

ŠIAULIŲ VALSTYBINĖ KOLEGIJA

Artūras Sabaliauskas

**AUTOMOBILIŲ REMONTO
TECHNOLOGIJOS**

Metodinė priemonė



ŠIAULIŲ
VALSTYBINĖ
KOLEGIJA

Šiauliai, 2021

Aprobuota Šiaulių valstybinės kolegijos Verslo ir technologijų fakulteto tarybos posėdyje, vykusiame 2021 m. kovo 10 d. (protokolo Nr. VT4-3).

Leidinyje glaustai apžvelgta įvairių veiksmų įtaka automobilių gedimams, aptarti detalių defektavimo metodai, automobilių remonto technologiniai procesai, medžiagų apdirbimo būdai, aprašyta įvairi įranga, naudojama remontuojant automobilių detales.

Priemonė skirta studentams, studijuojantiems transporto inžinerijos krypties automobilių remonto discipliną.

Recenzantai:

Vaidas Stasiukynas (UAB „Radviliškio autocentras“)
Saulius Palepšaitis (Šiaulių valstybinė kolegija)

Kalbos redaktorė – Silvija Papaurėlytė-Klovienė

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB)

ISBN 978-609-415-121-7

© Šiaulių valstybinė kolegija, 2021
© Artūras Sabaliauskas, 2021

TURINYS

1. ĮVADAS.....	5
2. PAGRINDINĖS REMONTO TECHNOLOGIJOS SĄVOKOS IR JO ELEMENTAI.....	6
2.1. Remonto objektas ir jo elementai	6
2.2. Remonto gamybinis ir technologinis procesai	7
2.3. Remonto tipai	7
3. AUTOMOBILIŲ REMONTO TEORINIAI PAGRINDAI	9
3.1. Žalingų procesų charakteristika.....	9
3.2. Detalių dilimo rūšys	10
3.3. Detalių dilimo dėsniumai	15
3.4. Dilimo nustatymo būdai	17
3.5. Išoriniai veiksniai, sukeltys gedimus.....	20
3.5.1. Išorinio poveikio faktorių klasifikacija.....	21
3.5.2. Metalų korozija	22
3.5.3. Temperatūros poveikis.....	24
3.5.4. Saulės radiacijos poveikis	26
3.5.5. Drėgmės poveikis	28
3.5.6. Atmosferos slėgio poveikis.....	29
3.5.7. Vėjo ir apledėjimo poveikis	30
3.5.8. Oro priemaišų poveikis	31
3.5.9. Biologinių faktorių poveikis	31
3.5.10. Medžiagos senėjimo poveikis	32
3.5.11. Apkrovos poveikis	35
4. AUTOMOBILIŲ REMONTO GAMYBINIS PROCESAS.....	37
4.1. Pagrindinės sąvokos	37
4.2. Valymas.....	38
4.2.1. Paviršiaus valymas abrazyvo srautu	42
4.2.2. Abrazyvai.....	43
4.2.3. Ultragarinis valymas	45
4.3. Ardymas	46
4.4. Defektavimas.....	48
4.4.1. Optinis-vizualinis metodas	52
4.4.2. Kapiliarinis metodas	53
4.4.3. Magnetinis metodas	54
4.4.4. Sūkurinių srovių metodas	55
4.4.5. Ultragarinis metodas	56
4.4.6. Akustinės emisijos metodas.....	57
4.4.7. Radiografiniai metodai	58
4.4.8. Kontrolė radijo bangomis	59
4.4.9. Šiluminė kontrolė.....	59
4.5. Surinkimas.....	60
4.6. Balansavimas.....	61
5. DETALIŲ ATNAUJINIMO TECHNOLOGINIAI PROCESAI	65
5.1. Detalių atnaujinimo būdai	65
5.2. Šaltkalviškas ir mechaninis apdirbimas	67
5.2.1. Detalių atnaujinimas taikant remontinius matmenis.....	67
5.2.2. Detalių atnaujinimas panaudojant papildomas detales	68
5.3. Plastinis deformavimas.....	69
5.4. Suvirinimas ir aplydymas	73
5.4.1. Fizikinė suvirinimo proceso esmė	73
5.4.2. Elektrolankinis suvirinimas	75

5.4.3. Aplydymas	77
5.4.4. Dujinis suvirinimas	80
5.4.5. Metalų lydinių suvirinimas	84
5.5. Metalizacija	87
5.6. Galvaninės dangos.....	90
5.7. Paviršiaus sukietinimas	91
5.7.1. Elektromechaninis sukietinimas	91
5.7.2. Kiti sukietinimo būdai	93
5.8. Remontas klėjais	94
5.8.1. Bendrosios žinios apie klėjus, apkrovų ir sujungimų rūšis	95
5.8.2. Klijuojamų paviršių paruošimas	96
5.8.3. Srieginių sujungimų fiksavimas.....	97
5.8.4. Jungiamųjų plokštumų sandarinimas.....	98
5.8.5. Srieginių vamzdžių sujungimų sandarinimas	100
5.8.6. Velenų, frikcinių sujungimų ir guolių tvirtinimas	101
5.8.7. Cianoakriliniai klėjai (CAK)	105
5.8.8. Kljavimas	107
5.9. Plastikinių detalių remontas	109
5.10. Paviršių dažymas	111
5.10.1. Automobilių dažymo technologija.....	111
5.10.2. Dažytų paviršių brokas	116
5.10.3. Apsauginės dažų dangos	119
6. REMONTO DARBŲ KOKYBĖ	123
6.1. Produkcijos kokybė ir techninis lygis	123
6.2. Kokybės rodikliai ir jų vertinimas.....	124
6.3. Priemonės, užtikrinančios automobilio kokybę	125
INFORMACINIAI ŠALTINIAI	127

1. ĮVADAS

Automobilių ir jų mechanizmų detales veikia aplinka – dujos, skysčiai ir kieti kūnai. Dėl šios sąveikos ir įvairių laukų (šiluminių, elektromagnetinių, radiacinių ir gravitacinių) poveikio detalės medžiagos viduje atsiranda įtempimų, o paviršiuje vyksta fizikiniai ir cheminiai procesai – adsorbcija, korozija, erozija, trintis, atsiranda įtrūkimų ir kt. 90 procentų detalių, nuo kurių priklauso automobilių ir jų mechanizmų darbo resursas ir patikimumas, veikia minėti paviršiniai procesai [1].

Pagrindinė automobilių detalių dilimo priežastis yra trintis. Trintis yra kūnų sąveika jų lietimosi vietoje, trukdanti kūnams judėti vienas kito atžvilgiu. Dėl trinties kūnų lietimosi vietoje gali išsiskirti šiluma, jie gali suirti, įsielektrinti. Trintį kiekybiškai nusako trinties jėga – pasipriešinimo jėga, kurios kryptis priešinga santykiniam kūnų poslinkiui. Tarp judančių kūnų būna kinematinė trintis. Trintis tarp vienas kito atžvilgiu nejudančių kūnų vadinama rimties trintimi.

Dilimas – laipsniškas detalės matmenų kitimas dėl trinties. Dilimu vadinamas procesas, kai ardoma ir nuo kieto kūno paviršiaus atskiriama medžiaga ir, veikiant trinčiai, susidaro liekamoji deformacija. Dėl dilimo keičiasi detalės matmenys ir forma, taip pat paviršinio sluoksnio savybės.

Automobilių detalių ir sujungimų trintį, dilimą tiria tribologijos mokslas (graikiškai *tribos* reiškia *trinti*). Mašinų mokslo dalis apie trintį ir dilimą vadinama tribotechnika [1].

Trintimi ir su ja susijusiais dilimo klausimais mokslininkai domisi jau seniai. Kaupiantis vis daugiau žinių apie kietuosius kūnus ir tepimo medžiagas, keitėsi trinties prigimties samprata.

Be dilimo, galimi ir kiti mašinų detalių poveikiai – plastinis deformavimas, tamprusis ir klampusis suirimas, suirimas dėl nuovargio, korozija ir kt.

Dauguma medžiagos senėjimo ir irimo procesų labiausiai priklauso nuo detalės paviršinio sluoksnio būklės. Paviršinis sluoksnis apibūdinamas jo geometrijos (kartu ir mikrogeometrijos), įtempių, struktūros (pakitimų dėl plastinio deformavimo, temperatūros ir kitų priežasčių) parametrais. Be to, detalių paviršiuje vyksta absorbcija, t. y. susidaro dujų, drėgmės, tepalų plėvelės.

Veikiamos kintamų apkrovų, detalės gali suirti dėl nuovargio. Jeigu detales veikia cikliška kintančios apkrovos, didesnės už leistinas, tai detalių medžiaga negrįžtamai keičiasi. Medžiagos gebėjimas priešintis cikliškai kintančioms apkrovoms vadinamas jos patvarumu (cikliniu stiprumu) [1].

2. PAGRINDINĖS REMONTO TECHNOLOGIJOS SĄVOKOS IR JO ELEMENTAI

2.1. Remonto objektas ir jo elementai

Mašinų remonto technologijos objektas yra gaminys arba sistema ir sistemos elementai.

Objektas – tai techninis įrenginys (automobilis, įrenginys, prietaisas, agregatas, mazgas, detalė), apibrėžiantis tikslingą paskirtį. Jis nagrinėjamas projektavimo, gamybos, bandymo ir eksploatavimo metu. Objektu gali būti laikomos įvairios sistemos ir jų elementai, pavyzdžiui, techniniai gaminiai, įrenginiai, automobiliai, įrankiai ir jų atskiros dalys.

Sistemos *elementas* – tai objektas, parodantis atskirą sistemos dalį. Pati elemento samprata yra sąlyginė, nes bet kuri elementą visada galima nagrinėti kaip visumą kitų elementų.

Objektas, esantis sistemoje vieno tyrinėjimo metu, gali atrodyti kaip elementas, jei aprašomas objektas yra didesnio mastelio. Pats sistemos dalinimas į elementus priklauso nuo nagrinėjimo pobūdžio (funkcionalus, konstruktyvus, scheminis), nuo reikalaujamo tikslumo, supratimo lygio.

Sistema – objektas, turintis visumą elementų, sujungtų tarp savęs tam tikrais ryšiais ir sąveikaujančių tam, kad užtikrintų visos sistemos funkcionavimą. Praktiškai kiekvienas objektas, nagrinėjamas tam tikru atveju, gali būti laikomas sistema.

Taisomasis objektas – tai toks objektas, kurio gedimus eksploatuojant galima pataisyti. Taisomieji objektai gali gesti daug kartų; pataisyti jie vėl veikia kaip nauji. *Netaisomasis objektas* – tai toks objektas, kurio pataisyti negalima. *Netaisomieji objektai* veikia tik kol sugenda, todėl jų negendamumą rodo *vidutinis išdirbis (darbo laikas) iki gedimo*.

Remontuojamasis objektas – tai objektas, kurio tvarkingumą ir darbingumą galima atkurti; *neremontuojamasis objektas* – tai toks objektas, kurio nenumatoma arba tiesiog neįmanoma suremontuoti.

Pagamintas, o ypač suremontuotas, objektas turi būti patikimas. Patikimumas – vienas iš svarbiausių technikos parametrų. Jo rodikliai būtinai įvertinant technikos kokybę, jos efektyvumą, negendamumą, riziką. Patikimumas priklauso nuo daugelio vidinių ir išorinių faktorių. Visa tai apima daug ir įvairių terminų. Toliau pateikti kai kurie iš šių terminų – dažniau vartojami praktikoje ir teorijoje.

Patikimumas – tai objekto, dirbančio nustatytu režimu ir nustatytais darbo, techninių aptarnavimų, sandėliavimo ir transportavimo sąlygomis, savybė nustatytą laiką atlikti savo funkcijas, išlaikant nustatytas eksploatacines charakteristikas. Technologiniai įrenginiai laikomi patikimais, jei jie ne tik veikia, bet ir gamina tinkamą produkciją, t. y. negamina broko. Dabar vienas iš svarbiausių uždavinių – didinti objektų patikimumą.

