუღდება 3,3 – 4 მ/წმ სიჩქარით. მაგ- რამ, პროცესის მქც დაბალია, რადგან აფსკი შთანთქავს ლაზერის ენერგიის მხოლოდ 20 – 25 %-ს.

შედუღებაში გამოიყენება CO_2 ლაზერები ტალღის სიგრძით 10,6 მკმ. უწყვეტ რეჟიმში მუშაობისას მისი სიმძლავრე არის 25 – 80 ვტ, ხოლო იმპულსურ რეჟიმში საშუალოდ 2 კვტ.

CO_2 ლაზერები ასევე გამოიყენება თერმოპლასტების, სინთეტიკური ქსოვილების, ხელოვნური ტყავის და სხვა მასალების ჭრაშიც. ჭრის საშუალო სიჩქარე დამოკიდებულია მასალის შრეების რაოდენობაზე, თვისებებზე და სხივის სიმძლავრეზე. სიჩქარე დაახლოებით ტოლია 1 მ/წმ.

თერმოპლასტების ლაზერული შედუღებისა და ჭრის უპირატესობებია მაღალი მწარმოებლურობა და პროცესის ავტომატიზაცია. უარყოფით მხარეებად შეიძლება ჩა-

ითვალოს მაღალი ღირებულება და მოწყობილობის სირთულე. სურ.8.3 - ზე მოყვანილია აფსკების ლაზერით შედუღების სქემა.



სურ. 8.3
აფსკების ლაზერით შედუღების სქემა.

1. ოპტიკური ქვანტური გენერატორი; 2. ლაზერის სხივი; 3. სარკე;
4. მაფოკუსირებელი ლინზა; 5. მისაგორი გორგოლაჭი; 6. გადამტანი გორგოლაჭი;
7. შესადუღებელი აფსკები.

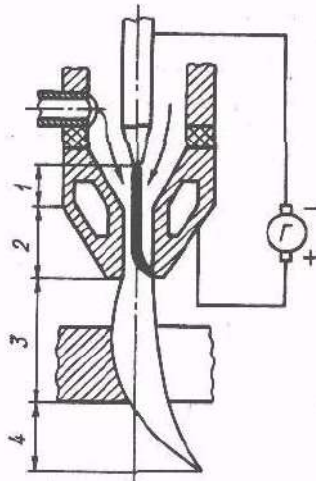
ლაზერის სხივი გენერირდება ოპტიკურ ქვანტურ გენერატორში, საიდანაც გარკვეული კუთხით დაყენებული სარკიდან აირეკლება შედუღების ზონის მიმართულებით. მაფოკუსირებელ ლინზაში გავლისას ფოკუსირდება ვიწრო კონად. მისაგორი და გადამტანი გორგოლაჭების საშუალებით აფსკები მიეწოდება შედუღების ზონაში.

შედუღებაში ფართოდ გამოიყენება პლაზმა. პლაზმა წარმოადგენს გარემოს, სადაც დადებითი იონები და ელექტრონები იმყოფებიან კვაზინეიტრალურ მდგომარეობაში. ნივთიერების აირად მდგომარეობიდან პლაზმურ მდგომარეობაში გადასვლა განპირობებულია ნაწილაკების ურთიერთქმედების პროცესებთან, რომლებიც გამოწვეულია ნაწილაკების ურთიერთშეჯახებით ან მათი ურთიერთქმედებით გამოსხივებასთან.

გამოიყენება ორი სახის პლაზმა: არაწონასწორული და წონასწორული პლაზმა. არაწონასწორული პლაზმა მიიღება დაბალ წნევებზე და მისი ტემპერატურა შესაძლებელია იყოს რამდენიმე ათეული გრადუსიდან რამდენიმე ასეულ გრადუსამდე.

წონასწორული პლაზმა მიიღება მაღალ წნევებზე და მისი ტემპერატურა იწყება რამდენიმე ათასეული გრადუსიდან და ზემოთ. ამ ტემპერატურებზე პლაზმა ძირითადად შედგება ელექტრონებისაგან, დადებითი იონებისაგან და ასევე რეკომბინაციის შედეგად მიღებული ნეიტრალური ატომებისაგან. ის ხასიათდება მაღალი თბოფიზიკური მახასიათებლებით. დაბალტემპერატურული წონასწორული პლაზმა ფართო გამოყენება კერძოდ კი შედუღებაში, ჭრაში, დადუღებაში, დაფრქვევაში და სხვა.

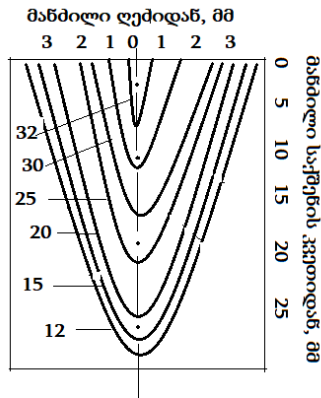
ვინაიდან არალითონური მასალები წარმოადგენენ დიელექტრიკებს და შეუძლებელია ელექტრული წრედის შეკვრა ელექტროდსა და გასაჭრელ დეტალს შორის, ამიტომ გამოყენება ჰპოვა პლაზმატრონებმა დამოუკიდებელი პლაზმური რკალით. ამ ტიპის პლაზმატრონები ცნობილია, როგორც ირიბი მოქმედების პლაზმატრონები, სადაც ელექტრული წრედი შეკრულია უდნობ ელექტროდსა (კათოდი) და საქშენს (ანოდი) შორის. სურ. 8.4-ზე მოცემულია ასეთი რკალის სქემა. პლაზმური რკალის სვეტი მთლიანად განლაგებულია პლაზმატრონის შიგნით. იწყება ელექტროდზე და მთავრდება ანოდური ლაქით, რომელიც მიბმულია საქშენის არხის შიდა კედელზე. პლაზმაწარმომქმნელი აირის წნევით ზემოქმედების გამო, რკალის სვეტი მოძრაობს არხის გასწვრივ და ანოდური ლაქა გადაადგილდება არხის კედლის გასწვრივ საქშენის ქვედა კვეთამდე. ამიტომ პლაზმაწარმომქმნელი აირი და მისი პლაზმა მცირე მანძილზე კონტაქტირებენ რკალის სვეტთან და შემდეგ არსებობენ მისგან დამოუკიდებლად. ამ ტიპის რკალით ჭრას უწოდებენ „ჭრას პლაზმური ჭავლით“, რადგან ნამზადის გახურება ხორციელდება მხოლოდ პლაზმური ჭავლის საშუალებით.



სურ.8.4.

ირიბი მოქმედების პლაზმური რკალის სქემა და მისი უბნები

1.დახურული უბანი; 2. შეკუმშული რკალის უბანი; 3. პლაზმური ჭავლი; 4. პლაზმის ჩირაღდანი რადგან მასალის გახურება ხდება მხოლოდ პლაზმური ჭავლის საშუალებით. მისი ტემპერატურა და სიჩქარე საქშენის ქვედა კვეთიდან დაწყებული დასამუშავებელი ზედაპირისაკენ კლებულობს. ამიტომ მნიშვნელოვანია მანძილი პლაზმატრონსა და დასამუშავებელ ზედაპირის შორის. სურ. 8.5-ზე მოყვანილია ტემპერატურის განაწილების მრუდები პლაზმურ ჭავლში, როგორც რადიალური მიმართულებით, ისე ღერძის გასწვრივ. ტემპერატურა მაქსიმალურია საქშენთან და იკლებს ღერძის გასწვრივ. ვინაიდან პლაზმური რკალის მიერ გამოყოფილი სრული სითბო თავმოყრილია საქშენის არხში, ამიტომ ირიბი მოქმედების პლაზმატრონების მ.ქ.კ. საკ-



სურ. 8.5

ირიბი მოქმედების (დამოუკიდებელი) რკალის ტემპერატურის განაწილება.

(მრუდებთან ტემპერატურა 10° K)

მაოდ მცირეა და შეადგენს 30-40%-ს.

პლაზმურ შედუღებას და ჭრას არ ექვემდებარებიან მაღალი ძაბვების მქონე მასალები, მაგალითად მინა, რომელიც მყიფე ნივთიერებაა და ტემპერატურის მყისიერი ცვლილებისას იმსხვრევა.

პლაზმური შედუღება ტექნოლოგიური სქემით ახლოსაა ცხელი აირით შედუღების ტექნოლოგიასთან. ამ შემთხვევაშიც შესაძლებელია პირაპირა, პირგადადებულის, ტესტური შენადული შეერთებების მიღება. რადგან პლაზმური რკალი წარმოადგენს კონცენტრირებული ენერჯის წყაროს ტემპერატურის რეგულირების ფართო დიაპაზონით, ეს საშუალებას იძლევა გავზარდოთ პროცესის მწარმოებლურობა, შესაძლებელი დეტალების სისქეები და მარტივად ვარეგულიროთ ზედაპირზე გადაცემული სითბოს რაოდენობა. შედუღების შესრულების ტექნოლოგიურ ვარიანტებზე აქ არ შევჩერდებით, რადგან ამაზე საუბარი იყო მე-3 პარაგრაფში

მასალები, რომლებიც შეიცავენ სილიკატებს, პლაზმური ჭრის შემდეგ მათი ზედაპირები იფარება მყიფე (მტვრევადი) შრით, რომლის მოშორება აუცილებელია. არის შემთხვევები, როდესაც ზედაპირული მყიფე შრის დატოვება მიზანშეწონილია. შენობების საფასადე პანელების, ბლოკების და სხვათა ზედაპირების დამუშავება პლაზმით. წარმოქმნილი მყიფე სილიკატური ფენა ასრულებს დანარჩენი მასალის დაცვის როლს (წყლისაგან, მზის ფამოსხივებისაგან და სხვა) და ზრდის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობას.

პლაზმური ჭრის ტექნოლოგიური რეჟიმები დამოკიდებულია მასალის ქიმიურ შემადგენლობაზე, დნობის ტემპერატურაზე, კუთრ სითბოტევადობაზე და დნობის

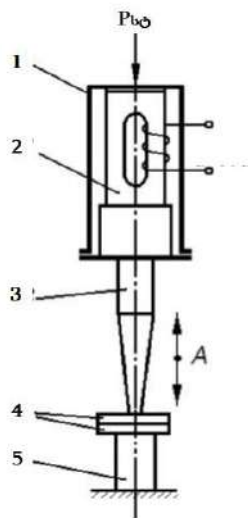
კუთრ სითბოზე, სისქეზე. თითოეული კონკრეტული შემთხვევისათვის უნდა შემუშავდეს ტექნოლოგია.

გასაჭრელი მასალის სისქე განსაზღვრავს მანძილს პლაზმატრონსა და ზედაპირს შორის. ერთის მხრივ მანძილი შეიძლება იყოს მინიმუმადე დაყვანილი, რადგან ორმაგი რკალის წარმოქმნის საშიშროება არ არსებობს, მაგრამ, მეორე მხრივ გამოდნობისას ამოტყორცნილმა მასამ შეიძლება ამოავსოს საქშენის არხი, რაც შეასუსტებს პლაზმური ჭავლის ძალურ ზემოქმედებას. ჭრის პროცესის დაწყება რეკომენდირებულია ნამზადის კიდიდან. ხოლო თუ მოითხოვება ჭრის დაწყება სხვა წერტილიდან, მაშინ უმჯობესია, მაქსიმუმადე გავზარდოთ მანძილი და დავიწყოთ ზედაპირის თანმიმდევრული ჩადნობა. ჩადნობის სიღრმის მიხედვით პლაზმატრონი მივუახლოვოთ ზედაპირს. სრული ჩადნობის შემდეგ გაგრძელდება ჭრა. ამ ხერხით თავიდან ავიცილებთ საქშენის და პლაზმატრონის დაზიანებას.

9. არალითონური მასალების ულტრაბგერითი შედუღება

პროცესის არსი და სქემები. ენერგიის მიწოდება და მისი კონცენტრაცია შედუღების ზონაში. მიწოდებული ენერგიის დოზირება.

ულტრაბგერითი სიხშირის (18-50 კვცვ) ელექტრული რხევები გარდაიქმნება მექანიკურ გრძივ რხევებად და ტალღსატარის საშუალებით შეკვავთ შესადუღებელ მასალაში (სურ.9.1) მექანიკური რხევების ენერგიის ნაწილი გარდაიქმნება სითბურში, რომლის საშუალებითაც შესადუღებელი მასალები ხურდება ბლანტდენადი მდგომარეობის ტემპერატურამდე. ენერგიის მიწოდება ხორციელდება ტალღსატარის მუშა ზედაპირის კონტაქტით შესადუღებელი დეტალების ზედაპირთან. მჭიდრო კონტაქტი უზრუნველყოფილია ტალღსატარის სტატიკური წნევის ($P_{სტ}$) მოქმედებით დეტალის ზედაპირზე. სტატიკური წნევა, ასევე ხელს უწყობს ენერგიის კონცენტრირებას შეერთების ზონაში. ტალღსატარის რხევების შედეგად წარმოქმნილი დინამიკური ძალვა (F) იწვევს შესადუღებელი მასალის გახურებას, ხოლო სტატიკური წნევა - მტკიცე შენადული შეერთების მიღებას. ენერგიის მიწოდება შესაძლებელია, როგორც ცალმხრივად, ისე ორმხრივად.



სურ. 9.1

ულტრაბგერითი შედუღების სქემა

რხევების ენერგიის ინტენსიური შთანთქმა და მისი გარდაქმნა სითბოში მიმდინარეობს მასალის იმ უბნებში სადაც დარღვეულია მისი მთლიანობა, მაგალითად ფორიანი ადგილები. ყველაზე მეტად მთლიანობა დარღვეულია შესადუღებელი დეტალების კონტაქტის საზღვარზე, ამიტომ აქ ტემპერატურის ზრდის სიჩქარე მეტია,

ვიდრე დეტალის მოცულობაში. შედუღებისას აღძვრება განივი ულტრაბგერითი რხევები, რომელსაც დეტალების საზღვარზე შეუძლია გამოიწვიოს ზედაპირული ხახუნი, რაც ასევე ხელს უწყობს შეერთების ზონაში ტემპერატურის სწრაფ ზრდას. წარმოქმნილი რბილი შუაშრე ამცირებს ხახუნის კოეფიციენტს, თვითონ კი ინტენსიურად შტანთქავს მექანიკურ რხევებს.