Šiuolaikiniai automobiliai yra labai sudėtingi. Kuo sudėtingesni automobiliai darosi, tuo labiau mažėja jų patikimumas, jeigu nesiimama specialių priemonių patikimumui padidinti. Automobiliai turi būti patikimi, kad charakteristikos nesikeistų kuo ilgesnį eksploatacijos laiką. Be to, sudėtingų ir brangių technikos objektų prastovos yra labai nuostolingos. Sukurti labai patikimas sistemas galima tik taikant mokslinius patikimumo valdymo metodus.

Patikimumas yra kompleksinė objekto savybė, įvertinama dalinių savybių: negendamumo, pataisomumo, ilgaamžiškumo, išsilaikymo rodikliais.

Negendamumas – tai objekto gebėjimas nepertraukiamai tam tikrą laiką išlaikyti darbingumą. Kiekybiškai jis nusakomas tikimybinėmis charakteristikomis ir tikimybiniais parametrais. Labai svarbu, kad šią patikimumo ypatybę turėtų valdymo sistemų elementai, stabdymo įtaisai ir kiti mechanizmai, kuriems sugedus gali įvykti avarija.

Pataisomumas – tai tokia objekto ypatybė, kai galima rasti gedimus, juos pašalinti ir nustatyti jų priežastis. Kiekybiškai pataisomumas nusakomas laiko arba lėšų sąnaudomis gedimams ieškoti, taisyti ir numatyti.

Ilgaamžiškumas – tai objekto ypatybė, esant tam tikrai techninio aptarnavimo ir remonto sistemai, būti darbingam iki ribinės būsenos.

Ribinė būsena – tai tokia objekto būsena, kai jo negalima arba netikslinga toliau

eksploduoti, nes objektas neatitinka techninių, ekonominių arba darbo saugos reikalavimų. Objekto ribinė būseną paprastai nurodoma specifikacijoje. Pasiekęs ribinę būseną objektas remontuojamas arba nurašomas.

Išsilaikomumas – tai objekto ypatybė išsaugoti leistinas negendamumo, ilgaamžiškumo ir pataisomumo reikšmes transportuojant ir laikant.

Darbingumas – tai objekto būseną, kai jis geba atlikti savo funkcijas. Darbingumo praradimas vadinamas *gedimu*.

2.2. Remonto gamybinis ir technologinis procesai

Remontas – tai kompleksas darbų (operacijų), kuriuos atlikus objektas tampa tvarkingas arba darbingas, atkuriamas viso objekto arba jo sudėtinių dalių resursas. *Resursas yra* objekto išdirbis (darbo laikas) nuo jo naudojimo pradžios iki ribinės būsenos. Vidutinis resursas ir vidutinė eksploatacijos trukmė yra statistiniai rodikliai, apskaičiuojami ištyrus vienodų objektų grupę.

Remonto gamybinis procesas – darbuotojų ir gamybos priemonių veiksmų visuma remontuojant atitinkamos paskirties objektą. Į remonto gamybinį procesą įeina automobilių ardymas, montavimas, detalių atnaujinimas, produkcijos kokybės tikrinimas, transportavimas, laikymas, elektros energijos, suslėgto oro, vandens tiekimas ir kiti veiksniai.

Detalės remontas – reikiamos taisyklingos formos suteikimas nudilusiems paviršiams, jų fizinių ir mechaninių savybių atkūrimas, išlaikant techninių sąlygų reikalavimus. Būdingi detalių remonto pavyzdžiai – alkūninio veleno kakliukų šlifavimas, įvorių ištekimas ir honingavimas, įvorių plėtimas iki remontui tinkamo matmens ir kt.

Detalės atnaujinimas – visiškas nominaliųjų matmenų ir fizinių bei mechaninių savybių atkūrimas, t. y. atnaujinami matmenys ir atkuriamas resursas iki naujos detalės lygio. Būdingi detalių atnaujinimo pavyzdžiai – aplydymas, galvanizavimas, apspaudimas, lazerinis miltelių privirinimas ir kt.

Remonto technologinis procesas – tai tik ta gamybinio proceso dalis, kuri skiriama detalių ar objektų formai ir savybėms keisti arba detalėms gaminti. Pavyzdžiui, montavimo technologinis procesas yra detalių ir mazgų jungimas vienu su kitais. Detalių remonto technologinis procesas taip pat tėra remonto gamybinio proceso dalis, nes jis reiškia tik detalių savybių (geometrinės formos, matmenų, paviršiaus ir kt.) keitimą [1].

2.3. Remonto tipai

Šiuolaikinėmis diagnostikos priemonėmis galima tiksliai nustatyti atskirų automobilių mechanizmų ir agregatų techninę būklę jų neardant. Taip praktiškai pakankamai tiksliai nustatoma, ar pakanka tik profilaktinių darbų, ar reikia remonto.

Reguliariai atliekant techninės priežiūros darbus pagal iš anksto parengtą grafiką, sudaromos palankiausios sąlygos objektams dirbti be sutrikimų ir galima išvengti įvairių defektų, pašalinant arba sušvelninant jų atsiradimo priežastis.

Techninė priežiūra – procesas, kurio metu įvertinama automobilio techninė būklė. Šio proceso metu tikrinami įvairūs agregatai ir mazgai, siekiant išlaikyti jų darbingumą. Techninės priežiūros metu atliekamas einamasis remontas.

Skirtingai nuo techninio aptarnavimo, remonto tikslas yra atkurti automobilio agregato ar detalės darbingumą, laiku pašalinti jau atsiradusius gedimus. Objekto patvarumas ir patikimumas labai priklauso nuo tinkamai organizuoto techninio aptarnavimo ir remonto. Priklausomai nuo atliekamų darbų paskirties ir pobūdžio, remontas skirstomas į einamąjį, vidutinį (tik automobiliams) ir kapitalinį.

Einamasis remontas skirtas sutrikimams ir gedimams pašalinti. Jo metu keičiamos susidėvėjusios automobilio detalės, eksploataciniai skysčiai ir išsiaiškinamos pagrindinės automobilio gedimus sukėlusios priežastys. Tai visuma įvairių technologinių remonto procesų ir

operacijų, kuriomis siekiama sutvarkyti lengvąjį transporto priemonę, kad ji atitiktų numatytuosius techninius reikalavimus.

Kapitalinis remontas skirtas reglamentuotam objektų darbingumui atkurti. Kapitalinio remonto metu objektas visiškai išardomas, defektuojamas, remontuojamas, keičiamos detalės, o vėliau surenkamas, reguliuojamas ir išbandomas.

Išimties tvarka automobiliams leidžiama atlikti *vidutinį remontą*. Tai toks remontas, kai atliekamas vieno ar dviejų agregatų kapitalinis remontas, o visų kitų agregatų ir mazgų – einamasis remontas [1, 9].

Be minėtų pagrindinių remonto tipų – einamojo ir kapitalinio, dar yra avarinis ir modernizavimo remontas. Atskirais atvejais objektas remonto metu gali būti modernizuojamas.

Techninės priežiūros ir remonto sistemoje dar yra numatytos tokios priemonės:

1. Tarpremontinė techninė priežiūra – žiūrima, kaip laikomasi eksploataavimo taisyklių, laiku pašalinami smulkūs gedimai ir kt.;

2. Apžiūros – nustatoma techninė automobilio būklė;

3. Smulkusis remontas – pakeičiamos susidėvėjusios detalės, sureguliuojami atskiri mechanizmai ir pan.

Remonto ciklo trukmė – tai laikotarpis tarp automobilio eksploatacijos pradžios ir pirmo kapitalinio remonto arba tarp dviejų gretimų kapitalinių remontų. Remonto ciklo struktūra priklauso nuo įrengimo (objekto) klasifikacinės grupės, jo naujumo [1, 10].

Labai daug eksploatacijos išlaidų tenka einamajam remontui, kai, keičiant susidėvėjusias detales, surinkimo vienetus ar agregatus, atkuriamas automobilio darbingumas.

Optimalus einamasis remontas susijęs su technine diagnostika, rezervavimu (atsarginių dalių skaičiumi), remonto darbų organizavimu ir kt. Taip pat labai svarbu detales tinkamai keisti. Skiriamos kelios keitimo rūšys: individualus keitimas, kai keičiama sugedusi detalė; reglamentuotas, kai keičiama nustatyta laiką išdirbusi detalė; grupinis, kai surinkimo vienetas keičiamas sugedus bet kuriai detalei, ir mišrus. Reglamentuotas keitimas taikomas remontuojant labai svarbius objektus, nes jis užtikrina didžiausią patikimumą. Tačiau šiuo atveju panaudojamas ne visas resursas. Individualus keitimas leidžia panaudoti visą resursą, bet šiuo būdu reikėtų keisti tik lengvai prieinamas detales (padaugėja remontų). Taikant grupinį keitimą, panaudojamas ne visas detalių resursas, tačiau sumažėja remontų.

Norint pasirinkti tinkamą detalių keitimą, agregatai ir sistemos suskaidomi į surinkimo vienetus ir, lyginant įvairias keitimo rūšis, apskaičiuojamos lyginamosios išlaidos gedimams šalinti.

3. AUTOMOBILIŲ REMONTO TEORINIAI PAGRINDAI

3.1. Žalingų procesų charakteristika

Darbingumas – tai tokia automobilio būseną, kai jis gali atlikti savo funkcijas, t. y. išlaikyti normatyvinėje techninėje arba konstrukcinėje dokumentacijoje nurodytus eksploatacinius parametrus. Kai automobilis netenka darbingumo, jis sugenda. Gedimas gali būti visiškas arba dalinis.

Ekspluatuojamuose automobiliuose vyksta sudėtingi fizikiniai ir cheminiai procesai, dėl kurių detalės deformuojasi, dyla, lūžta, koroduoja ir t. t. Automobilio pradiniai parametrai keičiasi tol, kol jis sugenda. Be to, keičiasi ne tik detalių metalo, bet ir alyvos, degalų ir kitų medžiagų eksploatacinės savybės. Šie procesai skirstomi į grįžtamuosius (tamprioji deformacija, kaitinimas ir aušinimas) ir negrįžtamuosius (plastinė deformacija, dilimas, korozija).

Procesai pagal spartą skirstomi į tris grupes. Sparčiai vykstantys procesai yra periodiški. Vienas periodas trunka dalį sekundės. Tai automobilio mazgų vibracija, trinties jėgos kitimas judamuosiuose sujungimuose, darbinių apkrovų kitimas ir kt. Vidutinio spartumo procesai trunka minutes arba valandas, dėl to monotoniškai kinta pradiniai automobilių parametrai. Tai automobilio temperatūros kitimas ir dilimas, aplinkos drėgmės bei temperatūros kitimas ir kt. Tokie procesai (pavyzdžiui, šiluminė deformacija) dažniausiai priklauso nuo daugelio parametrų, turinčių įtakos jų eigai, todėl nusakomi atsitiktiniais dydžiais ir funkcijomis. Lėtieji procesai vyksta tuomet, kai automobilis eksploatuojamas tarp periodinių apžiūrų ir remontų. Tai svarbiausių jo mazgų dilimas, medžiagos nuovargio, detalių vidinių įtempimų persiskirstymas, metalo takumas, trinties paviršių užsiteršimas, korozija, sezoninis temperatūros kitimas [1,10].

Vykstant šiems procesams, kinta detalių medžiagų pradinės ypatybės ir būseną, t. y. jos senėja, yra pažeidžiamos, galiausiai iškyla gedimo pavojus. Pažeidimui pasiekus tam tikrą ribinę vertę, objektas sugenda.

Senėjimas skirstomas pagal poveikį iš išorės. 3.1 lentelėje pateikta jo tipų klasifikacija.