დეტალების საზღვარზე არსებული მიკროუსწორმასწორებების გამო შეიძლება წარმოიქმნას მნიშვნელოვანი დინამიკური ძაბვები, რაც იწვევს ამ მიკროუსწორმასწორების ინტენსიურ გაცხელებას და დნობას.

ამრიგად, ულტრაბგერითი შედუღებისას შენადული შეერთება მიიღება მასალის მთელი მოცულობის ჩადნობის გარეშე.

ულტრაბგერითი რხევები, მძლავრი ულტრაბგერითი სიხშირის იმპულსების მომედებით, არა მარტო უზრუნველყოფენ ზედაპირების გახურებას და გასწორებას, არამედ სხვადასხვა ზედაპირული აფსკების და ჭუჭყის რღვევას და მოცილებას.

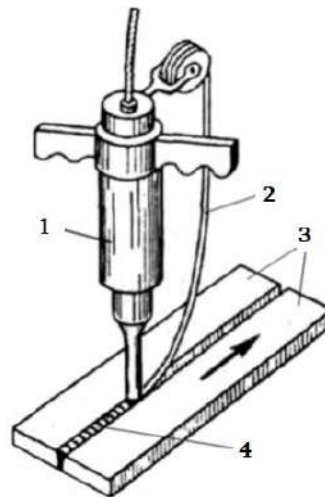
ულტრაბგერითი შედუღება, შედუღების სხვა მეთოდებისაგან განსხვავდება მიმდინარე ფიზიკო-ქიმიური პროცესებითაც. პირველ რიგში, უნდა ავლნიშნოთ, რომ რხევების მოქმედება პოლიმერის ნადნობზე საგრნობლად აჩქარებს მოლეკულების დიფუზიის პროცესს. მეორე ის, რომ ტალღსატარის უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობისას მიმდინარეობს ნადნობის ინტენსიური არევა. წინ მოძრაობისას ტალღსატარი გამოდევნის პოლიმერს, ხოლო უკან მოძრაობისას გაიშვიათების უბნაში შემოიდევენება პოლიმერების ახალი პორციები, რომლებიც ჩაერთვებიან მოძრაობაში ტალღსატარის შემდგომი სვლისას.

ის რაზეც ზემოთ იყო საუბარი, მიეკუთვნება ხისტი პოლიმერული მასალების (პოლისტიროლი, პოლიმეთილმეტაკრილატი და სხვა) შედუღებას. ამ მასალებს ახასიათებთ, დრეკადობის მაღალი მოდული, და ჩაქრობის დაბალი კოეფიციენტი. მაქსიმალური ტემპერატურა მიიღება დეტალების კონტაქტის სიბრტყეში.

რბილი პლასტმასები (დაბალი და მაღალი წნევის პოლიეთილენი, პოლიამიდები და სხვა) ხასიათდება დრეკადობის დაბალი მოდულით და მაღალი ჩაქრობის კოეფიციენტით. მათი შედუღებისას მიმდინარეობს ზედა დეტალის გახურება და მისი დეფორმაცია. ზედა დეტალის სისქე არ უნდა არმატებოდეს 1 -5 მმ-ს.

მისართი მასალით შედუღებისას ენერჯიის მიწოდება ხორციელდება ძირითადი

სქემით (სურ. 9.2).

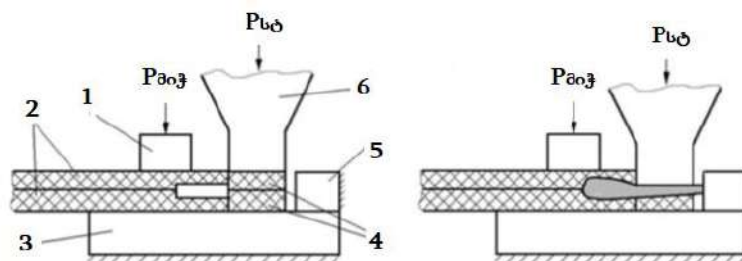


სურ. 9.2

მისართი მასალით ულტრბგერით შედუღების სქემა.

1. გარდამქნელი ტალღსატარი; 2. მისართი მასალა; 3. შესადუღებელი დეტალები;
4. შენადული ნაკერი.

სტატიკური და დინამიკური ძალები მოქმედებენ მისართ მასალაზე, რომელიც შესადუღებელ დეტალებს შორის V-ს მაგვარ გამოყვანილ ნაწიბურშია მოთავსებული. მისართ წნელზე ულტრბგერითი რხევების მოქმედება იწვევს მის პლასტიფიკაციას, ხოლო სტატიკური წნევის მოქმედებით პლასტიფიცირებული მასალა ავსებს ნაწიბურს და წარმოქმნის მტკიცე ნაერთს. განფენილი ნაკერის მისაღებად ტალღსატარს გადაადგილებენ მისართი წნელის გასწვრივ. ამ სქემით მიიღება პირაპირა, ტესებრი და კუთხური შეერთებები.



სურ. 9.3

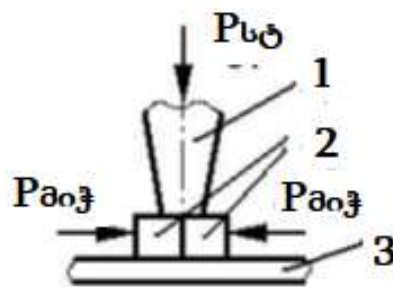
„ნადნობის გამოდევნით“ ულტრბგერით შედუღების სქემა

- ა. შედუღების წინ; ბ. შედუღების შემდეგ

1. მიმჭერი; 2. შესადუღებელი დეტალები; 3. საყრდენი; 4. დამხმარე ტექნოლოგიური დეტალები; 5. საბჯენი; 6. ტალღსატარი.

რბილი პლასტმასების შედუღების სქემა „ნადნობის გამოდევნით“ მოცემულია სურ. 9.3-ზე. შეერთება მიიღება ინსტრუმენტის მიერ დამხმარე ტექნოლოგიური თერმო-პლასტების დეტალების კონტაქტის ზონიდან გამოდევნილი ნადნობის ხარჯზე. დამხმარე დეტალები გამოიყენება, როგორც მისართი მასალა.

დიდი სიგრძის ღეროს ფორმის დეტალების პირაპირა შეერთების მისაღებად, მიზანშეწონილია რხევების ენერგიის შეყვანა ნამზადში მოხდეს შედუღების ზონის უშუალო სიახლოვეს. სურ. 9.4-ზე მოყვანილია პირაპირა შეერთებების ერთ-ერთი კონსტრუქცია სტატიკური წნევის მართობულად მოქმედი დამატებითი მიჭერის წნევით შედუღებისას.



სურ. 9.4

პირაპირა შეერთებების კონსტრუქცია სტატიკური წნევის მართობულად მოქმედი დამატებითი მიჭერის წნევით შედუღებისას

1. ტალღსატარი; 2. შესადუღებელი დეტალები; 3. საყრდენი

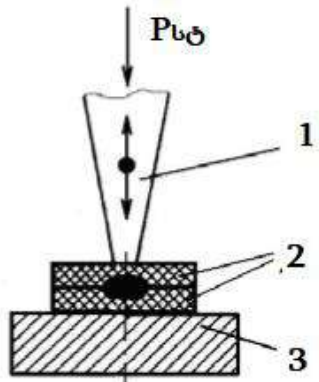
ამ სქემის მიხედვით ულტრაბგერები ნამზადში შეჰყავთ პირაპირა შეერთების პარალელურად ტალღსატარის მასთან აკუსტიკური კონტაქტის დამყარებით სტატიკური ძალვით მიჭერის ხარჯზე. ხოლო მასალის ჩაჯდომისათვის, პირაპირა შეერთების მართობულად მოქმედებენ დამატებითი მიჭერის ძალვით, რომელიც აღემატება სტატიკურ ძალვას.

ენერგიის მიწოდება შესადუღებელ დეტალებთან შეიძლება, როგორც ერთი მხრიდან, ისე ორი მხრიდან. ცალმხრივ მიწოდები კინემატიკური სქემა საკმაოდ მარტივია. შესადუღებელი დეტალი თავსდება ტალღსატარსა და საყრდენს შორის (სურ. 9.1). ორმხრივი მიწოდებისას გამოიყენება ორი ტალღსატარი, რომლებიც სიმეტრიულად განლაგდება შესადუღებელი დეტალის ორივე მხარეს და მიმართულია ურთიერთსაწინააღმდე-

გოდ.

ენერჯის მიწოდების ინტენსივობა, თბოგამოყოფა და პოლიმერის დეფორმაცია დამოკიდებულია გახურებული დეტალიდან ტალღსატარისკენ თბოარიების პირობებზე. ტემპერატურული რეჟიმის ცვლილება მიიღწევა სხვადასხვა ხერხებით: ტალღსატარის და დეტალის კონტაქტის ზედაპირზე ჰაერის ნაკადის შებერვით, საყრდენის და ტალღსატარის დამატებითი გახურებით, თბოიზოლაციური სადებების გამოყენებით.

ულტრაბგერითი შედუღების დროს მექანიკური ენერჯის გადაცემის შესაძლებლობა დამოკიდებულია შესადუღებელი მასალების დრეკად თვისებებზე და რხევების ჩაქრობის კოეფიციენტზე. თუ პოლიმერული მასალა ხასიათდება დაბალი დრეკადობის მოდულით და რხევების ჩაქრობის მაღალი კოეფიციენტით, მაშინ შენადული შეერთების მიღება შესაძლებელია რხევების შეყვანის სიბრტყიდან მცირე მანძილზე. ამიტომ, ასეთ დროს გამოიყენება კონტაქტური ულტრაბგერითი შედუღება (სურ. 9.5). ამ მეთოდით, როგორც წესი დუღდება რბილი და ნახევრადხისტი მასალები.



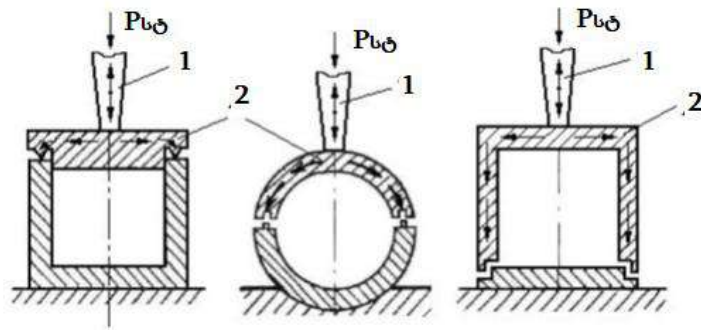
სურ. 9.5

ულტრაბგერითი კონტაქტური შედუღების სქემა

- 1.ტალღსატარი; 2.შესადუღებელი დეტალები; 3. საყრდენი

თუ პოლიმერული მასალა ხასიათდება მაღალი დრეკადობის მოდულით და რხევების ჩაქრობის დაბალი კოეფიციენტით, მაშინ შენადული შეერთების მიღება შესაძლებელია რხევების შეყვანის სიბრტყიდან დიდ მანძილზე. ამიტომ, ასეთ დროს გამოიყენება გადაცემით ულტრაბგერითი შედუღება. მასალის კარგი აკუსტიკური თვისებების გამო ულტრაბგერითი ტალღების ენერჯია დეტალის გავლისას უმნიშვნელოდ

მცირდება. დეტალების კონტაქტის საზღვარზე სითბოს გამოყოფა დამოკიდებულია ნამზადის კონფიგურაციაზე, ხოლო შედულების ფართობი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ტალღსატარის მუშა ზედაპირის ფართობისაგან. გადაცემით ულტრა ბგერითი შედულების გამოყენება რეკომენდირებულია ხისტი პლასმასებისაგან დამზადებული მოცულობითი დეტალების შესადულებლად. ამ მეთოდით კარგად სრულდება პირაპირა და ტესებრი შეერთება (სურ. 9.6).



სურ. 9.6

გადაცემით ულტრაბგერითი შედულების სქემა

- 1. ტალღსატარი; 2. შესადულებელი დეტალები

ენერჯის გადაცემის ეფექტურობის გასაზრდელად და ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გასაფართოებლად გამოიყენება შესადულებელი დეტალების გაცივება იმ ტემპერატურამდე, რომელზეც პოლიმერი გადადის მინისმაგვარ მდგომარეობაში. ამ მდგომარეობაში იზრდება დრეკადობის მოდული, ხოლო ჩაქრობის კოეფიციენტი კი მცირდება. გაცივებას ექვემდებარება ის უბანი, რომელიც მდებარეობს შედულების ზონასა და ტალღსატარის მუშა ზედაპირს შორის.

მექანიკური რხევების ენერჯის გადაცემა შედულების ზონაში აუცილებელი, მაგრამ არასაკმარისი პირობაა შენადული შეერთების მისაღებად. დადგენილია, რომ კარგი აკუსტიკური თვისებების მასალების შედულებისას, როდესაც კონტაქტის ზედაპირი ბრტყელია, ხოლო სტატიკური წნევა თანაბრადაა განაწილებული, შენადული შეერთების მიღება რთულია, ზოგჯერ კი შეუძლებელიც. ეს გამოწვეულია იმით, რომ შედულება ხორციელდება არა მთელ ზედაპირზე, არამედ ცალკეულ უბნებში. შენადული შეერთების მიღება დამოკიდებულია ძაბვების კონცენტრაციის ხარისხზე შედულების ზონაში და შესაძლებელია მისი ინტენსიფიცირება ძაბვების ხელოვნური კონცენტრატორების შექმნით. პრაქტიკაში, ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული შედულების მეთოდი

ხელოვნური კონცენტრატორების გამოყენებით არის შედუღება ნაწიბურების გამოყვანით. საუკეთესო შედეგები მიიღება, როდესაც ერთ დეტალს აქვს V-ს მაგვარი შვერილი. პროცესის რეჟიმი და გამოყვანის კუთხე განსაზღვრავენ, თუ როგორ წარიმართება პროცესი, შვერილის დნობით, თუ მისი ჩანერგვით მეორე დეტალში.

ენერჯის კონცენტრაციის გაზრდის სხვა ხერხი მდგომარეობს ცუდი აკუსტიკური თვისებების მქონე რბილი სადებების გამოყენებაში შესადუღებელ ზედაპირებს შორის. ძაბვების კონცენტრაციის მომატება, ასევე შესაძლებელია ზედაპირების ხორკლიანობის გაზრდით. ბრტყელზედაპირიანი დეტალების შენადული შეერთების ხარისხის ასამაღლებლად, ზედაპირებს შორის თანაბრად ყრიან იმავე პოლიმერის ნაფხვენს. პოლიმერის ნაწილაკები ქმნიან ამაღლებული მექანიკური ძაბვების მიკროზონებს, რომლებიც ხელს უწყობენ მაღალი ტემპერატურის კერების წარმოქმნას და უზრუნველყოფენ მაღალი ხარისხის შენაერთების მიღებას. შედუღების ზონაში სითბოს გამოყოფის გაზრდა, ასევე შესაძლებელია შედუღების ზონის ლოკალურ გახურებაში. გახურების ტემპერატურა დამოკიდებულია მასალაზე და დაახლოებით შეადგენს 50 –100°C.

არის შემთხვევები, როდესაც გამოიყენება შედუღების კომბინირებული მეთოდი შესადუღებელი ზედაპირების გახურებით და დეტალების გაცივებით ტალღსატართან კონტაქტის ზონაში. მექანიკური ენერჯის მიწოდების მიმართულებით ტემპერატურული ველის ცვლილება, მნიშვნელოვნად ცვლის შედუღების ტემპერატურულ რეჟიმს, ზრდის პროცესის მწარმოებლურობას და ტალღსატართან კონტაქტის ზონაში ადგილი არა აქვს მასალის გადახურებას.

შენადული შეერთების მიღება და ხარისხი დამოკიდებულია შედუღების ზონაში გენერირებული თბური ენერჯის რაოდენობაზე და თბოარინებაზე ამ ზონიდან. რადგან თბური ენერჯია დამოკიდებულია შესადუღებელ დეტალებთან მიყვანილ ენერჯიაზე, ამიტომ აუცილებელია მისი დოზირება. იმაზე დამოკიდებულებით, თუ რომელი კრიტერიუმით განისაზღვრება ულტრბგერითი რხევების გათიშვის მომენტი, განასხვავებენ შედუღების პროცესის მართვის შემდეგ სქემებს:

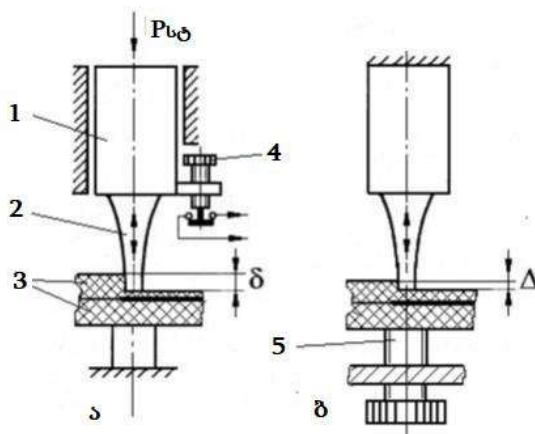
- ფიქსირებული დროით;
- დეფორმაციის კრიტერიუმით;
- კინეტიკური მახასიათებლით.

თავის მხრივ, დეფორმაციის კრიტერიუმით მართვის სქემები იყოფა ფიქსირებული ჩაჯ-

დომით და ფიქსირებული ღრეჩოთი შედუღების სქემებად.

ფიქსირებული დროით შედუღება გამოიყენება ყველა ულტრაბგერითი შედუღების მანქანაში. გახურების დრო ფიქსირდება დროის რელეს გამოყენებით, რომელიც რხევებს თიშავს დროის ერთიდაიგივე შუალედის შემდეგ. შედუღების რეჟიმის პარამეტრებიდან მცირე გადახრები, მასალის თვისებების და დეტალის გეომეტრიის ცვლილება, შეიძლება გამოიწვიოს მასალის გადახურება ან პირიქით, საჭირო ტემპერატურამდე გაუხურებლობა. რაც თავის მხრივ გამოიწვევს გაწვას ან შეუდუღებლობას. ამიტომ, ამ სქემით შედუღება იძლევა არასტაბილურ შედეგებს.

შედუღება ფიქსირებული ჩაჯდომით იძლევა საშუალებას თავიდან ავიცილოთ ზემოთმოყვანილი ნაკლოვანებები. ამ სქემით შედუღებისას მოცემულია პოლიმერის ჩაჯდომის სიდიდე δ , ანუ სტატიკური წნევისა და ულტრაბგერის ზემოქმედების შედეგად ტალღსატარის შესადუღებელ დეტალში ჩაწნევის სიღრმე. ჩაჯდომის სიდიდე განისაზღვრება შედუღების რეჟიმის მიხედვით. აუცილებლად დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობა: $\delta > 2A$, სადაც A არის ტალღსატარის მუშა ზედაპირის რხევის ამპლიტუდა. მარტივ შემთხვევაში (სურ. 9.7, ა) ულტრაბგერის გათიშვა ხდება კონტაქტების განთიშვით დასაჭერი შტიფტის საშუალებით. მანძილი კონტაქტსა და შტიფტს შორის ჩაჯდომის სიდიდის ტოლია. სტატიკური წნევა მოქმედებს საშემდუღებლო ციკლის დასრულებამდე.



სურ. 9.7

ფიქსირებული ჩაჯდომით შედუღების სქემა (ა) და ფიქსირებული ღრეჩოთი შედუღების სქემა (ბ)

1.გარდამქმნელი; 2. ტალღსატარი; 3. შესადუღებელი დეტალი; 4. დასაჭერი შტიფტი; 5.

მარეგულირებელი ხრახნი

შედულების ზონის დეფორმაცია, 0.7 – 1,2 მმ სისქის რბილი პლასტმასის ნაშაადების შედულებისას, ვერ კონტროლირდება. ამის გამო ულტრბგერის გათიშვის შემდეგ შესაძლებელია შეერთების გარე ხედის და სიმტკიცის მნიშვნელოვანი გაუარესება. ასეთი დეფორმაციის თავიდან ასაცილებლად უნდა შეიზღუდოს ტალღსატარის გადაადგილება სპეციალური ფიქსატორის გამოყენებით ან სტატიკური წნევის მოხსნით ტალღსატარის აწევის გარეშე.

ფიქსირებული ღრეჩოთი შედულებისას არ გამოიყენება სტატიკური წნევა. შედულება სრულდება იმ დინამიკური ძალების მოქმედების ხარჯზე, რომლებიც წარმოიქმნება ტალღსატარის მოქმედებისას შესადულებელ დეტალზე. ამ სქემით (სურ. 9.7, ბ) ტალღსატარის მუშა ზედაპირსა და საყრდენს შორის ღრეჩო შეირჩევა ისე, რომ შესადულებელი დეტალი დეფორმაციას განიცდიდეს, მხოლოდ ტალღსატარის მუშა ზედაპირის წანაცვლებისას. ამ ზემოქმედებისას მასალა თხელდება და რადგან ტალღსატარი ფიქსირებულია, მათ შორის კონტაქტი ირღვევა და ულტრბგერის მოქმედება მასალაზე წყდება. მასალის დეფორმაცია არ აღემატება ტალღსატარის ორმაგ ამპლიტუდას და შეირჩევა მასალის სისქისა და თვისებების მიხედვით.

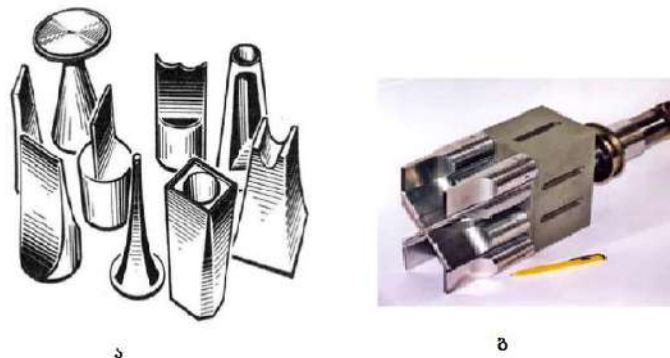
კინეტიკური მახასიათებლით ენერჯის მიწოდების დოზირების არსი მდგომარეობს შემდეგში, საყრდენი წარმოადგენს ამპლიტუდის გადამწოდს, და ულტრბგერის გათიშვა ხორციელდება ან ოპერატორის მიერ ხელით ან ავტომატურად, როდესაც საყრდენი-გადამწოდის ელექტროსიგნალი შეესაბამება მინიმუმ წანაცვლების ამპლიტუდას.

10. ულტრაბგერითი შედუღების სახეები შედუღების ინსტრუმენტისა და ნამზადის ერთმანეთის მიმართ გადაადგილების მიხედვით.

შედუღების ტექნოლოგია და რეჟიმის პარამეტრები.

შედუღების ინსტრუმენტისა და ნამზადის ერთმანეთის მიმართ გადაადგილების მიხედვით გვაქვს წნეხით და უწყვეტი ულტრაბგერითი შედუღება.

წნეხით ულტრაბგერითი შედუღება სრულდება ტალღსატარის ერთი მუშა მოძრაობით და გამოიყენება, როგორც კონტაქტური ისე გადაცემითი შედუღებისათვის. კონტაქტური წნეხით შედუღებისას მიიღება წერტილოვანი, სწორხაზოვანი და სხვადასხვა კონტურის ჩაკეტილი ნაკერები. ჩაკეტილი ნაკერების კონფიგურაცია დამოკიდებულია ტალღსატარის მუშა ზედაპირის ფორმაზე (სურ. 10.1, ა)



სურ.10.1

ტალღსატარის მუშა ზედაპირის ფორმები

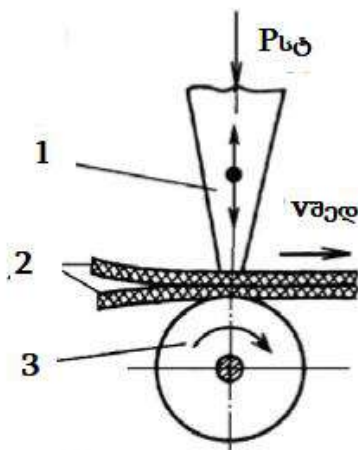
შენადული ნაკერის სიგრძე, ისევე, როგორც წერტილოვანი შედუღებისას წერტილის დიამეტრი დამოკიდებულია გარდამქმნელის სიმძლავრეზე. თუ შენადული ნაკერს გააჩნია რთული ფორმა, მაშინ გამოიყენება კომბინირებული ტალღსატარები ტორსული ზედაპირით (სურ. 10.1, ბ).

უწყვეტი შედუღება უზრუნველყოფს უწყვეტი შენადული ნაკერების მიღებას, ტალღსატარის და შესადუღებელი დეტალების ფარდობითი გადაადგილების ხარჯზე. უწყვეტი შედუღებისათვის გამოიყენება ფიქსირებული ჩაჯდომით და ფიქსირებული ღრეჩოთი შედუღების სქემები.

ხელით შედუღებისას ოპერატორი ხელით გადაადგილებს ტალღსატარს, ხოლო შესადურებელი დეტალები უძრავადაა დამაგრებული. ზოგიერთი მასალის ხელით შედუღება, კერძოდ კი პოლიეთილენის, გართულებულია მისი ინსტრუმენტზე პერიოდ-

დულად მიწებების გამო, რასაც საბოლოოდ მივეყვართ შესადულებელი მასალის გაწვამდე. ამ ნაკლის თავიდან აცილება შესაძლებელია პოლიმერული მასალის (ფტოროპლასტი) ტექნოლოგიური სადებების გამოყენებით. ხელით ულტრაბგერითი შედულება ძირითადად გამოიყენება შეერთებისათვის ძნელად მისადგომ ადგილებში ან დეტალების მოჭიდებისათვის მექანიზირებული შედულების წინ.

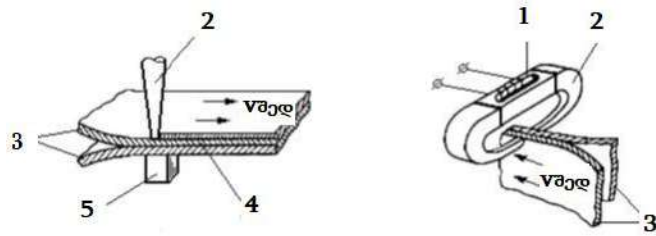
უწყვეტი მექანიზირებული შედულება ხორციელდება შესადულებელი მასალის გადაადგილებით უძრავი შედულების ინსტრუმენტის მიმართ. მასალის გადაადგილების მეთოდის მიხედვით ნაკერი მიიღება ბიჯებით და უწყვეტად. ბიჯებით ნაკერის მიღების მეთოდი წარმოადგენს წნეხით შედულების ნაირსახეობას. მისი არსი შემდეგში მდგომარეობს, ყოველი ნაკერის შემდეგ მასალა თავისუფლდება ტალღსატარის მოქმედებისაგან და გადაადგილდება შედულების ბიჯით. ყოველი შემდგომი ნაკერი გადაფარავს წინას. ეს მეთოდი გამოიყენება სინთეტიკური ქსოვილის და 0,1 – 3 მმ სისქის პლასტმასების შედულებისათვის. უწყვეტი ნაკერით შედულება ხორციელდება მბრუნავ გორგოლაჭზე (სურ. 10.2) და გაჭიმვის სქემით (სურ. 10.3). ამ სქემით შედულებისას ნამზადი ტალღსატარის მერხვე ტორსსა და საყრდენს შორის იჭიმება. უწყვეტი ნაკერით შედულებისას გამოიყენება ფიქსირებული ღრეჩოთი შედულების სქემაც და კომბინირებული სქემაც: ფიქსირებული ჩაჯდომით და ღრეჩოთი.