3.1 lentelė. Senėjimo klasifikacija [1]

Objektas	Išoriniai procesai (pažeidimo rūšys)	Proceso rūšys
Detalės forma ir savybės	Irimas	Trapusis irimas, tąsusis irimas
	Deformacija	Plastinė deformacija, valkšnumas, susikraipymas
	Medžiagų savybių kitimas	Medžiagos struktūros, mechaninių savybių (plastiškumo), cheminės sudėties, magnetinių savybių, skysčių (tepalo, degalų) užterštumo kitimas
Detalės paviršiai	Ėsdinimas	Korozija, erozija, kavitacija, išdegimas, įtrūkimas
	Prieauga	Aplipimas (adhezija, kohezija, adsorbcija, difuzija), pridegimas, obliteracija (užaugimas)
	Paviršiaus sluoksnio savybių kitimas	Šiurkštumo, kietumo, įtempio kitimas
Trinties poros paviršius	Dilimas	Trynimasis, nuovargis, glemžimas, medžiagos pernešimas
	Kontakto (sąlyčio) sąlygų kitimas	Kontakto (sąlyčio) paviršiaus, jo mikroiškyšų skverbimosi, tepimo vientisumo kitimas

Greičiausiai pradeda senėti ir senėja paviršinis medžiagos sluoksnis. Detalių paviršius, veikiamas temperatūros, cheminių, mechaninių ir kitų išorinių veiksnių, netenka dalies medžiagos, t. y. išėdamas. Vykstant detalių paviršiaus adhezijai, absorbcijai, jam pridedant, kaupiasi šalutinės

medžiagos. Šis procesas vadinamas prieauga. Dėl išorinių veiksnių gali pakisti paviršinių sluoksnių ypatybės, t. y. jų mikrogeometrija, kietumas ir kt.

Specifiniai procesai vyksta liečiantis dviem sujungtiems paviršiams. Tai ypač dažnas reiškinys automobilių agregatuose ir elementuose. Judamuosiuose sujungimuose vyksta įvairūs dilimo procesai.

Dažniausiai objektai sugenda dėl detalių savybių pokyčių joms trinantis ir dylant.

3.2 Detalių dilimo rūšys

Svarbiausia automobilių detalių dilimo priežastis yra išorinė trintis. *Trintis* – tai dviejų kūnų lietimosi paviršių pasipriešinimas santykiniam poslinkiui. Skiriama rimties trintis ir judėjimo trintis. Esant rimties trinčiai, kūnai vienas kito atžvilgiu nejuda, vyksta mikroposlinkiai. Judėjimo trintis atsiranda tada, kai du kūnai juda vienas kito atžvilgiu.

Pagal judėjimo pobūdį skiriama slydimo ir riedėjimo trintis. *Slydimo trintis* – tai tokia judėjimo trintis, kai kūnų greičiai lietimosi taškuose yra skirtingi ir priešingos krypties. Kai kūnų judėjimo greičiai yra vienodi ir tos pačios krypties, tokia trintis vadinama *riedėjimo trintimi*. Be to, abiejų rūšių trintis gali pasireikšti tuo pat metu; tai vadinama riedėjimu praslystant (pavyzdžiui, krumplinėse ir sraigtinėse pavarose, tarp automobilio rato ir kelio).

Trintis gali būti sausoji (be tepalo) ir tepamoji. Esant sausajai trinčiai, susiliečiantys paviršiai dėl molekulinės mechaninės paviršių sąveikos deformuojasi, braižosi, intensyviai išsiskiria šiluma, paviršiai vibruoja. Sausoji trintis būdinga stabdžiams, frikciniams mechanizmams ir pan.

Išorinę trintį apibūdina trinties jėga. Slydimo trinties jėga priklauso nuo kūno medžiagos ir paviršių būklės, taip pat nuo normaliosios apkrovos:

$$F = f \cdot P; \quad (3.1)$$

čia f – slydimo trinties koeficientas; P – normalioji apkrova.

Trinties koeficientas f nustatomas eksperimento būdu. Pagal Kulono dėsnį riedėjimo trinties jėga:

$$F_r = f_r \cdot \frac{P}{R}; \quad (3.2)$$

čia f_r – riedėjimo trinties koeficientas; R – riedančio kūno spindulys; P – normalioji apkrova.

Riedėjimo trintis daug mažesnė už slydimo trintį. Slydimo ir riedėjimo trinties jėga priklauso nuo daugelio veiksnių, kurių svarbiausi – faktinis trinties paviršių kontakto plotas; trinties paviršių judėjimo vienas kitu greitis; fizinės-mechaninės trinties kūnų medžiagų savybės (histerezės nuostolių koeficientas, tamprumo modulis, šilumos laidumo koeficientas, kietumas, plastiškumas ir kt.); trinties paviršių nelygumai ir jų kryptis, tepalo savybės ir kt.

Trinties poveikis labiausiai priklauso nuo tepimo tipo. Tepimas gali būti ribinis, skystasis ir pusiau skystas.

Kai tepimas ribinis, trinties paviršius skiria labai plonas (iki 0,1 μm) tepalo sluoksnis.

Automobilio detalių dilimas – tai laipsniškas besitrinančių detalių formos ir matmenų kitimas, kai medžiagos irsta ir atsiskiria nuo detalių paviršių arba susidaro liekamosios deformacijos. Kartu kinta detalių medžiagos ypatybės. Dilimo esmei aiškinti yra daug hipotezių, nes dilimas – tai daugybės sunkiai nustatomų kintamųjų dedamosios [1, 9].

Kontakto dėmės retai būna vienaarūšės. Dažniausiai tuo pat metu vyksta keli irimo procesai. Iš tikrųjų idealių indentorių nebūna, todėl irimas yra dar sudėtingesnis. Veikiami tampriosios ir plastinės deformacijų, paviršių nelygumai dyla. Minkštesnių detalių dilimo produktai limpa prie

kietųjų detalių, sukietėja, praranda plastiškumą ir suyra. Temperatūrai veikiant detales, kinta metalų struktūra, chemiškai aktyvios medžiagos jungiasi su jais ir keičia mechaninį stiprumą.

Nors trinties paviršių irimas yra sudėtingas procesas, bet galima išskirti vyraujančią dilimo rūšį. Kitos tuo metu vykstančio dilimo rūšys vadinamos šalutinėmis.

Dilimas dažniausiai skirstomas į mechaninį, mechaninį korozinį ir dilimą veikiant elektros srovei. Automobilio detalėms būdingiausias mechaninis dilimas, kuris atsiranda tik dėl to, kad detalių medžiagos tarpusavyje mechaniškai sąveikauja, ir mechaninis korozinis dilimas, vykstantis dėl medžiagų tarpusavio mechaninės, cheminės ir (arba) elektrinės sąveikos su aplinka. Mechaninis dilimas skirstomas į abrazyvinį (hidroabrazyvinį, dujų abrazyvinį), erozinį (hidroerozinį, dujų erozinį), kavitacinį, nuovarginį, fretinginį (*angl. fret* – išėsti) ir kohezinį (sankibinį). Mechaninis korozinis dilimas būna oksidinis ir fretiginis korozinis.

Abrazyvinis dilimas paprastai atsiranda esant slydimo trinčiams, bet jį gali sukelti ir kitokių rūšių (pavyzdžiui, riedėjimo praslystant) trintis. Besitrinančių dalelių lietimosi plotas mažesnis esti tuomet, kai vyksta abrazyvinis dilimas. Tada detales ardo besitrinančios smulkios abrazyvinės dalelės. Jos yra indentoriai: įsiskverbia į paviršių ir drožia arba stumia medžiagos paviršių. Tai, kiek giliai abrazyvinės dalelės įsiskverbia į metalą, priklauso ne tik nuo jų kietumo, bet ir nuo formos. Pavyzdžiui, aštriabriaunės dalelės gali būti įspaustos į metalą, daug kietesnį už jas pačias. Abrazyvinės dalelės gali būti prilipusios ar įsmigusios į kurį nors trinties paviršių, jų gali būti aplinkoje (grunte), jos gali laisvai judėti tarp besitrinančių paviršių arba skysčio ar dujų sraute (hidroabrazyvinis arba dujų abrazyvinis dilimas). Šių dalelių yra viršutiniame dirvos sluoksnyje, daugelyje gruntų, rūdose, pelenuose, dulkėse (ypač kvarco dalelių), oksidų plėvelėse (pavyzdžiui, Al_2O_3 dalelės yra 1,5 karto kietesnės už grūdintą plieną), vidaus degimo variklių priedegose, dilimo produktuose ir kitur [1, 35].

Traktoriuose, automobiliuose, žemės ūkio mašinose, ekskavatoriuose vyrauja abrazyvinis dilimas. Šių mašinų darbinės dalys ir važiuoklės visą laiką liečiasi su gruntu, dirva. Ore esančios dulkės skverbiasi į mašinos mazgus, agregatus, sistemas. Nustatyta, kad grynų metalų ir plieno atsparumas dilimui tiesiškai priklauso nuo trinties paviršių mikrokietumo. Babbitai, švino bronzos ir kiti antifrikciniai lydiniai ne tokie atsparūs dilimui, palyginti su to paties kietumo gryniais metalais.

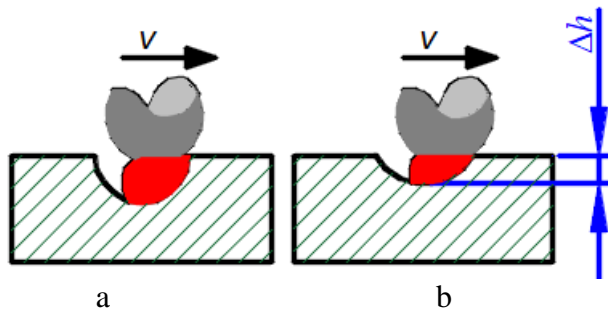
Nuovarginis dilimas – taip pat dažna dilimo rūšis. *Nuovarginis dilimas* – tai dilimas, atsirandantis dėl medžiagos paviršiaus sluoksnio nuovargio veikiant pasikartojančiai apkrovai, dėl kurio labai deformuotame sluoksnyje, daugiausia lygiagrečiame paviršiu, susidaro ir plinta įtrūkimai. Dėl šių įtrūkimų atsiranda plonų medžiagos atsisluoksniavimų. Nuovarginis nusidėvėjimas būdingas ritiniams guoliams. Dažnai jis vyksta kartu su oksidinio ir abrazyvinio dilimo procesais.

Vyraujant nuovarginiam dilimui, kai yra slydimo trintis, detalių paviršiuje atsiveria mažųjų plyšių. Jie didėja, paviršius suyra. Toks irimas vadinamas dispergavimu. Jis būdingas gerai pateptiems varžtiniams sujungimams, įvairių agregatų velenėliams, stūmoklių pirštams, degalų aparatūros plunžerinėms poroms. Disperguojantis tų detalių paviršiams, nematyti jų sukibimo, įbrėžimų, cheminių ir struktūros pasikeitimų. Šios rūšies dilimas neintensyvus.

Paviršiams riedant arba riedant ir slystant vieniems kitais, kontakto zonoje dėl mažo jos ploto atsiranda didelių kontaktinių gniuždymo įtempių ir gniuždymo deformacijų. Metalas, plastiškai deformuojamas, kietėja ir plečiasi, todėl atsiranda liekamųjų gniuždymo įtempių. Kartojantis apkrovai, kontakto zona nuolat keičiasi, atsiranda ir tangentinių įtempių, kurie gali būti didesni už takumo ribą. Kartojantis tangentiniams ir gniuždymo įtempiams, po tam tikro jų ciklo skaičiaus 10–40 μm gylyje atsiveria nuovargio plyšių. Kartojantis apkrovai, plyšiai didėja trinties paviršiaus kryptimi, o kiti atsiveria paviršiuje, išrupa metalo dalelės. Susidaro aiškiai matomos dėmių pavidalo įdubos. Todėl šis reiškinys vadinamas arba kontaktiniu nuovargiu, arba dėmėtuojimu dilimu, arba pitingu (*angl. pitting* – *duobių darymas*). Šitaip dažnai dyla riedėjimo guoliai, krumpliaračiai, t. y. tos detalės, tarp kurių vyrauja riedėjimo trintis [1, 35].

Kohezinis (sankibinis) dilimas vyksta tada, kai vyrauja kohezinis detalės metalo ardymas. Sankiba arba kohezija – reiškinys, kai stipriai susijungia besitrinantys arba deformuojami metalai, esant temperatūrai, mažesnei už rekristalizacinę. Sankibos vietoje išnyksta riba tarp kontaktuojančių metalų, t. y. susidaro stipri metalinė jungtis. Jeigu atsparumo šlyčiai gradientas yra neigiamas

($d\tau/dh < 0$) ir trinties paviršių temperatūra neaukšta, tai metalas išplėšiamas iki 2 mm gylio. Šis procesas vadinamas pirmos rūšies koheziniu dilimu (3.1 pav., a).



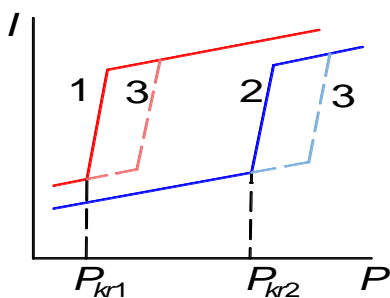
3.1 pav. Kohezinio (sankibinio) dilimo procesai: a – paviršinių sluoksnių temperatūra žema (pirmos rūšies sukibimas); b – paviršinių sluoksnių temperatūra aukšta (antros rūšies sukibimas)

Kai gradientas yra neigiamas ($d\tau/dh < 0$), bet trinties paviršių temperatūra aukšta, tuomet sukibę sluoksniai silpniau priešinasi plėšimui, todėl išplėšiami ne taip giliai (tik karšto metalo sluoksnis). Kontaktuojantys paviršiai mažiau sukimba, nes absorbcinės plėvelės greitai suyra dėl to, kad aukštoje temperatūroje padidėja molekulinės sąveikos jėgos. Šis dilimo procesas vadinamas antros rūšies koheziniu dilimu (3.1 pav., b) [1].

Frikcinių kontaktų susidarymas ir jų stiprumas priklauso nuo trinties paviršių ypatybių: jų kilmės, kietumo ir apdirbimo būdo. Kai metalo paviršius apsitraukęs oksidų plėvele, sukibimas priklauso ir nuo tų plėvelių ypatybių. Jeigu apsauginės plėvelės stipriai sukibusios su pagrindiniu metalu ir pažeistos greitai atsinaujina, tai metalai silpniau sukimba.

Detalių paviršiai sukimba tada, kai trintis yra sausoji arba ribinė. Proceso intensyvumas priklauso ne tik nuo jų paviršių ypatybių, bet ir nuo darbo režimo: detalių judėjimo greičio, apkrovos temperatūros ir kt.

Trinties paviršių sukibimas yra avarinės mazgo būsenos priežastis, todėl, eksploatuojant automobilius, reikia žiūrėti, kad jos nebūtų. Sukibimą mažinančios paviršių ypatybės nustatomos pagal kritinę apkrovą (tam tikromis sąlygomis tuo momentu trinties paviršiai sukimba). Ji vadinama sukibimo apkrova. Labai svarbu ir tepalo klampumas, taip pat būseną (3.2 pav.).



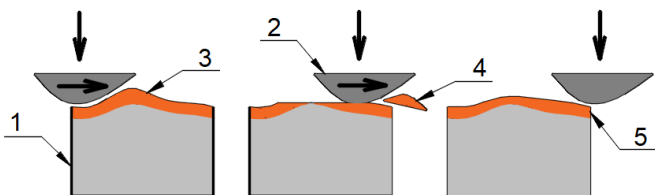
3.2 pav. Dilimo priklausomybė nuo apkrovos, temperatūros ir tepalo būsenos: 1 – 150°C temperatūros tepalas; 2 – 50°C temperatūros tepalas; 3 – putotas tepalas

Vienalyčiame tepalo sraute detalės sukimba mažiau apkrautos negu disperguotame (suplaktame) tepale, nes, jei yra deguonies, oksidų plėvelės intensyviai atsinaujina. Deguonis patenka ant detalių trinties paviršių kartu su tepalu. Kohezinis dilimas pasitaiko slydimo guoliuose, krumpliaračiuose ir kitur.

Oksidinis dilimas vyrauja ten, kur yra slydimo trintis, nedidelis greitis (1,5–7 m/s be tepimo ir iki 20 m/s tepant), specifinis slėgis ir palanki temperatūra. Kai detales veikia riedėjimo trintis (kartu visada veikia ir slydimo trintis), oksidinis dilimas esti šalutinis, vyrauja nuovarginis dilimas.

Plastiškai deformuojant trinties paviršių mikronelygumus, oro deguonis difunduoja į pasislenkančius metalo sluoksnius. Plastikacijai paspartinti į tepalą dedama aktyviųjų cheminių komponentų. Paviršiniuose sluoksniuose atsiranda deguonies tirpalų ir cheminių jo junginių su metalu (pliene Fe_3O_4 ir Fe_2O_3), t. y. susidaro nauja metalo struktūra. Tai iki $40\ \mu\text{m}$ storio platinė plėvelė, kurios mikrokietumas $600\text{--}700\ H_{\mu 50}$. Trinantis detalėms, ji nustumiami ir nuplėšiami. Plėvelės irsta dėl to, kad oksidinių plėvelių molekulinės jėgos tarpusavyje sąveikauja [1, 6, 35].

Didėjant specifiniam slėgiui, plėvelių paviršiuje susidaro iki $20\ \mu\text{m}$ storio labai kietas ($1300\text{--}1400\ H_{\mu 50}$) ištisinis sluoksnis. Veikiamas kitos detalės paviršiaus mikronelygumų, jis sutrūkinėja ir ištrupa. Ištrupėjusiose vietose susidaro nauja plėvelė, dilimo procesas kartojasi. Ištrupėjusio sluoksnio dalelės braižo trinties paviršius, vadinasi, papildomai dildo kaip abrazyvas (abrazyvinis dilimas) (3.3 pav.).



3.3 pav. Oksidinio dilimo schema: 1, 2 – besitrinančios detalės, 3 – oksidinė plėvelė, 4 – nuolauža, 5 – nauja oksidinė plėvelė

Oksidinis dilimas neišvengiamas beveik visuose trinties mazguose, jeigu ten nėra kitų rūšių dilimo. Jis ne toks kenksmingas kaip kitų rūšių dilimas, nes detalės mažiausiai dyla.

Fretinginis korozinis dilimas pasireiškia tada, kai kontaktuojantys metalo paviršiai dėl vibracijos arba dėl konstrukcijos elementų periodinės deformacijos juda vienas kito atžvilgiu. Jo veikiamuose paviršiuose vyksta sukibimo, abrazyvinio irimo, nuovargio ir korozijos reiškiniai. Šis procesas susideda iš trijų stadijų. Pirmojoje stadijoje kietėja paviršius ir cikliška tįsta paviršinis sluoksnis, plastiškai deformuojasi nelygumai, sukimba mažyčiai metalo paviršiaus ploteliai, susidaro oksidų plėvelės ir jos suyra. Antrojoje, inkubacinėje, stadijoje intensyvėja korozija ir nuovargis, formuojasi korozinė ir aktyvioji aplinka, nes oksidai absorbuoja drėgmę ir deguonį. Dilimo greitis paprastai nedidelis. Šioje stadijoje susidaro tik oksidinės plėvelės, jos saugomos ir pašalinamos iš kontakto zonos. Trečiojoje stadijoje fretinginis korozinis dilimas jau vyksta intensyviai: paviršiniai sluoksniai dėl nuovargio ir korozijos pasidaro purūs ir suyra. Kontakto zonoje atsiranda nemažai dilimo produktų, intensyvinančių irimą ir abrazyviškai dilinančių metalą. Šioje stadijoje objektą eksploatuoti draudžiama [1, 35].

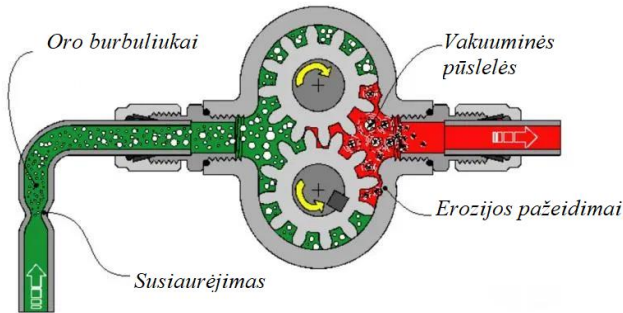
Fretinginis korozinis dilimas vyksta tose vietose, kur guolių žiedai tvirtinami prie velenų (3.4 pav.) ir korpusų, kur montuojami krumpliaračiai, skriemuliai, žvaigždutės ir velenai, taip pat išdrožose, pleištinuose sujungimuose ir kitur, ypač ten, kur detalės pagal paskirtį šiek tiek juda arba tiesiog ima klibėti.



3.4 pav. Guolio vidinio žiedo fretinginė korozija

Apsaugant susiliečiančių detalių paviršius nuo fretinginės korozijos taikomas grūdinimas aukšto dažnio srovėmis, cheminis terminis apdorojimas, padengimas įvairiomis plėvelėmis ir dangomis, paviršių tepimas. Norint padidinti riedėjimo guolių nejudamų sujungimų ilgaamžiškumą, būtina sumažinti santykinius įveržtų paviršių poslinkius. Tai galima padaryti garantuojant nustatyto dydžio įvaržą, vengiant metalinių paviršių sąlyčio, padengiant juos dangomis iš polimerinių medžiagų.

Kavitacinis dilimas. Kavitacija – reiškinys, kai tekančiame kietu paviršiumi skystyje periodiškai susidaro ir sprogsa burbuliukai. Skysčiui judant dideliu greičiu, kliūčių vietoje atsiranda iškyšulių, staigių formos pasikeitimų, jo slėgis staiga gerokai sumažėja, dėl to gali susidaryti garų, tuštumų, t. y. skysčio srovė tampa nevienalytė. Į šias tuštumas gali patekti aplinkos oras arba jas užpildyti dujos, išsiskiriančios iš skysčio (3.5 pav.).

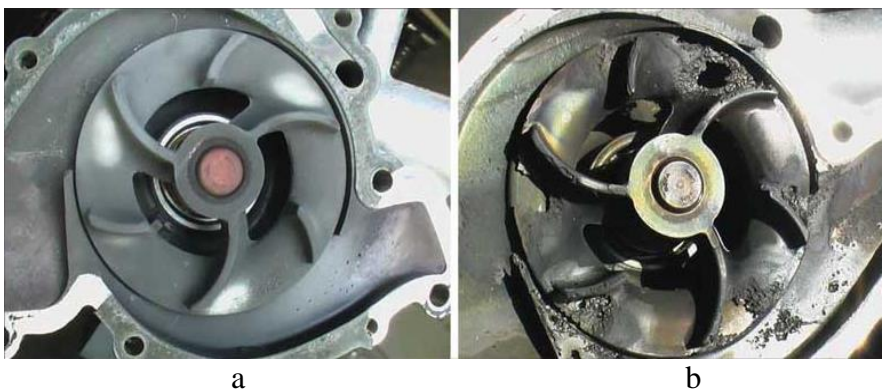


3.5 pav. Kavitacijos schema [32]

Kavitacija vyksta hidraulinuose vamzdynuose, aušinimo skysčio siurbluose (3.6 pav.), kituose hidraulinuose įrenginiuose, kuriuose būna didelių skysčio tekėjimo greičių. Sumažėja minėtų įrenginių naudingo veikimo koeficientas, atsiranda vibracijų, smūgių. Atsilaisvina tvirtinimo detalės, lūžta varžtai, nuglemžiamas sriegis, sumažėja sandarumas, gali įvykti nuovargio lūžiai.

Kavitaciją sumažinti (arba jos išvengti) galima šiomis priemonėmis:

- detalių formą reikia daryti aptakią (kad tekančio skysčio slėgis nesumažėtų iki garų susidarymo slėgio);
- į hidraulinį skystį įdėti emulsijas sudarančių medžiagų (tepalų, emulsinių agentų);
- parinkti atsparesnes kavitacijai medžiagas (pavyzdžiui, mažai legiruotą nikeliu ir molibdenu ketų su rutuliniu grafitu);
- esant galimybei, gumuoti paviršių.



3.6 pav. Aušinimo skysčio siurblys: a – naujas, b – paveiktas korozijos [33]

Vandenilinis dilimas vyksta dėl tribocheminių reakcijų trinties zonoje. Šis dilimas priklauso nuo vandenilio koncentracijos tribopaviršiniuose sluoksniuose. Dilimo metu vandenilis skverbiasi pro medžiagos paviršių ten, kur susidaro didesnė temperatūros zona dilimo metu, o tai palengvina dilimo

procesą. Vandenilinis dilimas pasireiškia praktiškai visuose plieninių ir ketaus detalių paviršiuose.