სურ. 10.2

ულტრაბგერითი შედურებით უწყვეტი ნაკერის მიღები სქემა

1.ტალღსატარი; 2. შესადულებელი დეტალები; 3. მბრონავი გორგოლაჭი



სურ.10.3

გაჭიმვის სქემით შედუღება.

ულტრაბგერითი რხევების ცალმხრივი (ა) და ორმხრივი მიწოდებით (ბ)

- 1.გარდამქმნელი; 2. ტალღსატარი; 3. შესადუღებელი მასალა; 4. შენადული ნაკერი;
5. საყრდენი

ულტრაბგერითი შედუღების ძირითად ტექნოლოგიურ პარამეტრებს, რომლებიც განსაზღვრავენ შეერთების ზონაში გამოყოფილ ენერგიას მიეკუთვნება:

- ტალღსატარის მუშა ზედაპირის რხევების ამპლიტუდა A (მკმ);
- რხევის სიხშირე f (კჰც);
- ულტრაბგერის იმპულსის ხანგრძლივობა t (წმ);
- შედუღების სიჩქარე (უწყვეტი შედუღებისას) $v_{შედ}$ (მ/წმ);
- შედუღების სტატიკური წნევა $P_{სტ}$ (პა);
- ტალღსატარის მასალასთან მიჭერის ძალვა F (ნ).

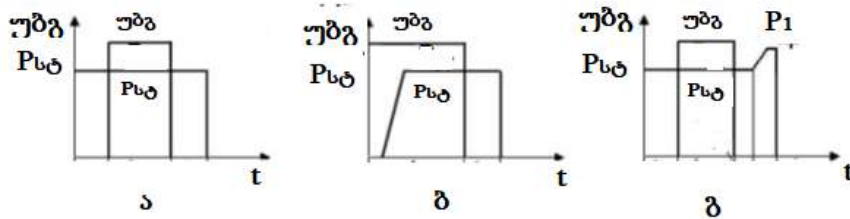
რეჟიმის დამატებითი პარამეტრებია - ტალღსატარის და საყრდენის ფორმა, ზომები და მასალა, თბოიზოლაციური სადებების მასალა, ტალღსატარის წინასწარი გახურების ტემპერატურა და სხვა.

შედუღების დრო დამოკიდებულია რხევების ამპლიტუდაზე და შედუღების წნევაზე. მაღალი ამპლიტუდის შემთხვევაში, რომ მივიღოთ ხარისხიანი შენადული შეერთებები, შედუღების დრო უნდა შემცირდეს და პირიქით.

რხევის ამპლიტუდა შეირჩევა 30 – 70 მკმ შუალედში. ამპლიტუდის ოპტიმალურ მნიშვნელობას შეესაბამება შენადული ნაკერის მაღალი ხარისხი და მაქსიმალური სიმტკიცე. ოპტიმალური რხევების ამპლიტუდის დადგენა დაკავშირებულია შედუღების წნევასთან, და ასევე დამოკიდებულია შესადუღებელი დეტალების გეომეტრიულ ზომებზე, პოლიმერების და საყრდენის გვარობაზე, რადგან ისინი განსაზღვრავენ ბგერითი ველის მახასიათებლების განაწილებას. შენადული ნაკერის ხარისხი დამოკიდებულია პროცესის მუშა ციკლზე, რომელიც წარმოადგენს შემდეგი ქმედებების თანმიმდევრო-

ბას: სტატიკური წნევის მოდებას, ულტრაბგერითი იმპულსის ჩართვას, გატარებას და გამორთვას, ნამზადის დაყოვნებას წნევის ქვეშ და მის მოხსნას.

ყველაზე მეტად გავრცელებული ციკლი - „სტატიკური წნევა - ულტრაბგერა“ მოყვანილია სურ. 10.4, ა-ზე. სტატიკური წნევა ულტრაბგერის ჩართვამდეა მოდებული, არ



სურ. 10.4

ულტრაბგერითი შედუღების მუშა ციკლები

იცვლება ციკლის განმავლობაში და იხსნება გარკვეული დროის დაგვიანებით. მასალების გაცივება იწყება, მაშინ, როდესაც დეტალები ჯერ კიდევ მიჭერილია ტალღ-სატარსა და საყრდენს შორის. მთელი ოპერაციის შესრულებისას ულტრაბგერითი რხევების მიწოდება მიმდინარეობს უწყვეტად ერთი იმპულსის სახით.

მუშა ციკლის „ულტრაბგერა- სტატიკური წნევა“ (სურ. 10.4, ბ) შემთხვევაში ულტრაბგერა ირთვება სტატიკური წნევის მოდებამდე. მისი ჩართვისას შესადუღებელი ზედაპირები სუფთავდება ჭუჭყისაგან.

ხისტი პოლიმერების შედუღებისას გამოიყენება სურ. 10.4, გ-ზე მოცემული ციკლი. შენადული ნაკერის სიმტკიცის გასაზრდელად და გამკვრივებისათვის რხევების უშუალოდ გამორთვის შემდეგ, მცირე დროის დაყოვნებით, იზრდება წნევა ტალღ-სატარზე (P_1). თუ დაყოვნების დრო დიდია, მაშინ P_1 წნევის გამოყენება შედეგს არ იძლევა, რადგან შესადუღებელი მასალა ასწრებს გაცივებას. ხანმოკლე ინტერვალის შემთხვევაში კი შესაძლებელია გამდნარი მასალის გამოდევნა შედუღების ზონიდან.

ულტრაბგერითი შედუღების დანადგარები შედგება შემდეგი ძირითადი კვანძებისაგან:

- შედუღების კვანძი (აკუსტიკური კვანძი), რომელიც შეიცავს ენრჯის გარამქმნელს, დრეკადი რხევების ტრანსფორმატორს, ტალღსატარს;

- წნევის მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს შესადულებელი მასალის შეკუმშვას ტალღსატარსა და საყრდენს შორის;
- დამხმარე მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს მასალის ტრანსპორტირებას;
- სადგარი, რომელზეც განლაგებულია ზემოთხსენებული კვანძები;
- მართვის ბლოკი, რომლითაც იმართება და კონტროლირდება შედულების პროცესი.

თანამედროვე შედულების მანქანები კლასიფიცირდება შემდეგი ნიშნების მიხედვით:

- შენადული შეერთების მიხედვით - წერტილოვანი, მრავალწერტილოვანი, რელიეფური, ბიჯური ნაკერებით და უწყვეტი ნაკერით შედულების;
- ავტომატიზაციის ხარისხის მიხედვით - ავტომატები, ნახევარავტომატები და ხელით მართვის მანქანები;
- დანიშნულების მიხედვით - საერთო დანიშნულების უნივერსალური მანქანები, სპეციალიზირებული მანქანები;
- სტაციონარული და გადატანითი მანქანები. სტაციონალურს მიეკუთვნება წნებით ულტრაბგერითი შედულების მანქანები, გადატანითს კი მცირე და საშუალო სიმძლავრის ხელის პისტოლეტები;
- მასალის და ტალღსატარის ურთიერთგადაადგილების ხასიათის მიხედვით - მოძრავი და უძრავი აკუსტიკური კვანძით;
- სტატიკური წნევის შექმნის ხერხით - მანქანები, სადაც წნევა ხორციელდება ტალღსატარით და საყრდენით;
- მუშა პოზიციის რაოდენობით: ერთი, ორი და მრავალპოზიციური მანქანები.

მსოფლიოში სერიულად გამოდის მრავალი მოდელის მანქანები ულტრაბგერითი შედულებისათვის, რომლებიც განკუთვნილია სხვადასხვა მასალებისაგან, განსხვავებული სირთულის და კონფიგურაციის დეტალების შესადულებლად და ნებისმიერი ტიპის შედულების შეერთებების მისაღებად.

11. ბიოლოგიური ქსოვილებისა და ძვლების ულტრაბგერითი შედუღების ტექნოლოგიური თავისებურებანი და მოწყობილობა.

გასული საუკუნის მეცნიერების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიღწევად ითვლება ცოცხალი ორგანიზმების ბიოლოგიური ქსოვილების შეერთების და ჭრის ახალი ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავება.

დადგენილია, რომ ადამიანების ძვლებში არის დიდი რაოდენობით შინაგანი თვითგაწონასწორებელი ძაბვები, რომლებიც ხელს უწყობენ როგორც ძვლების სიმტკიცის გაზრდას, ისე მის გამყიფებას.

ულტრაბგერით ქირურგიაში გამოიყენება ინსტრუმენტები, რომლებშიც მჭრელი ზედაპირი უწყვეტად ირხევა 10-დან 100 კჰც-მდე სიხშირით და ამპლიტუდით 5-50 მკმ. ულტრაბგერის მიღების წყაროები იყოფა ორ ჯგუფად: 1. მექანიკური 2. ელექტრული.

მექანიკურ გარდამქმნელებში ულტრაბგერის წყაროს წარმოადგენს სითხის ან აირის ნაკადი. მექანიკური გარდამქმნელები ხასიათდებიან არასტაბილური სიხშირით, რაც ზღუდავს მათ პრაქტიკულ გამოყენებას.

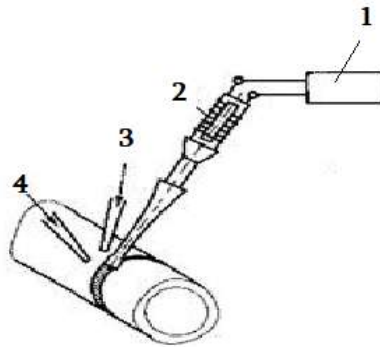
ელექტრული გარდამქმნელების მოქმედება დაფუძნებულია ორ ეფექტზე, პირველი - პიეზოელექტრული, რომელიც მდგომარეობს მექანიკური დეფორმაციების აღძვრაში ელექტრული ველის მოქმედებით. მეორე - რომელიც ემყარება სხეულის შესაძლებლობას პერიოდულად შეიცვალოს ზომები მაგნიტური ველის მოქმედებით.

არსებობს ბიოლოგიურ ქსოვილებზე ულტრაბგერის მოქმედების მექანიზმის ორი პრინციპი:

1. მექანიკური, რომელიც მდგომარეობს უჯრედშორისი კავშირების რღვევაზე ვიბრაციის ხარჯზე;
2. კავიტაციური, რომელიც მდგომარეობს ქსოვილებზე მაღალსიხშირული რხევების მოქმედებაში. კერძოდ, ქსოვილებში დროის მცირე შუალედში წარმოიქმნება უარყოფითი წნევა, რომელიც იწვევს უჯრედის და უჯრედშორისი სითხის გაცხელებას 38°C - ტემპერატურამდე. ამ დროს წარმოქმნილი ორთქლი ანგრევს უჯრედის გარსს და ვრცელდება უჯრედშორის სივრცეში და იწყება ქსოვილის გაყოფა. მექანიკური რხევების ზემოქმედებით წარმოიქმნება ბუნებრივი კოაგულანტი, ამავე დროს ადგილი აქვს სისხლის ცილების დენატურაციას (მოლეკულური სტრუქტურის ცვლილება), რაც ხელს უწყობს კოა-

გულაციის პროცესის წარმართვას.

ბიოლოგიური ქსოვილების, კერძოდ კი ძვლოვანი ქსოვილების ულტრაბგერითი შედუღების სქემა ნაჩვენებია სურ. 11.1-ზე. შეერთების უბანზე მიეწოდება თხევადი ეთილი- α -ციანოკრილატი, რომელშიც შერეულია ძვლის ნათალი და სხვა კომპონენტები (კონგლომერატი). სპეციალური ტალღსატარის საშუალებით ულტრაბგერითი რხევების ენერგია მიეწოდება ამ ნარევს. მისი მოქმედებით ხდება რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების გააქტიურება: ჩქარდება მისართი ნარევის შეღწევა ძვლის ქსოვილში, ნარევის კომპონენტების ქიმიური ურთიერთქმედება ძვლის ფიბრილურ ცილებთან და ციაკრინის პოლიმერიზაცია. საბოლოოდ, ქსოვილების მნიშვნელოვანი გახურების გარეშე, მიიღება მყარი შენადული ნაკერი. მიღებული შეერთება დროებითია, ის იკავებს ბიოლოგიურ ქსოვილს, იქამდე სანამ არ დასრულდება რეგენერაციის ბუნებრივი პროცესები. ანალოგიურად ხორციელდება ძვლების ულტრაბგერითი დადუღება, რომელიც გამოიყენება მათი ზომების და მთლიანობის აღსადგენად.



სურ.11.1

ძვლების ულტრაბგერითი შედუღების სქემა

1.ულტრაბგერის გენერატორი; 2.აკუსტიკური კვანძი; 3. ციაკრინის მიწოდება;

4. ძვლის ნათალის მიწოდება

ძირითადად სრულდება პირაპირა და პირგაგადებული შეერთებები.

პირგადადებული შეერთებების დროს გამოიყენება ძვლოვანი ფირფიტები, რომლებიც ლაგდებიან კონგლომერატზე და შემდეგ დუღდება. დაწვრილებით განვიხილოთ შედუღებისას მიმდინარე პროცესები. ულტრაბგერითი რხევები წარმოქმნიან გრიგალურ ნაკადებს, რომლებსაც თან სდევს კავიტაცია. ამ დროს მიმდინარეობს

ციაკრინიდან თავისუფალი რადიკალების ინტენსიური ამოვარდნა, დასაწყისში მიდის იონური, შემდეგ კი მონომერების რადიკალური პოლიმერიზაცია (მაღალმოლეკულური ნივთიერების - პოლიმერის - წარმოქმნის პროცესი). პოლიმერიზაციის პროცესი 50-ჯერ სწრაფად სრულდება, ვიდრე ულტრაბგერის გარეშე. ეს არის მისი გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეფექტი.