Iš visų slydimo trinties sukiamų irimo procesų vandenilinį dilimą tirti sunkiausia, nors jis pasireiškia įvairiuose besitrinančiuose mazguose ir savo paplitimu gali būti lyginamas su abrazyviniu dilimu. Procesai, vykstantys vandenilinio dilimo metu, atsiduria elektrochemijos, organinės chemijos, katalizės, polimerų chemijos ir tepimo medžiagų chemijos sandūroje.

Vandenilinis dilimas priklauso nuo vandenilio koncentracijos paviršiniuose detalių sluoksniuose. Jis išsiskiria iš trinties poros medžiagos arba iš aplinkos (tepimo medžiagos, kuro, vandens ir kt.) ir paspartina dilimą. Vandenilinį dilimą sąlygoja tokie trinties zonoje vykstantys procesai:

- intensyvus vandenilio išsiskyrimas trinties metu dėl medžiagų, turinčių vandenilio, tribodestrukcijos. Dėl to vandenilis nepertraukiamai tiekiamas į paviršinį plieno ir ketaus sluoksnį;
- vandenilio adsorbcija trinties paviršiuose;
- vandenilio difuzija į deformuojamą plieno sluoksnį. Jos greitį lemia temperatūrų ir įtempių gradientai. Tai sukelia vandenilio susikaupimo efektą trinties procese;
- ypatingo tipo paviršiaus suirimas, susijęs su daugelio įtrūkimų užuomazgų atsiradimu visame trinties paviršiuje. Suirimui būdinga tai, kad medžiaga akimirksniu virsta smulkiadispersiniais milteliais.

Iki šiol buvo manoma, kad maksimali temperatūra trinties metu yra besitrinančių detalių paviršiuje. Yra žinoma, kad vandenilis, veikiamas temperatūrinio gradiento, labai lengvai difunduoja į įkaitusias kūno sritis.

3.3. Detalių dilimo dėsningumai

Norint apskaičiuoti ir prognozuoti dylančio gaminio patikimumą, parinkti sujungimams reikalingas medžiagas, jų matmenis ir konstrukciją, reikia žinoti svarbiausius medžiagų dilimo dėsningumus. Pažymėtini šie dilimo rodikliai:

- tiesinis išdilimas $I, \mu m$ – tai dylančio paviršiaus matmenų pokytis, išmatuotas statmenai trinties paviršiui;

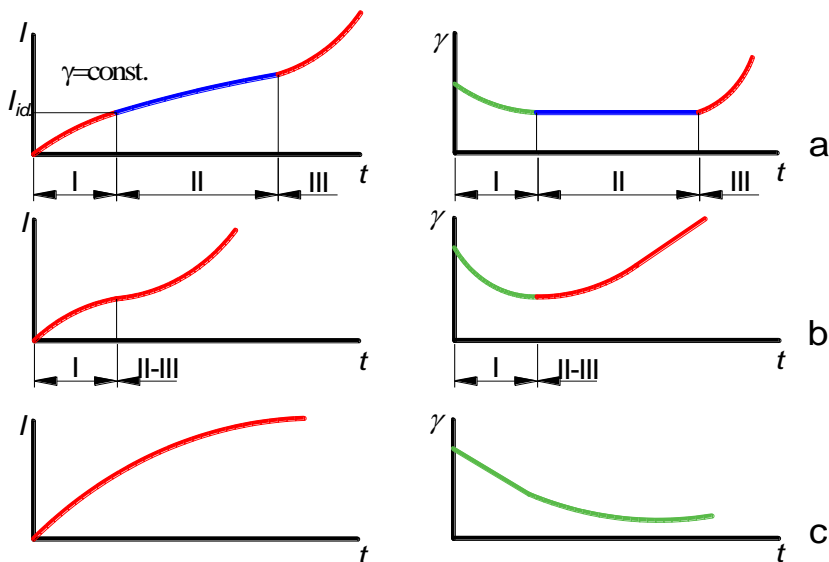
- dilimo greitis $\gamma = \frac{\Delta I}{\Delta t}, \mu m/h$ – tai išdilimo dydžio ir dilimo trukmės santykis;

- dilimo intensyvumas $j = \frac{\Delta I}{\Delta S}$ – tai išdilimo dydžio ir tos vietos trinties kelio S santykis. Šis dydis bematis, jei tiesinis išdilimas ir trinties kelias matuojami tais pačiais dydžiais.

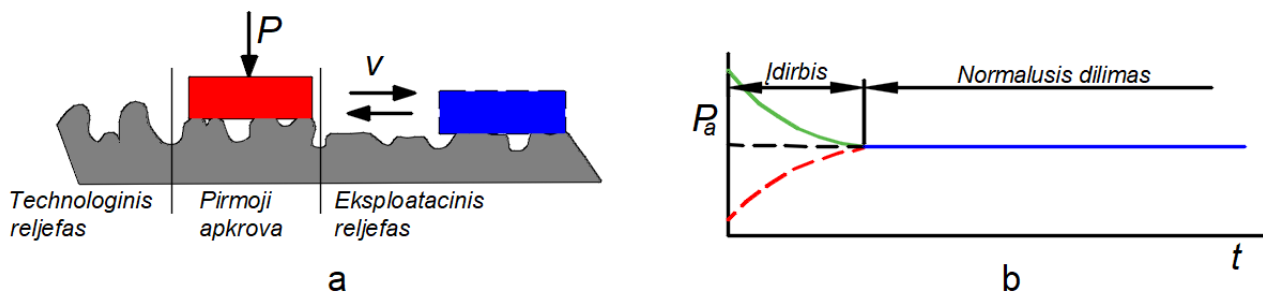
Bendruoju atveju medžiagų dilimo dėsningumas analitiškai išreiškiamas I ir γ priklausomybe nuo šių veiksnių: jėgos ir kinematinė veiksnių, bet pirmiausia nuo slėgio P į trinties paviršių ir santykinio slydimo greičio V ; parametrų, apibūdinančių trinties detalių medžiagos sudėtį, struktūrą ir mechanines ypatybes (pavyzdžiui, kietumą HB , takumo ribą σ_y , tamprumo modulį E ir kt.); paviršinio sluoksnio ypatybių – šiurkštumo, standumo, įtempių ir kt.; trinties rūšies ir tepimo; išorinių sąlygų, turinčių įtakos dilimui (aplinkos temperatūros, drėgmės ir slėgio, vibracijos ir kt.).

Nustatyti dilimo priklausomybę nuo įvairių veiksnių labai sunku. Ypač keblu nustatyti proceso fizikinės esmės priklausomybę nuo jo fizikinių ir cheminių parametrų. Todėl dažnai priklausomybės nustatomos iš empirinių duomenų, gautų bandant tam tikrą besitrinančių medžiagų derinį konkrečiomis sąlygomis, kai dilimas yra vienaarūšis. Pageidautina, kad nustatyti dėsningumai būtų bendri. Tačiau ir remiantis dalinėmis analitinėmis priklausomybėmis (dilimo sąlygų diapazono dalimi) galima išspręsti daug patikimumo skaičiavimo ir prognozavimo uždavinių.

Dilimas per tam tikrą laiką paprastai vaizduojamas kreive, susidedančia iš dviejų arba trijų atkarpų (3.7 pav.). Klasikinė dilimo kreivė susideda iš trijų atkarpų (3.7 pav., a). Kreivės I atkarpa rodo, kaip pradinis (technologinis) paviršiaus reljefas virsta eksploataciniu (3.8 pav.). Dilimo greitis šiuo laiku priklauso tik nuo medžiagos atsparumo dilimui. II kreivės atkarpa parodo normalų eksploatacinį tolygų dilimą. Kartais būdingas III laikotarpis, kai dilimo greitis didėja intensyviai.



3.7 pav. Sujungimų dilimo priklausomybės nuo laiko: a – klasikinė dilimo kreivė, b – dilimas, kai detalės paviršiuje susikaupia abrazyvinių dalelių, c – labai ilgas įdirbis; *I* – įdirbis, *II* – normalusis dilimas, *III* – katastrofiškas dilimas



3.8 pav. Paviršiaus technologinio reljefo transformavimas į eksploatacinį reljefą: a – detalės paviršiaus reljefas, b – paviršiaus šiurkštumo kitimo kreivė

Tai paprastai atsitinka tuomet, kai padidėja tarpai tarp mechanizmo detalių. Prasidėjus vibracijai, išdilimas pasidaro avarinis. Šiuo laiko tarpu paprastai pasikeičia dilimo rūšis, nes ją aktyvina veiksniai, turintys įtakos procesui ir priklausantys nuo išdilimo laipsnio.

Būna ir kitokių dilimo kreivių, kuriose *II* ir *III* laiko tarpai visiškai nesiskiria (žr. 3.7 pav., b). Kartais dilimas stabilizuojasi ir γ monotoniškai mažėja (žr. 3.7 pav., c).

Kadangi įdirbį reikia sumažinti iki minimumo, tai išdilimo dydžio ir laiko ($\gamma = \text{const}$) tiesinė priklausomybė eksploatuojant mašiną yra tipiškiausia.

$$I = \gamma \cdot t, \quad (3.3)$$

Įdirbio laikotarpiu:

$$I = I_{id} + \gamma \cdot t, \quad (3.4)$$

čia I_{id} – išdilimo dydis per įdirbį.

Metalų atsparumas dilimui labai priklauso nuo jų struktūros, cheminės sudėties ir terminio apdirbimo

būdo. Nustatyta, kad, didėjant anglies kiekiui, atsparumas dilimui didėja. Plienų legiravimas chromu, nikelium, volframu ir kitais legiruojančiais elementais didina atsparumą dilimui. Ketaus atsparumas dilimui labai priklauso nuo anglies. Jei anglis ketuje yra cementito Fe_3C pavidalo, tai toks ketus atsparesnis dilimui negu feritinis, kuriame anglis yra laisva. Lydinio atsparumas dilimui paprastai didesnis tuomet, kai jis yra smulkiagrūdės struktūros. Kai metale yra intarpų (pavyzdžiui, grafito, vario), atstojančių kietuosius tepalus, jo atsparumas dilimui taip pat padidėja.

Didelę įtaką dilimui turi medžiagų mechaninės ypatybės, paviršiaus kokybė, darbo aplinka ir kt.

Detalių išdilimas laikomas ribiniu šiais atvejais: detalės skersmuo sumažėja tiek, kad jos stiprumas pasiekia ribinę vertę; padidėję tarpeliai tarp sujungimo detalių sukelia kitų detalių perkrovas; sumažėja objekto naudingumo koeficientas; nudyta sukietintas paviršių sluoksnis; atsiranda objekto veikimo požymių, rodančių, kad detalės ar sujungimai yra išdilę (pavyzdžiui, didelės alyvos sąnaudos rodo, kad išdilusios variklio cilindro įvorės arba stūmokliniai žiedai) ir kt. [1].

3.4. Dilimo nustatymo būdai

Paprasčiausi metodai pagrįsti dylančių detalių matavimu universaliomis priemonėmis, o sudėtingiausi yra tie, kai matavimams taikomi branduoliniai fizikiniai procesai. Pasirenkant matavimo metodą, atsižvelgiama į tyrimų tikslą, reikalingą matavimo tikslumą, galimybę išmatuoti mažus dilimo dydžius, laiką, reikalingą dilimui išmatuoti, galimybę išmatuoti neišardyto eksploatuojamo objekto dilimą (kartais ir nesustabdytus mašinos), taip pat į laiko ir lėšų sąnaudas.

Metodai dilimui matuoti skirstomi į diferencialinius ir integralinius. *Diferencialiniais metodais* nustatoma, kaip pasiskirstęs dilimas erdvėje ir laike, t. y. dilimas išmatuojamas atskiruose trinties paviršiaus taškuose ir nustatoma, kaip jis ilgainiui kinta. *Integraliniais metodais* nustatomos vidutinės suminės viso trinties paviršiaus dilimo charakteristikos tam tikru momentu.