ულტრაბგერის გამოყენების მეორე ეფექტი მდომარეობს ციაკრინისთვის რხევების ენერჯის გადაცემაში, რომელიც ღრმად აღწევს ძვლოვან ქსოვილში. სიღრმე განისაზღვრება ციაკრინის აქტივაციის გზით. ულტრაბგერითი რხევებისას სიღრმე აღწევს 200 მკ-ს. ამავე დროს რხევები იძლევიან კონგლომერატის ქსოვილთან მტკიცე შეერთების მიღების საშუალებას. ვარაუდობენ, რომ კოლაგენების ამინოჯგუფები ერთვებიან ციაკრინის პოლიმერიზაციაში. პროცესი ხასიათდება მცირე დროით ტემპერატურის მომატებით 50-60°C-მდე. საწყის პერიოდში კონგლომერატის ტემპერატურა თითქმის არ იცვლება, პოლიმერიზაციისას მკვეთრად იზრდება, შემდეგ კი ზრდა ჩერდება.

ზემოთ ავლნიშნეთ, რომ ნაკერი დროებითია, სანამ არ დასრულდება რეგენერაციის პროცესი, რაც გულისხმობს ძვლის კოჟრის წარმოქმნას ან ისეთი პირობების შექმნას, რომლის დროსაც უჯრედი შეძლებს კონგლომერატის გავლას. დროის განმავლობაში კონგლომერატი განიდევენება სისხლის ნაკადით.

ძვლოვანი ქსოვილების სიმტკიცის მახასიათებლები დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, და პირველ რიგში ქსოვილზე - ხრტილოვანია თუ კორტიკალური. დადგენილია, რომ ძვლებს გააჩნიათ ნარჩენი (საკუთარი) ძაბვები. ზედაპირზე მოქმედებენ კუმშვის ძაბვები, რომლებიც დარტყმისას იცავენ ძვლებს. სიღრმეში ძვლის ღერძის გასწვრივ მოქმედებენ გაჭიმვის ძაბვები.

სამედიცინო პრაქტიკაში გვხვდება სხვადასხვა სახის მოტეხილობები: პირდაპირი, ირიბი, ნამსხვრევებით და სხვა. ნებისმიერ მათგანში გამოიყენება ან ძვლის ტრანსპლანტები ან მოტეხილობის ხაზის გასწვრივ ედება მოკლე ნაკერის ლილვაკები. ნაკერის დადების ასეთი სქემა უზრუნველყოფს ძვლოვანი ქსოვილის საწყის რეგენერაციას იმ უბნებზე სადაც შედუღება არ შესრულებულა, შემდეგ კი ნაკერის გაწოვასთან ერთად რეგენერაცია იწყება უშუალოდ ნაკერის ადგილას.

ნაკერების და დადუღებული ზედაპირების სიმტკიცეზე ჩატარებულმა ექსპერი-

მენტებმა აჩვენა, რომ. თხევად გარემოში, პოლიმერების ჰიდროლიზის გამო, ძვლის შენადული შეერთება ხასიათდება დაბალი სიმტკიცით. ამის გარდა, ციაკრინის და ძვლის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი განსხვავებულია, რაც განაპირობებს ნაკერში მხები და ნორმალური ძაბვების წარმოქმნას და სიმტკიცის დამატებით შემცირებას. ამის თავიდან ასაცილებლად კონგლომერატში შეჰყავთ მალეგირებელი ელემენტები: ძვლის ფქვილი, დაბალმოლეკულური პოლიაკრილონიტრილი და პოლი-ვინილაცეტატი.

რბილი ბიოლოგიური ქსოვილების შედუღებისას მისართი მასალები არ გამოიყენება. ულტრაბგერითი რხევების პარამეტრების და შეერთების ადგილზე მათი მიწოდების მეთოდის სწორი შერჩევისას მიიღება საკმარისი სიმტკიცის ნაკერი რეგენერაციის უნარით. შეერთება მიიღება იმ ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ხარჯზე, რომლებსაც მივეყვართ ქსოვილის ცილოვანი კოლაგენების კოაგულაციამდე. რბილი ქსოვილების შედუღებისას, მაგალითად სისხლძარღვების, შეერთება მიიღება ულტრაბგერის ენერჯის მოქმედებით ქსოვილზე, რომელშიც მიმდინარეობს ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები. მრავალჯერადი დარტყმითი მექანიკური ზემოქმედებისა კონტაქტის ადგილზე გამოყოფილი წყალი სითბოს გამო ნაწილობრივ ორთქლდება და ნაწილობრივ გამოიდევენება ტალღსატარის მიერ, რითაც იწვევს უჯრედის გაუწყლოვნებას. დარჩენილი ცილოვანი კოლაგენი 60°C-ზე გარდაიქმნება ნახევრადკოაგულაციურ ნაერთად, შემდგომი რეგენერაციის უნარით ცოცხალ ქსოვილში.

დადგენილია ულტრაბგერითი შედუღების და დადუღების რეჟიმის პარამეტრების შემდეგი გასაშუალებული პარამეტრები:

- ინსტრუმენტის რხევის სიხშირე 26,6 კგჰც;
- ინსტრუმენტის რხევის ამპლიტუდა 50-55 მკმ;
- საკონტაქტო წნევა 5 ნ;
- შედუღების ტემპერატურა 70°C, და არ აჭარბებს ფიზიოლოგიურ ზღვარს.

ბიოლოგიური ქსოვილების ულტრაბგერითი ჭრა ხორციელდება სპეციალური ტალღსატარებით, რომლებიც ასრულებენ, 20-30 კგჰც სიხშირისა და 30-60 მკმ ამპლიტუდის, რხევით მოძრაობებს გრძივი მიმართულებით. ულტრაბგერითი ჭრით შესაძლებელია ძვლების დესტრუქცია ძნელად მისადგომ ადგილებში და ოპერაციის შემდგომ, 2-3 დღის განმავლობაში ტოვებს ტკივილგამაყუჩებლის ეფექტს.

ულტრაბგერითი ჭრის ნაირსახეობებს წარმოადგენს ულტრაბგერითი ტრეპანაცია და ბურღვა. ტრეპანაციისთვის გამოიყენება ღრუ ტალღსატარები, რომელთა ტორსებზე განლაგებულია კბილანები, ხოლო ბურღვის ტალღსატარებს აქვთ ბურღის ფორმა.

ულტრაბგერითი რხევებით შედუღება და ჭრა არსებულ ქირურგიულ მეთოდებთან შედარებით ხასიათდება შემდეგი უპირატესობებით:

- ექოლოგიაზე დაფუძნებული, თანამედროვე ულტრაბგერითი საცეცების გამოყენებისას არ მოითხოვება ობიექტთან შეხება მისი მდებარეობის დადგენისას;
- ძვლის კოჟრის წარმოქმნა, ძვლის ტრანსპლანტების გადაწყობა ულტრაბგერითი ხერხის გამოყენების შემდეგ მიმდინარეობს სწრაფად, ვიდრე ჩვეულებრივი ინსტრუმენტების გამოყენებისას;
- ულტრაბგერითი ხერხი არ იწვევს ქსოვილის დარბილებას და მიწვას.

12. პლასტმასების ხახუნით შედუღება.

პროცესის არსი და სქემები. შედუღების ტექნოლოგია და რეჟიმის პარამეტრები.

ხახუნით შედუღების მოწყობილობა.

ხახუნით შედუღების მეთოდი პირველად შემოტავაზებული იყო 1959 წელს. შეერთების მიღების პროცესი წარმოებს იმ სითბოს ხარჯზე, რომელიც გამოიყოფა შესადუღებელი დეტალების ერთმანეთზე ხახუნის შედეგად. ვინაიდან პლასტმასებს გააჩნიათ დაბალი თბოგამტარებლობა, ამიტომ მათი გახურება კონტაქტის ზონაში სწრაფად ხდება. გამოიყენება ხახუნით შედუღების ორი სახეობა. პირველში ხახუნი ხორციელდება შესადუღებელი დეტალები ბრუნუნვით, ხოლო მეორე შემთხვევაში ერთი დეტალი ასრულებს რხევით მოძრაობას მეორე სხეულის მიმართ, ამ ხერხს უწოდებენ შედუღებას ვიბროხახუნით. ორივე შემთხვევაში პროცესი შედგება ორი სტადიისაგან: გახურება და ჩაჯდომა,

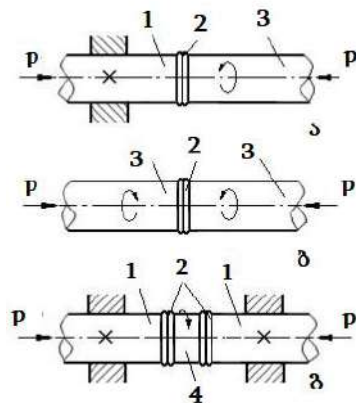
გახურების სტადიაზე დეტალები მჭიდრო კონტაქტში მყოფი დეტალები მოძრაობენ ერთმანეთის მიმართ. პროცესის საწყის მომენტში, მათზე მოდებული წნევის მოქმედებით და ფარდობითი მოძრაობის მაღალი სიჩქარეების გამო კონტაქტის ადგილზე მიმდინარეობს ზედაპირების მიკროუსწორმასწორობების რღვევა. შემდეგ კი ირღვევა ზედაპირული აფსკები, რის შემდეგაც უკვე ურთიერთქმედებენ სუფთა ზედაპირები. ამ ეტაპზე გამოიყოფა დიდი სითბოს რაოდენობა და წარმოიქმნება ჩაჭიდების კერები. თერმოპლასტიკური მასალა გადადის ბლანტდენად მდგომარეობაში. პროცესის ბოლოს მყარდება გახურებისა და დნობის თანაბარზომიერი რეჟიმი, ადგილის თანმხლები პროცესით კონტაქტის მთელ ზედაპირზე. პირაპირა შეერთების ადგილზე გარკვეული რაოდენობის ნადნობის დაგროვების შემდეგ ხახუნის პროცესი წყდება და იწყება დეტალების ჩაჯდომის პროცესი.

შესადუღებელი დეტალების ზედაპირების გახურების პირობების მიხედვით, არსებობს ხახუნით შედუღების სამი სქემა:

1. შესადუღებელი დეტალების ან შუალედური ელემენტის ბრუნვით - ბრუნვით შედუღება;
2. შესადუღებელი დეტალების ან შუალედური ელემენტის ვიბრაციით - ვიბრაციით შედუღება;
3. შესადუღებელი დეტალების ან შუალედური ელემენტის ბრუნვა - ვიბრაციული

მოდრაობით.

სურ. 12.1-ზე ნაჩვენებია შედუღების სქემები.



სურ. 12.1

ხახუნით შედუღების სქემები

ა. ერთი დეტალის ბრუნვით; ბ. ორივე დეტალის ბრუნვით; გ. შუალედური ელემენტის ბრუნვით.

1. უძრავი დეტალი; 2. შენადული ნაკერი; 3. მბრუნავი დეტალი;

4. შუალედური ელემენტი

სურ.12.1, ა-ზე მოყვანილ სქემაში, ერთი დეტალი ბრუნავს, ხოლო მეორე კი უძრავ მდგომარეობაშია. ბრუნვისას შემხებ ზედაპირებზე აღიმკრება ხახუნის ძალები, რომლებიც იწვევენ ინტენსიურ გახურებას და ტორსების დნობას. ბრუნვის შეწყვეტის შემდეგ წარმოებს ჩაჯდომა შეერთების წარმოქმნამდე.

სურ.12.1, ბ-ზე მოყვანილმა შედუღების სქემამ, რომლის დროსაც დეტალები ბრუნავენ ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით, ტექნიკური სირთულეების გამო, ვერ ჰპოვა პრაქტიკული გამოყენება. მასიური დეტალების შედუღება წარმოებს სურ.12.3, გ-ზე ნაჩვენები სქემით ანუ შუალედური დეტალის ბრუნვით. გახურების შემდეგ, მას ამორებენ და შემდეგ წარმოებს ჩაჯდომა.

პრაქტიკაში გამოყენება ჰპოვა ხახუნით შედუღებამ ერთი დეტალის ბრუნვით. თერმოპლასტების შედუღებისათვის აუცილებელია:

1. დეტალების შემხები შრეების მოლეკულების აქტივობის გაზრდა, რათა ზედაპირები გადავიყვანოთ ბლანტდენად მდგომარეობაში;
2. ზედაპირებიდან აღსორბირებული ნივთიერებების, ჰუქსის და ოქსიდური აფსკების მოცილება;

3. შემხებ ზედაპირებს შორის მთელ სიბრტყეზე სრული ფიზიკური კონტაქტის შექმნა.

პირველი პირობა სრულდება ხახუნის მუშაობის თბურ ენერგიაში გარდაქმნის შედეგად, მეორე სრულდება ზედაპირების ცვეთისას ხახუნის შედეგად და ჭუჭყის მოცილებით კონტაქტის ზონიდან ცენტრიდანული ძალების მოქმედებით. მესამე პირობა კი სრულდება დეტალების მიჭერისა და ჩაჯდომის დროს.

ხახუნით შედუღება ხასიათდება მაღალი მწარმოებლურობით. მცირე მოხმარებული ენერგიით, ნაკერის მაღალი ხარისხით, სხვადასხვა გვარი პლასტმასების შედუღების შესაძლებლობით, პროცესის ეკოლოგიური სისუფთავით, მოწყობილობის მარტივი კონსტრუქციით.

არასიმეტრიული დეტალების შესადუღებლად გამოიყენება შედუღება ვიბრო-ხახუნით. კონტაქტში მყოფ დეტალებს შეერთების სიბრტყეში ანიჭებენ უკუქცევით-წინსვლით მოძრაობას ან ამოძრავებენ გარკვეული ღერძის მიმართ.