Pagal dilimo produktų kiekį tepale metodas išdilimui matuoti dažnai dar vadinamas „geležies kiekiu tepale“. Iš mašinos arba mazgo paimamas tepalo bandinys. Jame būna susikaupusių dilimo produktų (detalių metalo dalelių, metalo oksidų ir metalo cheminės sąveikos su aktyviaisiais tepalo komponentais produktų). Šiuo atveju objekto ardyti nereikia. Tiriama laboratorijoje ir eksploatacijos sąlygomis, kai reikia išmatuoti mazgų integralų dilimą. Metodo tikslumas priklauso nuo prietaisų jautrumo metalinėms tepalo priemonėms. Tiesinį išdilimą šiuo metodu nustatyti sunku. Paėmus tepalo bandinį, nustatomas vidutinis dilimo produktų kiekis tepale, todėl, prieš imant bandinį iš variklio karterio, tepalą reikia gerai išmaišyti.

Tepalo bandinyje esantis geležies ir kitų sudėtinių dalių kiekis analizuojamas įvairiais metodais.

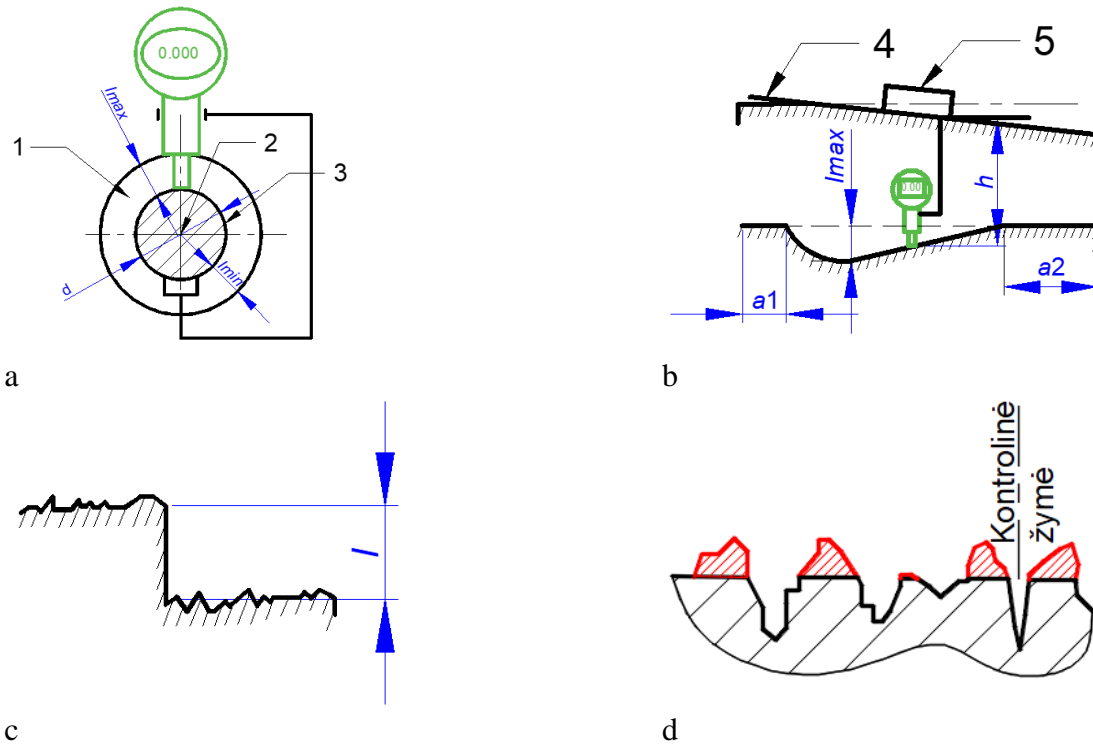
Cheminiu metodu nustatomas geležies ir kitų dilimo produktų kiekis sudeginto bandinio pelenuose. Patį bandinį analizuoti sudėtinga, be to, reikia daug laiko.

Spektriniu metodu nustatomos metalinės priemonės tepale pagal deginamojo bandinio liepsnos spektrinę sudėtį. Šis metodas sudėtingas, ilgai trunkantis ir brangus. Šiuos tyrimus gali atlikti tik labai kvalifikuoti specialistai.

Radiometrinio metodu matuojamas dilimo produktų radioaktyvumas. Prieš pradėdant bandymą, tiriama detalė aktyvinama, t. y. švitinama neutronais padengus ją radioaktyviu sluoksniu arba įdėjus į trinties paviršius radioaktyvių intarpų. Radioaktyviosios medžiagos kartu su kitais dilimo produktais kaupiasi filtruose, todėl iš to, kaip didėja šių radioaktyvumas, sprendžiama apie dilimo intensyvumą.

Aktyvinimo metodas panašus į spektrinį ir radiometrinį metodus. Tepalo bandinys apšvitinamas neutronais. Tuomet jame esantys metaliniai dilimo produktai pasidaro aktyvūs. Išmatavus šių spindulių intensyvumą, nustatoma, kiek dilimo produktų yra tepale, t. y. sužinoma, kaip dyla tiriamasis mazgas.

Mikrometravimo metodas pagrįstas tuo, kad mikrometru, indikatoriumi arba kitais prietaisais, kurių tikslumas nuo 1 iki 10 μm , išmatuojama neišdilusi ir jau išdilusi detalė. Šio metodo trūkumas tas, kad negalima išmatuoti, kaip dyla dirbantis objektas, būtinai reikia išardyti dalį mazgo arba matuojamąją detalę. Be to, įrenginiai labai griaudžiai, nors jie ir skirti dilimui pačiame automobilyje matuoti. Svarbiausia tai, kad nėra matavimo bazės, todėl negalima nustatyti, kokio didumo yra išdilimas, o kartais neaiški ir nudilusio paviršiaus forma. Sakysime, reikia išmatuoti, kiek išdilęs veleno kakliukas (3.9 pav., a).



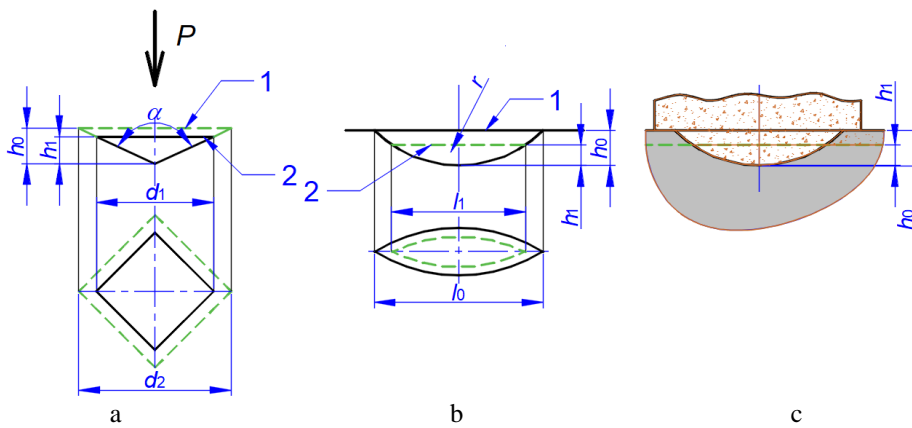
3.9 pav. Dilimo matavimas mikrometravimo metodu: a – veleno kakliukas, b – slydimo kreipiamoji, c – profilografavimo metodas, kai yra nenudilusių paviršiaus vietų, d – profilogramų sutapdinimo metodas; 1 – nenudilęs paviršius, 2 – veleno centras, 3 – nudilęs paviršius, 4 – liniuotė, 5 – tiltelis su indikatoriniu prietaisu

Jeigu yra matavimo bazė (nenudilusi juosta 1 arba veleno centras 2), tai išdilimą galima išmatuoti visuose paviršiaus taškuose 3 arba rasti jų ekstremumus l_{max} ir l_{min} . Jeigu tokios bazės nėra, tai galima išmatuoti tik nudilusio paviršiaus įvairių pjūvių skersmenis ir iš kakliuko skaitinės reikšmės apskaičiuoti vidinę išdilimo reikšmę arba nustatyti, kiek pasikeitusi paviršiaus forma. Maksimalaus išdilimo dydžio šiuo atveju neįmanoma nustatyti.

Lygiai taip pat matuojamas plokštumų išdilimas (3.9 pav., b). Jeigu dar neišdilusio paviršiaus dydžio reikšmės yra a_1 ir a_2 , tai jas galima panaudoti kaip matavimo bazę ir nustatyti dilimo didumą kiekviename paviršiaus taške, t. y. sudaryti išdilimo epiūrą. Jeigu nudilęs visas paviršius, tai nežinoma, koks jis buvo iš pradžių. Specialiomis matavimo bazėmis, pavyzdžiui, tikslia liniuote 4, išdilimo didumą galima nustatyti tik apytiksliai.

Matuojant išdilimo didumą, sudaromos pradinio ir nudilusio paviršių profilogramos. Yra du matavimo variantai: kai nenudilęs tik nedidelis plotelis (3.9 pav., c) ir kai nudilusios tik iškyšos. Pastaruoju atveju išdilimas nustatomas profilogramų užklojimo metodu. Sudaromos to paties paviršiaus – nenudilusio ir nudilusio – profilogramos (3.9 pav., d). Joms sutapdinti tikrinamajame paviršiuje įbrėžiama kontrolinė žymė. Šitaip galima ne tik išmatuoti vidutinį dilimo didumą, bet ir nustatyti, kaip didėja atraminis paviršius [1, 35].

Matuojant *dirbtinių bazių metodu*, paviršiuje padaroma tikslios formos (kūgio, piramidės ar kitokios) įduba ir iš to, kiek sumažėja įdubos matmenys, sprendžiama apie dilimo intensyvumą. Šitaip matuojamas vietinis tiesinis paviršių dilimas, todėl galima nustatyti nudilusio paviršiaus formą. Yra įvairių šio metodo variantų [34].



3.10 pav. Dilimo matavimas dirbtinių bazių metodu: a – įspaudų metodas, b – įbrėžų metodas, c – atspaudų metodas; 1 – trinties paviršius iki išdilimo, 2 – trinties paviršius po išdilimo

Vienas iš jų – *įdubų metodas* (3.10 pav., a). Matuojant šiuo metodu, įduba padaroma keturbriaune deimantine piramide, kurios pagrindas yra kvadratinis. Viršūnės kampas α tarp priešingų briaunų sudaro 136° . Tokia piramidė naudojama kietumo matavimo pagal Vikersą prietaisuose. Ji įspaudžiama į tiriamąjį paviršių ir išmatuojama įdubos įstrižainė. Paviršiui nudilus, įdubos matmenys sumažėja (d_1). Žinant skirtumą $d_0 - d_1$ nustatoma, kiek nudilęs paviršius $l = h_0 - h_1$. Įstrižainės ilgis matuojamas mikroskopiniu matavimo įtaisu.

Dažnai taikomas antrasis – *įbrėžimų* – metodas. Sukant rėžtuvą, tiriamajame paviršiuje padaroma įbrėža (3.10 pav., b). Pagal tai, kiek sumažėjo jos matmenys, apskaičiuojamas tiesinio išdilimo didumas.

Žinant įbrėžos ilgį l , jos gylis h apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$h = \frac{l^2}{8} \left(\frac{1}{r} \pm \frac{1}{R} \right); \quad (3.5)$$

čia r – rėžtuvo viršūnės skriejimo spindulys; R – cilindro paviršiaus su įbrėža spindulys (įgaubtas paviršius "-", išgaubtas - "+", plokštuma $R = \infty$).

Kai sunku išmatuoti išdilimo didumą tiesiog trinties paviršiuje, tuomet taikomas *negatyviųjų atspaudų metodas* (3.10 pav., c). Toje paviršiaus vietoje, kur padaryta įduba arba įbrėža, iš kietėjančių medžiagų arba plastinių metalų ar plastikų padaromas atspaudas. Iš ant atspaudo atsiradusios iškyšos aukščio galima spręsti, kiek nudilęs paviršius.

Paviršiaus aktyvinimo metodu išmatuojama, kiek sumažėjo dylančiosios detalės radioaktyvumas. Tam tikrame tiriamosios detalės plotelyje sudaromas 0,05–0,4 mm gylio radioaktyvusis tūris, t. y. tas plotelis apšvitinamas neutronais, protonais, gama dalelėmis. Kiek nudilusi detalė, nustatoma iš taravimo grafiko: palyginama, kiek sumažėjo detalės ir bandinio, aktyvintų vienodomis sąlygomis, radioaktyvumas.

Didelių matmenų detalių dilimui matuoti naudojami specialūs įdėklai. Jų paviršiai aktyvinami ir įmontuojami dylančiame paviršiuje. Įdėklo medžiaga gali būti kitokia negu detalės. Naudojami įdėklai iš specialių lydinių (pavyzdžiui, kobalto ir vario), kurie esti radioaktyvūs ilgą laiką, todėl pakankamai tiksliai dilimą galima matuoti 2–2,5 metų.

Radioaktyvumas matuojamas aparatūra, kuri registruoja arba spinduliavimo šaltinio suminių impulsų skaičių, arba tam tikros amplitudės impulsų skaičių per laiko vienetą (Geigerio ir Miulerio skaitikliai).

Išnagrinėjus visus metodus dilimui matuoti, matyti, kad nė vienas iš jų nėra universalus, todėl neįmanoma pakankamai tiksliai nustatyti visų sujungiamųjų detalių trinties paviršiaus nudilimo, nesvarbu, kokia būtų mechanizmo konstrukcija, geometrinė forma, matmenys ir detalių judėjimo kinematika. Kaskart reikia parinkti (o kartais ir sukurti) tinkamiausią metodą, matavimo aparatūrą ir įrengimus.

3.5. Išoriniai veiksniai, sukeliančys gedimus

Priklausomai nuo eksploatacijos sąlygų keičiasi sistemos patikimumo ir negendamumo rodikliai. Objektų gedimai pagal savo prigimtį yra fizikinių-cheminių procesų padariniai, kurie tiesiogiai arba netiesiogiai turi įtakos elementų darbingumui ir gedimų atsiradimui. Jie nusakomi keliais būdais: medžiagos tipu; vieta, kurioje vyksta procesas; energijos rūšimi, turinčia įtakos proceso pobūdžiui; eksploataciniu poveikiu; proceso vidiniu mechanizmu.

Žiūrint ergoentropinės koncepcijos pavojaus aspektu verta išskirti tris poveikio šaltinius:

- energijos, kuri veikia toje aplinkoje, įskaitant žmogų, eksploatuojantį automobilį ar techninį personalą (prižiūrintį automobilį), poveikį;

- vidinius energijos šaltinius, susijusius tiek su darbiniais procesais, vykstančiais automobilio sistemų viduje, tiek ir su atskirų sistemos dalių darbu;

- potencinę energiją, kuri yra susikaupusi medžiagose ir sistemų elementuose jų gamybos proceso metu (vidiniai įtempiai liejinyje, montavimo įtempiai).

Įvairios rūšies energija, sukianti procesus, veikiančius sistemų elementuose, susijusi su sudėtingais fizikiniais-cheminiais reiškiniais, kurie sukelia deformacijas, susidėvėjimą, lūžius, koroziją, ir kt. rūšies gedimus. Atsiradę gedimai, savo ruožtu, sukelia išeinamųjų sistemos parametrų pakitimus.

Procesai, sukiantys pradinių savybių pakitimus, vyksta medžiagose, iš kurių gaminami elementai, taip pat tepimui skirtose medžiagose. Tie patys veiksniai dalyvauja ir gamybos procesuose.

Mechaninės medžiagų savybės (stiprumas, santykinis pailgėjimas ir t. t.); elektrinės medžiagų savybės (elektros laidumas, stipris, elektros nuostolių koeficientas, dielektrinė skvarba, liekamoji magnetinė indukcija ir t. t.) ir magnetinės medžiagų savybės (magnetinė skvarba, liekamoji magnetinė indukcija ir t. t.) priklauso nuo temperatūros, mechaninių įtempių, drėgmės, magnetinio lauko įtempių, dujinės terpės, išskirstytos galios, darbo laiko ir kitų veikiančių faktorių.

Kai kuriems elementams veikiančių išorinių faktorių energijos kaupimas būna monotoniškas. Pasinaudojant ryšiu, veikiančiu tarp apkrovos ir energijos tankio, žinant poveikio laiką galima apskaičiuoti veikimo be gedimų laiką veikiant tam faktoriui, taip pat nustatyti elementų gedimų intensyvumo reikšmę. Gauta tikimybė gali padėti sužinoti įvairių elementų veikiančių faktorių veikimo ribas.

Detalių defektai, nesusiję su trintimi. Be nudilimo, galimi ir kiti automobilių detalių defektai – plastinis deformavimasis, trapusis ir klampusis irimas, irimas dėl nuovargio, korozija, mechanizmų ir medžiagų senėjimas.

Plastiškai deformuojamos detalės išlinksta, susisuka. Dažniausiai plastiškai deformuojami atskiri paviršiai, kai įtempiai medžiagoje peržengia takumo ribą.

Korpusinės detalės (cilindrų blokai, galvutės, pavarų dėžės, užpakalinių tiltų korpusai ir kt.), veikiamos įvairių rūšių energijos, senėja, t. y. persiskirsto jų vidiniai įtempiai, ir dėl to išlinksta (persimeta).

Trapusis irimas vyksta be didesnės plastinės deformacijos. Jis būdingas labai stipriems plienams, dirbantiems labai žemose temperatūrose, suvirintiems ir lietiems gaminiams.

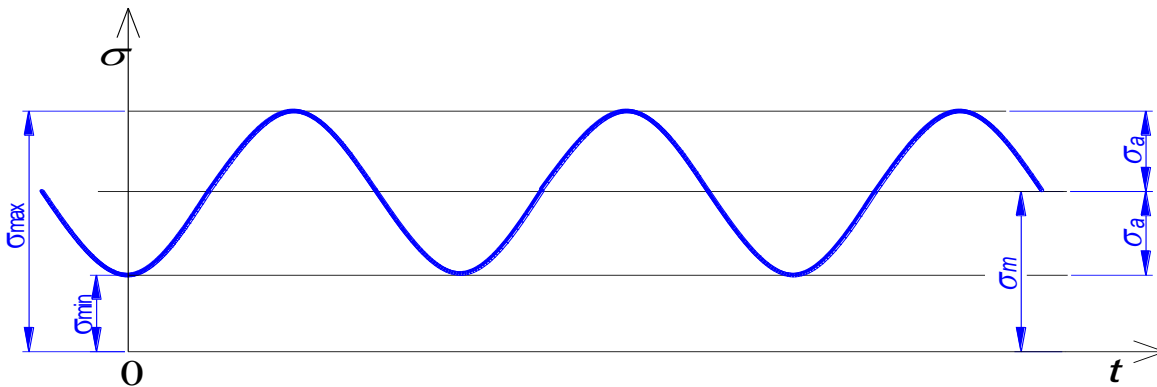
Klampusis irimas vyksta, kai pasireiškia labai didelė išankstinė plastinė deformacija.

Dauguma medžiagos senėjimo ir irimo procesų labiausiai priklauso nuo detalės paviršinio sluoksnio būklės. Paviršinis sluoksnis apibūdinamas jo geometrijos (kartu ir mikrogeometrijos), įtempių, struktūros (pakitimų dėl plastinio deformavimo, temperatūros ir kitų poveikių) ir plonų adsorbuotų tepalo sluoksnių struktūros parametrais.

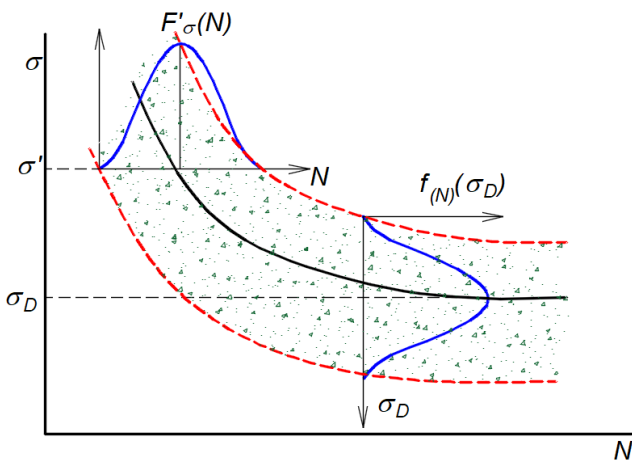
Pavyzdžiui, kuo daugiau angliniuose plienuose anglies, tuo jų stiprumas grūdinant didesnis. Mažaanglių plienų ($C < 0,25\%$) stiprumas priklauso ne nuo perlito kiekio, bet nuo ferito grūdelių matmenų.

Veikiamos kintamų apkrovų, detalės (kėbulo dalys, alkūniniai velenai, spyruoklės ir kt.) gali suirti dėl nuovargio: iš pradžių plastiškai deformuojasi atskiri kristalai, todėl persiskirsto įtempiai. Jei kintami įtempiai didesni už tam tikrą dydį, susidarę mikroįtrūkiai virsta makroįtrūkiais. Kai įtrūkimas pasidaro kritinis, detalė suyra [1].

Pagrindinė ciklinio patvarumo charakteristika – nuovargio kreivė, rodanti ryšį tarp įtempių σ (3.11 pav.) ir ciklų skaičiaus N iki detalės suirimo. Atlikus keletą bandymų, galima nustatyti ciklų skaičiaus N , esant tam tikriems įtempimams σ' , arba detalės patvarumo ribos σ_D pasiskirstymo dėsnius $f_{\sigma'}(N)$ ir $f_N(\sigma_D)$ (3.12 pav.). Be to, galima sudaryti nuovargio kreives, atitinkančias tam tikrą nesuirimo tikimybę P . Nuovargio kreivė atitinka tam tikrus įtempių kitimo parametrus – maksimalius įtempimus σ_{\max} , minimalius įtempimus σ_{\min} , įtempių kitimo amplitudę $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2$; vidutinius įtempimus $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ ir asimetrijos koeficientą $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$.



3.11 pav. Įtempių kitimo kreivė esant reguliariam daliniam apkrovimui



3.12 pav. Nuovargio kreivės

Patvarumo riba σ_D – tai tokie įtempiai, kuriems atsiradus, detalė nesuyra po neribotai didelio ciklų skaičiaus. Patvarumo riba gali būti reiškiamas maksimaliais įtempiais ir įtempių amplitudė.

3.5.1. Išorinio poveikio faktorių klasifikacija

Priklausomai nuo išorinio poveikio faktorių (IPF) pobūdžio, jie skirstomi į septynias klases: mechaniniai, kinematiniai, biologiniai, radiaciniai, magnetinių laukų, specialios kilmės, terminiai. Kiekviena klasė, atsižvelgiant į fizikinius, cheminius, biologinius IPF pasireiškiančius reiškinis, skiriama į grupes, o grupės – į rūšis.

Objektams, kurie išdėstyti ant žemės paviršiaus, išorinio poveikio faktorius yra klimatinis.

Klimatinių faktorių klasė skirstoma į grupes ir rūšis, kaip parodyta 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Klimatinių faktorių klasės

Klimatinis rajonas	Vidutinė mėnesinė oro temperatūra, °C		I*	II*
	Sausis	Liepa		
Labai šaltas	-50...-30	+2...+18	–	10...100
Šaltas	-30...-15	+2...+25	–	1...10
Arktinis polinis	-33...-28	-1...0	>90	0...2
Arktinis rytų	-28...-18	0...+8	>80	0...0,1
Arktinis vakarų	-30...-2	-1...+12	>80	0...3
Vidutiniškai šaltas	-30...-15	+6...+25	–	0...0,1
Vidutiniškas	-15...-8	+8...+25	<80	–
Vidutiniškai drėgnas	-15...-10	+10...+20	≥80	–
Vidutiniškai šiltas	-8...-4	+16...+25	<70	–
Vidutiniškai šiltas drėgnas	-8...-4	+16...+25	≥70	–
Vidutiniškai šiltas švelni žiema	-4...0	+16...+25	<70	–
Šiltas drėgnas	0...+4	+20...+25	>70	–
Karštas sausas	-15...+4	+25...+30	<40	–
Labai karštas sausas	-4...+4	≥+30	<20	–

Konkrečioms automobilių grupėms įtakos turinčių klimatinių faktorių reikšmės nustatomos priklausomai nuo makroklimatinių rajonų, kuriuose jie bus eksploatuojami.