განვიხილოთ ხახუნით შედუღების ზოგიერთი ასფექტები. ხახუნის სიმძლავრე პირდაპირპროპორციულია ბრუნვის სიჩქარის, კონტაქტური წნევის, ხახუნის კოეფიციენტის და ხახუნში მყოფი ზედაპირების რადიუსის. აქედან გამომდინარეობს, რომ გახურების და ჩაჯდომის სტადიაზე შედუღების რეჟიმის ძირითად ტექნოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება:

- ბრუნვის სიხშირე;
- ხახუნის პროცესში დეტალების კუმშვის ძალვა (წნევა გახურებისას);
- ხახუნის დრო (გახურების დრო შედუღების ტემპერატურამდე);
- ჩაჯდომის ძალვა;

ბრუნვის სიხშირე და წნევა გახურებისას ურთიერთდაკავშირებულია და ისე შეირჩევა, რომ გახურების დროის განმავლობაში არ მოხდეს მასალის გადახურება და დესტრუქცია. გახურების დრო შეადგენს 3 – 25 წმ-ს. კრისტალური პოლიმერებისათვის, რომლებსაც ბლანტდენადობის მდგომარეობის ტემპერატურის ინტერვალი მცირეა, ეს დრო შეადგენს 0,5 – 1 წმ-ს. ბრუნვის სიჩქარე დამოკიდებულია შესადუღებელი მასალის გვარობაზე და გეომეტრიაზე. მისი ცვლილების დიაპაზონი შეადგენს 0,15 – 3 მ/წმ.

ჩაჯდომის სტადიაზე წნევა ნაკლებია, ვიდრე ცხელი ინსტრუმენტით შედუღებისას, რადგან ოქსიდური აფსკები და ჭუჭყი გახურების სტადიაზე სცილდება ზედაპირ-

რებს. ამის გარდა, ხახუნით შედუღებისას მეტია ჩადნობის სიღრმეც. ჩვეულებრივ, ჩაჯდომის წნევა შეადგენს 0,07 – 1,4 მგპა-ს.

ნაკერის საუკეთესო მექანიკური თვისებები მიიღება შედარებით ხანგრძლივი გახურებისას. ლოდესაც ღერძული წნევა შეადგენს 0,1 – 0,6 მგპა-ს, მაშინ შენადული შეერთების სიმტკიცე მცირედიდ თუ არის დამოკიდებული ამ წნევაზე. უფრო მცირე წნევებზე შეერთების ხარისხი დაბალია და არასტაბილური. მაგრამ, ამასთან ერთად მაღალი წნევების გამოყენებაც არ არის სასურველი, ვინაიდან მაღალი წნევა შედუღების ზონიდან გამოდევნის ნაღობს, რაც კვლავ ამცირებს ნაკერის ხარისხს. შესაბამისად, უნდა შეირჩეს ღერძული წნევის ოპტიმალური მნიშვნელობა. დადგენილია, რომ შენადული ნაკერის ხარისხის გასაუმჯობესებლად გამოყენებული იქნას შედუღება ცვლადი ძაბვით. გახურების სტადიაზე ის უნდა შეადგენდეს ჩაჯდომის წნევის 0,2- 0,6.

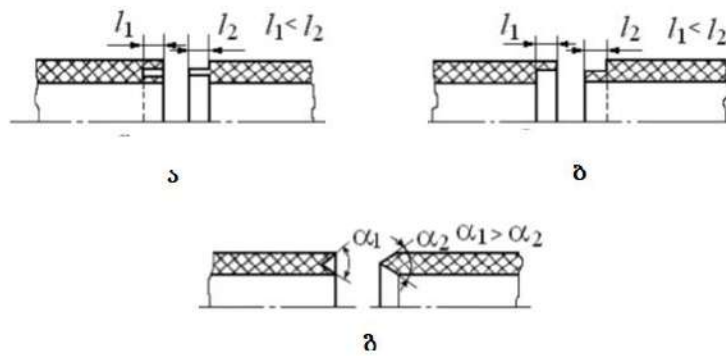
კრისტალური პოლიმერების შედუღებისას გახურების სტადიის დასრულების შემდეგ, დამუხრუჭების დრო უნდა შემცირდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, თერმოპლასტის გაცივების პერიოდში ბრუნვამ, შედუღების ზონაში შეიძლება გამოიწვიოს ჩანახევების ჩასახვა.

ხახუნით შედუღებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზედაპირების გეომეტრიას. რადგან ბრუნვის სიჩქარე დამოკიდებულია წერტილის მდებარეობაზე ბრუნვის ცენტრიდან, ამიტომ ხახუნის სიმძლავრეც და თბოგამოყოფაც არათანაბრად არის განაწილებული ხახუნის ზედაპირზე. დიდი დიამეტრის სხეულების შედუღებისას, ზედაპირების თანაბარი გახურების უზრუნველსაყოფად რეკომენდირებულია დეტალების ტორსებს გაუკეთდეს დახრა 1-1,5°.

მასიურ სხეულთან მცირე კვეთის დეტალის შედუღებისას ხახუნის ზონაში გამოყოფილი სითბოს არინება ხდება მასიურ სხეულში, რასაც მივყევართ ტემპერატურის არასიმეტრიულ განაწილებასთან. ამ შემთხვევაში რეკომენდირებულია, რომ მასიურ სხეულზე გაკეთდეს მცირე კვეთის დეტალის ზომების შესაბამისი გარდამავალი შვერილები. ეს ხერხი გამოიყენება მილების და ღეროების ფილებთან შეერთებისას, მილებთან მილტუჩას მისადუღებლად და სხვა. შვერილის სიგრძე შეადგენს მილის კედლის სისქის 0,7 – 1,0-ს.

მილების შედუღებისას გამოიყენება ზედაპირების ფასონური გამოყვანა (სურ. 12.2), რომლის დროსაც იზრდება ზედაპირების კონტაქტის ფართობი, შესაძლებელია

ზუსტი ცენტრირება და არ არის ნაწიბურების წანაცვლების საშიშროება.



სურ. 12.2

მილების ბრუნვით ხახუნით შედუღებისას ნაწიბურების გამოყვანის ტიპები

ა. „კოტიტ კილოში“; ბ. საფეხურით; გ. V-ს მაგვარი

შედუღებას დაქვემდებარებული დეტალების კონსტრუირებისას აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იყოს კომპენსაციური ღრეჩოები და კილოები ნაღვენთის გამოდენისათვის.

ხახუნით დუღდება თერმოპლასტების ის უმრავლესობა, რომლებსაც გააჩნიათ სტაბილური სიბლანტე ტემპერატურათა ფართო დიაპაზონში: პოლიამიდები, პოლიმეთილმეტაკრილატი, პოლისტიროლი, პოლიკარბონატები და სხვა. ზოგიერთი მათგანის შედუღების რეჟიმის პარამეტრები მოყვანილია ცხრ.12.1-ში.

ცხრილი 12.1

თერმოპლასტების ხახუნით შედუღების რეჟიმის პარამეტრები

მასალა	ბრუნვის წირითი სიჩქარე, მ/წმ	ღერძული წნევა, მგპა
პოლიეთილენი	1,5 – 3,0	0,2 – 0,5
პოლიოქსიმედიტენი	0,13 – 0,41	0,6 – 1,0
პოლიპროფილენი	1,5 – 3,0	0,2 – 0,5
პოლიოქსიფენილენი	0,5 - 0,83	1,0 – 1,5
პოლივინილქლორიდი	1,3 – 2,5	0,3 - 0,8

ცხრ.12.2-ში. კი მოყვანილია სხვადასხვა ტიპის თერმოპლასტებისაგან დამზადებული მილების ხახუნით შედუღების რეჟიმის პარამეტრები.

არსებობს პოლიმერები, რომლებიც ჰაერიდან შთანთქავენ ნესტს, ამიტომ მიზანშეწონილია მათი წინასწარი გახურება. ასეთ მასალებს მიეკუთვნება პოლიამიდები

და პოლიკარბონატები.

ხახუნით შედუღებას კარგად ემორჩილება ხისტი პლასტმასები, რომელთა დრეკადობის მოდული აღემატება 103 მგპა-ს.

ცხრილი 12. 2

თერმოპლასტებისაგან დამზადებული მილების ხახუნით შედუღების რეჟიმის პარამეტრები.

მასალა	ბრუნვის სიხშირე, ჰც	კუმშვის ძალვა გახურებისას, მგპა	ღერძული წნევა, მგპა	გახურების დრო, წმ
ПВХ	9,6	1,2	1,8	35 – 39
ПЭНД	8,7	1,0	1,5	25 – 85
ПП	9,1	1,0	1,2	30 - 90
ПА	9,3	0,8	1,0	28 - 70

ვიბროხახუნით შედუღებისას რეჟიმის ძირითადი პარამეტრებია რხევის ამპლიტუდა და სიხშირე. უმეტესად გამოიყენება დაბალსიხშირიანი რხევები 5 – 400 ჰც დიაპაზონში. უკუქცევით-წინსვლითი რხევითი მოძრაობისას ამპლიტუდა შეადგენს 1 – 4 მმ-ს. შედუღების დრო არ არის დამოკიდებული შესადუღებელი დეტალების სისქეზე და ზომეზე. შედუღება გრძელდება 6 – 10 წმ-ის განმავლობაში. დეტალების კუმშვის წნევა შეადგენს 210 მგპა-ს, ჩაჯდომის სიღრმე კი 0,3 – 0,4 მმ-ს.

დეტალების ბრუნვით ხახუნით შედუღება ხორციელდება, როგორც სხვადასხვა დანიშნულების ჩარხებზე, მაგალითად სახარატო, საბურღი, საფრეზო, ისევე სპეციალურ საშემდუღებლო მანქანებზე. ყველა მოწყობილობა შედგება შემდეგი ძირითადი კვანძებისაგან:

- ბრუნვის ამძრავი მექანიზმისაგან;
- ნამზადის ბრუნვის შესაჩერებელი მექანიზმისაგან;
- ღერძული წნევის შემქნელი მექანიზმისაგან;
- ჩამჭერი სამარჯვისაგან;
- მართვის აპარატურა.

ვიბროხახუნით შედუღების მოწყობილობის ძირითად კვანძს წარმოადგენს ვიბრატორი, რომელიც მოძრაობაში მოდის ელექტროძრავის საშუალებით.

თერმოპლასტების ბრუნვით შედუღების მოწყობილობები ერთმანეთისაგან განსხვავდება ბრუნვის ღერძის სივრცული მდებარეობით: ჰორიზონტალური და ვერ-

ტიკალური. პირველი გამოიყენება მილსადენების შესადუღებლად, ხოლო მეორე მცირე დეტალებისათვის.

მოწყობილობის კინემატიკურმა სქემამ უნდა უზრუნველყოს, რომ შედუღების (ჩაჯდომის) პროცესში დეტალები არ ბრუნავდეს. ამისათვის გამოიყენება ორი სახის კინემატიკური სქემა. ერთი უზრუნველყოფს ვაზნის, მასში ჩამაგრებულ დეტალთან ერთად, გახურების (გადნობის) შემდეგ დამუხრუჭებას, მეორე სქემის მიხედვით კი დამუხრუჭება მიმდინარეობს დეტალების ხახუნის ხარჯზე. ჩაჯდომის პროცესში უძრავი დეტალი იხსნება მუხრუჭიდან და იწყებს ბრუნვას მბრუნავი დეტალის სიჩქარით, რადგან არ მოხდეს დეტალების ერთმანეთის მიმართ წანაცლება.

13. პლასტმასების ქიმიური შედუღება.

პროცესის არსი და გამოყენების სფერო. თერმოპლასტების და რეაქტოპლასტების ქიმიური შედუღების ტექნოლოგია.

ქიმიური შედუღების პროცესის არსი მდგომარეობს შესაერთებელი დეტალების ზედაპირების ურთიერთდასველებაში და პოლიმერის მაკრომოლეკულებს შორის ქიმიური ბმების წარმოქმნაში. შენადული ნაკერის სიმტკიცე და სხვა მახასიათებლები დამოკიდებულია არა მარტო არამარტო მულეკულათაშორის ურთიერთქმედების ძალების მოქმედებაზე, არამედ ქიმიური ბმების წარმოქმნაზე.

ქიმიური შედუღების ტექნოლოგიური პროცესი წარმოადგენს შემდეგი ოპერაციების ერთობლიობას:

- შესაერთებელი ზედაპირების მომზადება;
- მისართი მასალის (რეაგენტის) დადება;
- შესაერთებელი ზედაპირების კონტაქტში მოყვანა;
- შედუღების ზონის გახურება ან დასხივება.

ქიმიური შედუღებაც, ისევე როგორც სხვა მეთოდები, არსებობს მისართი მასალის გარეშე და მისართი მასალით, რომელიც შეჰყავთ შესაერთებელი ზედაპირების კონტაქტის ზონაში.

მისართი მასალის გარეშე შედუღება, როგორც წესი ხორციელდება ზედაპირების გახურებით. თერმოპლასტების მაკრომოლეკულური ჯაჭვის შემადგენელი რგოლების ქიმიურ სტრუქტურაში შეიძლება არსებობდეს ისეთი ფუნქციონალური ჯგუფები, რომლებიც ადვილად შედიან მეორე მასალის ფუნქციონალურ ჯგუფებთან ქიმიურ რეაქციაში. მათი ესეთი უნარი შეიძლება გამოყენებული იქნას მაღალმტკიცე შეერთების მისაღებად. შედუღების ამ მეთოდის წარმატება დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე. პირველ რიგში აუცილებელია შესაერთებელი ზედაპირების მჭიდრო კონტაქტი და შეერთების ქიმიური რეაქცია, რომელშიც მონაწილეობას მიიღებენ ზედაპირებზე განლაგებული მაკრომოლეკულების ფუნქციონალური ჯგუფები. ტემპერატურა, რომელზეც სრულდება ქიმიური შედუღება ნაკლები უნდა იყოს პოლიმერის ბლანტდენადობის მდგომარეობის ტემპერატურაზე.

მისართი მასალით შედუღებისას გამოიყენება სხვადასხვა რეაგენტები. მაგალითად საწყისი მასალის ხსნარი პოლიმერიზაციის რეაქციის ინიციატორთან, გამამყარე-

ბლის თხელი შრე, სხვა ქიმიური ნაერთები, რომლებსაც შეუძლიათ შესაერთებელ ზედაპირებში გამოიწვიონ ბმების წარმოქმნა.

არსებობს რეაგენტების მოქმედების ორი მექანიზმი:

1. რეაგენტის მოლეკულები მონაწილეობენ ზედაპირებს შორის განივი ბმების წარმოქმნაში;
2. რეაგენტები ზრდიან თავისუფალი ფუნქციონალური ჯგუფების რაოდენობას ან აძლიერებენ მათ აქტივობას.

ქიმიური შედეგების შესასრულებლად უნდა შერჩეს მისართი რეაგენტი, მისი ხარჯი ნაკერის ერთეულოვან სიგრძეზე, დადგინდეს ტემპერატურა, გახურების ხანგრძლივობა და წნევა კონტაქტის დროს.

ქიმიური შედეგების უმეტეს შემთხვევაში, შენადული ნაკერი თავისი სტრუქტურით და აგრეგატული მდგომარეობით არ განსხვავდება შესადულებელი მასალისაგან.

ქიმიური შედეგების პირობებზე და რეჟიმებზე მთავარ გავლენას ახდენს პოლიმერის სტრუქტურა. სწორედ ის განსაზღვრავს ზედაპირების კონტაქტში მეორადი ქიმიური რეაქციების მექანიზმს, რომელზეც არის დაფუძნებული შედეგების მეთოდი.

ქიმიური შედეგების პროცესი, შეწებებასთან შედარებით, ხასიათდება მაღალი მწარმოებლურობით, ადვილად ექვემდებარება მექანიზაციას და ავტომატიზაციას, არ წარმოიქმნება ძაბვები და ნაკერმიმდებარე ზონის შესუსტებას არ აქვს ადგილი. მეთოდის უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს ინდივიდუალური, სპეციალური აღჭურვილობის გამოყენება, ვიზუალური კონტროლის შეუძლებლობა, გამოყენების სირთულე სამონტაჟო სამუშაოების შესრულებისას.

თერმოპლასტიკების ქიმიური შედეგება სრულდება ისეთი მისართი მასალების საშუალებით, რომლებიც ზედაპირზე ქმნიან შესადულებელი მასალის ანალოგიური სტრუქტურის გარდამავალ შრეს. ზედაპირზე დატანებისათვის მისართი მასალა იხსნება შესაფერის გამხსნელში. შედეგება შესაძლებელია შემდეგ პირობებში:

- მისართი მასალის თერმოპლასტთან ურთიერთქმედების სიჩქარე მეტი უნდა იყოს დიფუზიური პროცესების სიჩქარეზე;
- მასალის ამორფული ფაზის პლასტიკურ დინებას ადგილი უნდა ჰქონდეს მხოლოდ შესაერთებელ შრეებში, ხოლო დანარჩენი მასალის ტემპერატურა

ნაკლები უნდა იყოს დნობის ტემპერატურაზე;

- გამხსნელი უნდა იწვევდეს გაჯირჯვებას (ზედაპირის გაჟღერება და მოცულობითი გაფართოება) და სწრაფად ორთქლდებოდეს ზედაპირიდან.

თერმოპლასტიკების ქიმიური შედუღება მისართი პოლიმერების გარეშე სრულდება ნეიტრონული ან რენტგენის სხივების დასხივებით მასალაზე. ასევე იყენებენ მაღალი სიხშირის ელექტრულ ველს.

რეაქტოპლასტიკების ქიმიური შედუღებისას გამოიყენება მათი გამყარებული ზედაპირული შრეების უნარი ელასტიური და პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ. გამყარებული რეაქტოპლასტიკების შედუღება დამოკიდებულია პოლიმერის ფუნქციონალური ჯგუფების ბუნებაზე, მასალის გამყარების მექანიზმზე და ხარისხზე. გამყარების ხარისხი მოქმედებს ფუნქციონალური ჯგუფების კონცენტრაციაზე და მასალის პლასტიკურობაზე, ამიტომ ის შეიძლება მივიღოთ როგორც რეაქტოპლასტიკების შედუღებადობის კრიტერიუმად.

რეაქტოპლასტიკებისაგან დამზადებული დეტალების ქიმიური შედუღების შესაძლებლობის უნარს განსაზღვრავენ ძირითადი თვისებები:

1. რეაქტოპლასტიკებში ფუნქციონალური ჯგუფების არსებობა;
2. ზედაპირული პოლიმერული აფსკის გამყარების ხარისხის გარკვეული მნიშვნელობა;
3. პლასტიკური და ელასტიური დეფორმაციების უნარი;
4. ზედაპირული რელიეფის დეფორმირება და შესაერთებელ ზედაპირებზე ნომინალური კონტაქტის ფართობის შექმნა;
5. არანაკლებ 0,1 მმ სისქის პოლიმერული აფსკის არსებობა;
6. ზედაპირული აფსკის მაღალი კოჰეზიური სიმტკიცე და მტკიცე კავშირი შემდგომ შრეებთან.

გამყარებული რეაქტოპლასტიკების ქიმიური შედუღებისათვის აუცილებელია, რომ შესაძლებელი დეტალების ფორმირების პროცესში პოლიმერს ზედაპირული შრეში ჰქონდეს ნარჩენი პლასტიკურობა და არ იყოს ბოლომდე გამყარებული.

ზედაპირული აფსკის მცირე სისქისა და მაღალი გამყარების ხარისხის ($\geq 85\%$) შემთხვევაში რეკომენდირებულია ქიმიური შედუღება მისართი მასალით. მისართ მასალად გამოიყენება ერთ ან ორკომპონენტური ნივთიერება, რომელსაც შეუძლია

რეაგირება ფუნქციონალურ ჯგუფებთან. მისართის რაოდენობა ზედაპირებზე უნდა იყოს მინიმალური (5 მგრ/სმ²), მაგრამ საკმარისი დეტალის ზედაპირის მიკრორელიეფის შვერილებს შორის სივრცის შესავსებად. პრაქტიკაში მისართ მასალად გამოიყენება რეაქტოპლასტის აფსკი შემკავშირებლის ფუმეზე, რომელიც შესადუღებელი მასალის შემკავშირებლის ანალოგიური უნდა იყოს, მხოლოდ მცირე გამყარების ხარისხით.

რეაქტოპლასტების შედუღებადობა განისაზღვრება შემავშირებლი მასალის სახეობით და მისი გამყარების ხარისხით. შედუღების ტექნოლოგიური პროცესი შეიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

- ზედაპირების მომზადებას, მათ შორის მექანიკურისაც;
- მისართი მასალის დატანებას;
- ზედაპირების ერთმანეთთან მიახლოებას ზედაპირული შრის ელასტიური და პლასტიკური დეფორმაციების საშუალებით;
- შეერთების დაყოვნებას 180 – 220°C-ზე ტემპერატურაზე და 4 – 6 მგპა წნევის დროს.

14. თერმოპლასტიკების კონტაქტური შედუღება.

პროცესის არსი და გამოყენების სფერო. შედუღების ტექნოლოგია და რეჟიმის პარამეტრები.

მოწყობილობის მუშაობის პრინციპები, კონსტრუქცია და ელ.სქემები.

კონტაქტური შედუღება ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის მრავალ დარგში. მისი არსი მდგომარეობს შესადუღებელი ზედაპირების გახურებაში დნობის ტემპერატურამდე და კუმშვის ძალის მოქმედებით ზედაპირების პლასტიკურ დეფორმაციაში. ამ დროს იქმნება საუკეთესო პირობები ატომთაშორისი შეჭიდულობის ძალების მისაღებად.

კონტაქტური შედუღებისას დეტალები თავსდება ელექტროდებს შორის, რომლებიც ხურდება მასში ელექტრული დენის გავლით. ელექტროდის ზედაპირზე გამოყოფილი სითბო, ელექტროდთან კონტაქტში მყოფი ზედაპირიდან თბოგამტარებლობით გადაეცემა შესადუღებელ ზედაპირებს, რომლებიც ხურდება შედუღების ტემპერატურამდე, რის შემდეგაც ამავე ელექტროდების საშუალებით ზედაპირებზე იქმნება დაწნევა და ამ წნევის ქვეშ მიმდინარეობს დაყოვნება შეერთების პროცესის დასრულებამდე. ამ მეთოდით შესაძლებელია ნებისმიერი სისქის თერმოპლასტიკების შედუღება.

ხარისხიანი შენადული ნაკერის მიღების ერთ-ერთი განმსაზღვრელი ფაქტორია ელექტროდების მასალა, ფორმა და ზომები.

საელექტროდო მასალები უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი ელექტროგამტარებლობით და თბოგამტარებლობით. მინიმუმამდე უნდა იყოს დაყვანილი ელექტროდებზე შესადუღებელი მასალის მიკვრის ალბათობა.

ელექტროდის ფორმა ისე უნდა შეირჩეს, რომ ადგილი არ ჰქონდეს მის გადახურებას ტექნოლოგიით გათვალისწინებულ დასაშვებ ზღვარზე მეტი, უზრუნველყოფილი იყოს მისი მდგრადობა. ფორმა დამოკიდებულია შენადული შეერთების სახეზე.

ელექტროდთა ზომები დამოკიდებულია ელექტრულ და მექანიკურ დატვირთვებზე.

კონტაქტური შედუღება ფართოდ გამოიყენება ნებისმიერი სახის აფსკების შესადუღებლად სისქით 2, 5 მმ. 1 მმ-ზე ნაკლების სისქის აფსკების შესადუღებლად გამოიყენება გორგოლაჭოვანი შედუღება. ამ მეთოდით ძირითადად სრულდება პირგადადებული და ტესებრი შეერთების ტიპები. ამასთან, პირგადადებული შეერთე-

ბების ხარისხი დამოკიდებულია პირგაგადების სიდიდეზე.

კონტაქტური შედუღების ძირითად ტექნოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება:

- ელექტროდის გახურების ტემპერატურა;
- წნევა გახურებისას;
- მუშა წნევა შედუღების პროცესში;
- გახურების ხანგრძლივობა;
- შედუღების შემდეგ დაწნევის ქვეშ დაყოვნების დრო.

ელექტროდის გახურების ტემპერატურა დამოკიდებულია შესადუღებელი მასალის ისეთ თბოფიზიკურ თვისებებზე, როგორცაა დენადობის ტემპერატურა, ანუ ტემპერატურა რომელზეც ხდება ბლანტდენად მდგომარეობაში გადასვლა, თბოგამტარებლობის კოეფიციენტი, თერმოდესტრუქციის ტემპერატურა. ცხადია, რომ თუ მასალები გადახურდა თერმოდესტრუქციის ტემპერატურაზე მეტად დაიწყება მასალის რღვევა და ვერ მივიღებთ შენადულ შეერთებას.

განვიხილოთ კონტაქტური შედუღებისას ელექტრული დენის და მექანიკური ზემოქმედების ჩართვის თანმიმდევრობის შემთხვევები:

1. შესადუღებელ დეტალებზე პროცესის დასაწყისთანავე მოდება მუშა წნევა და იმავდროულად ირთება ელექტრული დენი, რომელიც ახურებს ელექტროდებს. როდესაც გახურების ტემპერატურა მიაღწევს დენადობის ტემპერატურას, დენი ითიშება და მუშა წნევის ქვეშ იწყება დეტალების გაცივება. როგორც კი ტემპერატურა კრისტალური პოლიმერების შემთხვევაში მიაღწევს კრისტალურ მდგომარეობაში გადასვლის ტემპერატურას მუშა წნევაც იხსნება. ამორფული პოლიმერებისათვის ეს ტემპერატურა არის მინისებრ მდგომარეობაში გადასვლის ტემპერატურა;
2. შედარებით დიდი სისქის ან არმირებული აფსკების შედუღებისას ჯერ იქმნება გახურების წნევა, რომელიც უზრუნველყოფს აფსკების სრულ კონტაქტს და აფსკების გახურებას. გარკვეული დროის შემდეგ კი ზედაპირებზე იწყება მოქმედება მუშა წნევით და ამ წნევის ქვეშ გაცივება ანალოგიურად წინა შემთხვევისა. შედუღება ორივე შემთხვევაში იწყება ელექტროდების გახურებისას 50 – 60°C -მდე.
3. 0,5 მმ-ზე ნაკლები სისქის აფსკების შედუღებისას გამოიყენება დამატებითი გამახურებელი, რომელიც მყისიერად ცხელდება დენის იმპულსის გატარებით.

აფსკები უკვე იმყოფებიან მუშა წნევის ზემოქმედების ქვეშ, რომელსაც ქმნიან ელექტროდები. გაცივება წარმოებს ელექტროდებში თბოარინების ხარჯზე.

არსებობს თერმოპლასტების კონტაქტური შედუღების რამდენიმე ნაირსახეობა.

ერთ-ერთი მათგანია ე.წ. შედუღება „უთოთი“. „უთო“ წარმოადგენს გარკვეული მასის შედუღების ინსტრუმენტს, რომელშიც განთავსებულია ელექტროგამახურებელი და გადაადგილდება შესადუღებელი დეტალების ზედაპირზე. ახურებს მათ შედუღების ტემპერატურამდე და საკუთარი წონით კუმშავს შესადუღებელ ნაწიბურებს. მეორე ნაირსახეობას წარმოადგენს შედუღება ცხელი ზოლით. ზოლი აღჭურვილია ელექტროგამახურებელით და გადაადგილდება გორგოლაჭების საშუალებით. შედუღებისას გადაადგილდება ან საშემდუღებლო მოწყობილობა ან მაგიდა, რომელზეც აფსკებია განთავსებული. ზოლი მიჭერა შესადუღებელ აფსკებზე წარმოებს გორგოლაჭების მეშვეობით.