Klimato formavimas nusakomas saulės radiacijos poveikiu, atmosferinio oro cirkuliacija, drėgmės cirkuliacija, žmogaus poveikiu, fizinėmis ir geografinėmis savybėmis, geografinė teritorijos padėtimi. Pagrindinės klimatinių rajonų charakteristikos pateiktos 3.2 lentelėje.

Klimatinių faktorių poveikis sukelia tam tikros rūšies gedimus, intensyvina gedimų srautus, atsirandančius dėl atsitiktinių perkrovų, netobulų automobilio konstrukcijų ir kt.

Automobilius veikia klimatiniai faktoriai ir atmosferiniai reiškiniai, kurie sukelia konstrukcinių ir eksploatacinių medžiagų fizikinių ir mechaninių savybių pakitimus.

Dėl suprastėjusių medžiagų eksploatacinių savybių ir suprastėjusių mechanizmų darbo sąlygų praleidžiant ir apkraunant mechanizmus atsiranda gedimų. Dažnėja netikėti ir pasikartojantys gedimai.

Kadangi dėl klimatinių IPF mažėja sistemos elementų patikimumas (pirmiausia keičiasi konstrukcinių ir eksploatacinių medžiagų savybės), būtina iširti klimatinių faktorių poveikį šioms medžiagoms.

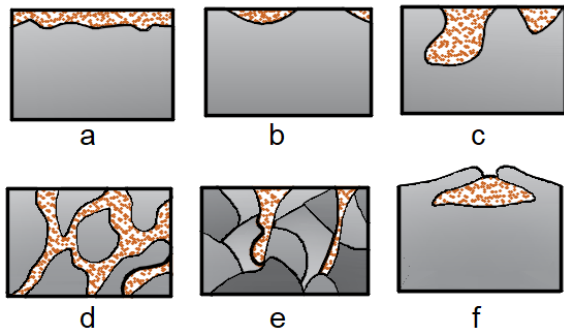
3.5.2. Metalų korozija

Metalų korozija – tai metalo (metalinės konstrukcijos) ir supančios aplinkos (terpės) fizikinė ir cheminė sąveika, dėl kurios keičiasi metalo savybės ir kuri gali pabloginti metalo funkcijas, sukelti metalo irimo procesą. Pagal korozijos proceso pobūdį metalų korozija skirstoma į cheminę ir elektrocheminę. Cheminė korozija – tai heterogeninis procesas, kurio metu vyksta cheminė reakcija metalų paviršiuje. Korozijos produktai lieka korozijos vietoje. Cheminė korozija vyksta metalams esant dujose ir neelektrolituose. Elektrocheminė korozija – tai elektrocheminis procesas, kurio metu susidaro makro- ir mikrogalvaniniai elementai. Metalo paviršiuje susiformuoja anodiniai ir katodiniai ploteliai, atsiranda elektros srovė, o korozijos produktai gali susiformuoti toli nuo korozijos vietos [4].

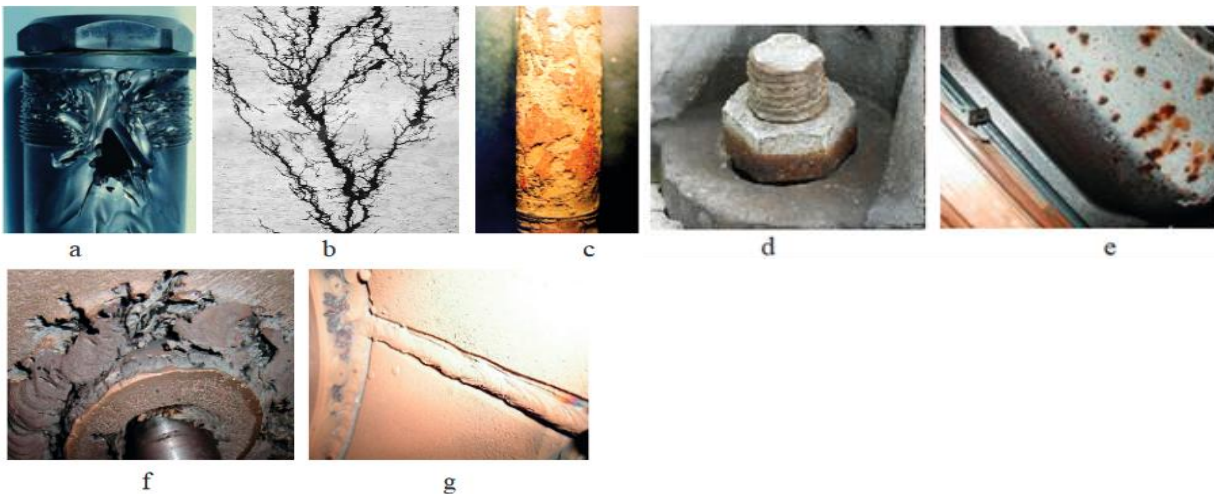
Metalų korozijos priežastis – jų termodinaminis nestabilumas. Visos medžiagos linkusios grįžti į savo pradinę būseną, nes tai energetiniu požiūriu pati stabiliausia, nors ir netobulauusia, forma. Korozijos procesas priešingas metalurginiam, jam vykti nereikia jokių energijos sąnaudų.

Korozija pagal geometrinį pažeidimo pobūdį skirstoma į *ištisinę, taškinę, giluminę, tarpkristalinę* ir kt. (3.13 pav.); pagal metalo sąveiką su aplinka – į *cheminę* (aplinka – dujos, nafta – nelaidi elektros srovei) ir *elektrocheminę* (3.14 pav.); pagal papildomo poveikio pobūdį – į *koroziją esant trinčiams, kontaktinę, fretinginę, radiocheminę koroziją* (veikiant radioaktyviajam spinduliavimui), *biokoroziją* (veikiant mikroorganizmų išskirtiems produktams) ir kt.

Pavojingiausios korozijos rūšys – korozinis suskilinėjimas, tarpkristalinė ir pitinginė, arba dėmių, korozija. Tokia korozija dažniausiai pažeidžia cilindrų galvutes, automobilių kėbulus, cilindrų įvores ir kitas detales.



3.13 pav. Pagrindiniai plieno korozijos tipai: a – ištisinė, b – taškinė, c – židininė, d – tarpkristalinė, e – korozinis suskilinėjimas, f – giluminė



3.14 pav. Elektrocheminės korozijos rūšys: a – erozinė korozija; b – įtempties korozija; c – požeminė korozija (automobiliuose nepasitaiko); d – atmosferinė korozija; e – pitinginė korozija; f – siūlės korozija; g – įpjovinė korozija [4]

Korozinis pažeidimas – tai korozijos poveikis, bloginantis metalo, aplinkos ar techninės sistemos, kurios dalis jie yra, funkcines charakteristikas. Korozijos procesas gali būti įvertintas kokybiškai, kai vizualiai įvertinamas korozijos židinių atsiradimas, jų paplitimas, spalva. Gali būti įvertintas laikas iki pirmo korozijos židinio atsiradimo, korozijos židinių ar taškų skaičius ploto vienetu. Vizualiniams metodams priskiriamas klasikinis cheminis metodas, kai specialiu reagentu išryškinama koroduojanti anodo zona ir katodiniai plotai. Šis būdas taikytinas ir tinkamo metalo vamzdžių suvirinimo siūlėms parinkti ir kontroliuoti. Korozijos procesas kiekybiškai įvertinamas dviem pagrindiniais rodikliais – korozijos nuostoliais ir korozijos greičiu. Korozijos poveikis metalui per laiko vienetą vadinamas korozijos greičiu. Korozijos greičiui išreikšti vartojamas vienetas

priklauso nuo techninės sistemos ir nuo korozijos poveikio tipo. Vadinasi, korozijos greitis gali būti išreiškiamas korozijos gylio padidėjimu per laiko vienetą arba metalo mase, pereinančia į korozijos produktus nuo paviršiaus ploto vieneto per laiko vienetą ir t. t. Ilgainiui korozijos poveikis gali kisti ir gali būti nevienodas visuose koroduojančio metalo taškuose.

Korozijos gylis – atstumas tarp korozijos paveikto metalo paviršiaus taško ir metalo pradinio paviršiaus.

Į tarptautinius standartus įtrauktą apsaugos nuo korozijos metodų naudojimas leidžia korozijos nuostolius sumažinti 10–15 proc., dar 10 proc. nuostolių galima sumažinti eksploataavimo metu pasitelkus kvalifikuotą korozijos ekspertų patirtį [4].

Efektyviausios kovos su korozija priemonės yra šios: 1) metalų legiravimas (chromas, nikelis, molibdenas, volframas, vanadis, manganas, titanas didina plieno atsparumą korozijai); terminis apdirbimas; terminis detalių padengimas įvairiomis dangomis su inhibitorių priemaiša; elektrocheminė apsauga; 2) metalų kaitinimas, naudojant inertines arba apsaugines dujas; metalinių gaminių konservavimas specialiais adsorbentais; oro sausinimas; 3) medžiagų ir tarpiklių parinkimas siekiant išvengti kontaktinės korozijos, neleidžiant susikaupti drėgmei, numatant galimybę sudaryti įvairias dangas ir atnaujinti objektą jį eksploatuojant ir remontuojant.

3.5.3. Temperatūros poveikis

Žemų ir aukštų temperatūrų poveikis medžiagų savybėms daugeliu atvejų yra priešingo pobūdžio. Be to, didelis temperatūrų pokytis (per parą ar kelias valandas) padidina neigiamo poveikio pasekmes mechanizmams.

Šiluminių poveikių atsiranda tiek automobilio (sistemos) išorėje – saulės radiacija, šiluma nuo arti išdėstytų šaltinių, tiek ir jo viduje – elektroninių schemų išskirta šiluma, šiluma, išsiskirianti besitrinant mechaniniams mazgams, vykstant cheminėms reakcijoms ir pan. Ypatingai žalingas mazgų įšilimas esant padidėjusiam aplinkos drėgnumui, taip pat cikliškai besikeičiant šioms faktoriams.

Egzistuoja trys šiluminių veiksnių rūšys:

Nepertraukiami. Nagrinėjami analizuojant sistemų, kurios dirba stacionariomis sąlygomis, patikimumą.

Periodiniai. Nagrinėjami analizuojant sistemų patikimumą, kai aparatai ir gaminiai paleidžiami ir apkraunami dažnai ir trumpam laikui, esant staigiems eksploatacinių sąlygų svyravimams, taip pat kai keičiasi paros lauko temperatūra.

Neperiodiniai. Nagrinėjami, kai gaminiai dirba šiluminio smūgio sąlygomis. Šiluminis smūgis gali sukelti staigius gedimus.

Detalių deformacijos, kurias sukelia periodinis temperatūros poveikis, kartais dar ir staigūs spaudimo pokyčiai, sukelia pažeidimus.

Greitas temperatūros pokytis (šiluminis smūgis) priskiriamas prie neperiodinių šiluminių poveikių, sukelia greitus medžiagų matmenų pokyčius. Toks reiškinys pasireiškia tuomet, kai yra netinkamai įvertintas medžiagų linijinio pailgėjimo koeficientas. Dažnai, esant padidėjusiai temperatūrai, medžiagos suminkštėja ir pailgėja. Esant neigiamoms temperatūroms, vyksta susitraukimas ir skilimas tose vietose, kur yra kontaktas su metalais. Žemos temperatūros tiesiogiai pablogina konstrukcinių medžiagų pagrindines fizikines ir mechanines savybes, padidina metalų trapumą. Žemos temperatūros atitinkamai veikia ir polimerines medžiagas, aukštos temperatūros mažina jų tamprumą, stiprumą ir sutrumpina tarnavimo laiką.

Atliekant detalių, sudarančių sistemas, patikimumo skaičiavimus reikalinga turėti duomenis apie aplinkos oro temperatūros pokyčius bėgant laikui.

Temperatūros pokyčio bėgant laikui pobūdis apskaičiuojamas atsitiktiniu procesu:