კონტაქტური შედუღების კიდევ ერთ სახესხვაობას წარმოადგენს შედუღება ცხელი წნეხით. შესადუღებელი დეტალის ზედაპირს ახურებენ სპეციალური ცხელი ინსტრუმენტით, რომელიც ამავე დროს წნებს ორივე დეტალს. შედუღება წარმოებს, როგორც ცალმხრივი, ისე ორმხრივი გახურებით. ამ მეთოდზე საუბარი იყო წინა პარაგრაფებში.

კონტაქტური შედუღების ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს გორგოლაჭოვანი შედუღება, რომლის დროსაც შესადუღებელ ზედაპირებს შორის წარმოიქმნება უწყვეტი ნაკერი. გორგოლაჭოვანი შედუღება მიმდინარეობს ნაკერების ნაწილობრივი გადაფარვით, რაც უზრუნველყოფს მიღებული შეერთების მაღალ სიმკვრივეს, რაც ნამზადის ჰერმეტიულობის გარანტია.

გორგოლაჭოვანი შედუღება სრულდება, როგორც შესადუღებელი დეტალების უწყვეტი გადაადგილებით და დენის მუდმივი მიწოდებით, ისე დეტალების კვლავ უწყვეტი გადაადგილებით, ხოლო დენის მიწოდება ხდება ცალკეული იმპულსების სახით.

ისევე, როგორც თერმოპლასტების შედუღების სხვა ხერხებში, ამ შემთხვევაშიც აუცილებელია შესადუღებელი ზედაპირების მომზადება შედუღებისათვის, როგორც მექანიკური, ისე ქიმიური დამუშავებით. ამავე დროს, კონტაქტური შედუღებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ელექტროდების ზედაპირების მდგომარეობს.

15. პლასტმასების შენადული შეერთებების ხარისხი.

შენადული შეერთებების დეფექტები. შენადული ნაკერის სიმკვრივისა და ჰერმეტიკულობის კონტროლი. შენადული ნაკერის მექანიკური გამოცდები.

პლასტმასების შენადული შეერთებების ხარისხის შეფასება გულისხმობს ნაკერების გამოცდას ხანმოკლე და ხანგრძლივ დატვირთვებზე, მათ შორის ისეთ მუშა გარემოში, რომელიც საშუალებას იძლევა შეფასდეს შეერთების მექანიკური ან ფიზიკურმექანიკური მახასიათებლები და შესაძლებელი დეფექტების გავლენა ამ მახასიათებლებზე.

თერმოპლასტების შენადული შეერთებების ყველაზე გავრცელებულ დეფექტებს მიეკუთვნება: ნაკერის შეუსაბამობა მოთხოვნილ გეომეტრიულ ზომებთან; შეუდუღებლობა; ბზარები; მასალის გადახურება; ფორები თერმოკონტაქტური შედუღების დროს; შეუდნობლობა; ჩაჯდომის პროცესში ნაკერის დაბრეცა. აფსკების შედუღებისათვის დამახასიათებელი დეფექტებია გაწვები, ნაკერის და ნაკერისმიმდებარე უბნის სტრუქტურული ცვლილებები.

ნაკერის შეუსაბამობა მოთხოვნილ გეომეტრიულ ზომებთან შემდუღებლის მიერ ტექნოლოგიის დარღვევის შედეგია. ნაკერის ზომების შემცირება იწვევს შეერთების სიმტკიცის მახასიათებლების გაუარესებას, ხოლო გაზრდა ეკონომიურად ირაციონალურია.

არასწორი ფორმის ნაკერების მიღების მიზეზები შეიძლება იყოს შესადუღებელი დეტალების არათანაბარი კონტაქტი, ნაწიბურების არათანხვედრა, არათანაბარი ღრეჩო და ზედაპირების არათანაბარი დნობა.

ვიზუალური დათვალიერებით შეუდუღებლობის აღმოჩენა, ხშირ შემთხვევებში შეუძლებელია. მის გამოსავლენად საჭიროა მექანიკური გამოცდების ჩატარება. შეუდუღებლობის გამოვლენა ასევე შესაძლებელია ფიზიკური კონტროლის მეთოდებით და შენადული შეერთებების კონტროლით ჰერმეტიზაციაზე.

შეუდუღებლობის მიზეზი შეიძლება იყოს შესაერთებელ ზედაპირებს შორის ცუდი კონტაქტი, რაც შესაძლებელია არასაკმარისი შედუღების წნევისას, ან მისი მნიშვნელობის ცვლილებით იზოთერმული დაყოვნების პროცესში. შეუდუღებლობის მიზეზი ასევე შეიძლება იყოს ცხელი ინსტრუმენტის არასაკმარისი ტემპერატურა, გახურების მცირე დრო, ზედაპირზე ადსორბირებული აირის მოლეკულების, წყლის,

ცხიმების თხელი აფსკის ან სხვა ჩანართების არსებობა.

ფურცლოვანი თერმოპლასტების ან პლასტმასის მიღების შედეგებისას ბზარების წარმოქმნა, შეერთების ზონის გაფართოების შეზღუდული მოცულობის შემთხვევაში, შეიძლება გამოწვეული იყოს გადამეტებული შედეგების წნევით. ერთ-ერთი მიზეზი არის ცხელი ინსტრუმენტის ზედმეტად მაღალი ტემპერატურა, რომელიც იწვევს პოლიმერის მექანიკური მაჩვენებლების შემცირებას კონტაქტის ზონაში და ირღვევა მასალის მთლიანობა. შენადული შეერთება, რომელშიც ჩნდება ბზარი გამოსწორებას არ ექვემდებარება. თუ საშემდუღებლო მოწყობილობა ვერ უზრუნველყოფს შედეგების უბნის ხაზოვანი ზომების ცვლილებას, მაშინ მოსალოდნელია ბზარების წარმოქმნა გაცივების პროცესში. დნობადი თერმოპლასტების აფსკები ჰაერზე ხანგრძლივად იმყოფებიან მაღალ ტემპერატურებზე, ადგილი აქვს მათ გამციფებას, რასაც შედეგებისას მიყვევართ ბზარების წარმოქმნამდე.

შეუდნობლობა წარმოიქმნება ზედაპირების არამჭიდრო კონტაქტის დროს, მაღალი ღრეჩობის შემთხვევებში, ხანგრძლივი ტექნოლოგიური პაუზებისას, ჩაჯდომის წნევის არასაკმარისი მნიშვნელობისას. მასალის შეუდნობელობა გვხვდება თერმოპლასტების შედეგებისას გადამკვეთი ნაკერების მიღებისას. მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს პირველი ნაკერის მიმდებარე ზონაში სტრუქტურული ცვლილებები, რომლებიც ამცირებენ მასალის შენადული შეერთების მიღების უნარს. ამ შემთხვევაში დეფექტის თავიდან აცილებისათვის აუცილებელია შესადუღებელი უბნების წინასწარი ქიმიური და მექანიკური დამუშავება.

ცხელი ინსტრუმენტით შედეგებისას ფორების წარმოქმნის ძირითადი მიზეზია გამდნარი ზედაპირების ჰაერზე ხანგრძლივი ყოფნა მათი შეერთების წინ და არასაკმარისი ჩაჯდომის წნევა, რომელიც კონტაქტის ზონიდან ვერ გამოდევნის ფორებს. ნაკერისათვის ყველაზე მეტ საშიშროებას ქმნიან ფორები ნაკერის მუშა კვეთში. ფორების კონცენტრაციის ადგილი და ზომები, გარემოს ტემპერატურა გავლენას ახდენენ შედნობის უბნის რღვევის ხასიათზე (მყიფე ან პლასტიკური).

ცხელი აირით შედეგებისას მისართი მასალით, ფორების წარმოქმნის მიზეზებია მისართი და ძირითადი მასალის შეუთავსებლობა, მაღალი ტემპერატურა, რომელზეც ადგილი აქვს მასალების გადახურებას, მისართ მასალაში ფორების არსებობა და სხვა.

ფორების თავიდან აცილება შესაძლებელია შედუღების ტემპერატურული რეჟიმის სწორი შერჩევით და დაცვით, ტემპერატურის შემცირებით და სხვა.

თერმოპლასტიკების აფსკების შედუღებისას შენადულ ნაკერში წარმოიქმნება გამჭოლი ნახვრეტები, რომელთა მიზეზია პოლიმერული აფსკების თვისება ზედაპირზე დააგროვოს სტატიკური ელექტრობა, რომელიც ელექტროსტატიკური ძალების მოქმედებით იზიდავს მიკრონაწილაკებს, მათ შორის ორგანული წარმოშობისაც, რომლებიც მასალაში ან ჩაინერგება და ან ამოიწვება. ეს არღვევს მასალის მთლიანობას. ამიტომ, ის შენობები სადაც მიმდინარეობს პოლიმერული აფსკების შედუღება უნდა იყოს იდეალურ სისუფთავეში.

თერმოპლასტიკების შენადული შეერთების ყველაზე საშიშ დეფექტს წარმოადგენს ნაკერის ზონაში ისეთი უბნის არსებობა, სადაც მასალამ მაღალი ტემპერატურის გამო განიცადა თერმოჟანგვითი დესტრუქცია.

დეფექტების ვიზუალურ კონტროლს ექვემდებარება ზედაპირული და გამჭოლი დეფექტები. შიდა დეფექტების კონტროლისათვის გამოიყენება კონტროლის ურღვევი მეთოდები:

- რადიაციული მეთოდები (ინფრაწითელი და რენტგენოგრაფიული დეფექტოსკოპია);
- ულტრაბგერითი მეთოდი;
- კაპილარული მეთოდი;
- რადიოტექნიკური მეთოდი;
- ელექტროსტატიკური მეთოდი;
- ელექტრონაპერწყლური მეთოდი;
- ელექტროლიტური მეთოდი;
- ოპტიკური მეთოდები;
- თბური მეთოდი.

შენადული შეერთებების ხარისხის კრიტერიუმად ითვლება მათი მექანიკური და ფიზიკურმექანიკური მახასიათებლები. ნამზადის დანიშნულების და ექსპლუატაციის მოთხოვნების მიხედვით ტარდება მექანიკური გამოცდების მთელი კომპლექსი. კერძოდ კი, სტატიკურ გაჭიმვაზე, სტატიკურ ღუნვაზე, დარტყმით სიბლანტეზე, ყინვაგამძლეობაზე, სიმყიფეზე ღუნვისას, ცოცვადობაზე და სხვა. ხარისხის დამატებითი კონტროლ-

ლისათვის ტარდება გამოცდები აირშელწევადობაზე.

შენადული ნაკერების ჰერმეტიკულობის კონტროლი ტარდება შემდეგი მეთოდების გამოყენებით: ქიმიური ინდიკატორებით, ჰაერის და ჰიდრავლიკური წნევით, შებენით და სხვა.

ნაკერის შებენვას აწარმოებენ 50 მმ მანძილიდან შეკუმშული ჰაერით, რომლის წნევაა 0,25 მგპა, ხოლო საწინააღმდეგო მხარეს ასველებენ საპნიანი ხსნარით.

ქიმიური ინდიკატორებით კონტროლდება დახურული მოცულობები. შენადულ ნაკერზე ედება ქაღალდის ზოლი, რომელიც გაჟღენთილია წყლის 5% აზოტ-მჟავა ვერცხლისწყლის ხსნარით. რეაგენტად გამოიყენება ამიაკი, რომელიც შეჰყავთ მოცულობაში ჰაერის 1%-ის რაოდენობით. მოცულობაში იქმნება პნევმატური წნევა, 3 – 5 წთ-იანი დაყოვნების შემდეგ ისინჯება ინდიკატორული ზოლი. ჰერმეტიკულობა დგინდება ზოლზე შავი ლაქების არსებობით.

ლიტერატურა

1. სულამანიძე ა., დარჩიაშვილი ც. პლასტმასების შედუღება., თბილისი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2009 წ., 38 გვ. 679.5.319
2. Катаев Р. Ф. Сварка пластмасс. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 2008 г. Ст. 138. სტუ-ს ბიბლიოთეკა CD-4227
3. Кульневич В. Б. Сварка пластмасс. Текст лекции. Челябинск. Издательство ЮУрГУ. 2003 г. Ст. 55
4. Семенов Г. М. Современные хирургические инструментыю Петербург. Издателский дом «Питер» 2006 гю ст. 352

ს ა რ ჩ ე ვ ი

83

1. შესავალი. მოკლე ცნობები არალითონურ მასალებზე და მათი შედუღებადობა.	3
2. მასალების რეოლოგიური თვისებების გავლენა მათ შედუღებადობაზე.....	9
3. პლასტმასების შედუღება ცხელი აირით.	15
4. მისართი მასალით და გადნობით პლასტმასების შედუღება.....	25
5. პლასტმასების შედუღება ცხელი ინსტრუმენტით.	32
6. შედუღება ირიბი გახურებით.....	40
7. თერმოპლასტების შედუღება მაღალი სიხშირის დენებით.	49
8. პლასტმასების შედუღება გამოსხივებით.....	57
9. არალითონური მასალების ულტრაბგერითი შედუღება.....	66
10. ულტრაბგერითი შედუღების სახეები შედუღების ინსტრუმენტისა და ნაშაადის ერთმანეთის მიმართ გადაადგილების მიხედვით.....	75
11. ბიოლოგიური ქსოვილებისა და ძვლების ულტრაბგერითი შედუღების ტექნოლოგიური თავისებურებანი და მოწყობილობა.....	80
12. პლასტმასების ხახუნით შედუღება.....	85
13. პლასტმასების ქიმიური შედუღება.	92
14. თერმოპლასტების კონტაქტური შედუღება.....	96
15. პლასტმასების შენადული შეერთებების ხარისხი.	99
ლიტერატურა.....	103

იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 19.10.2018. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 22.10.2018. ქაღალდის ზომა 60X84
1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 6,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent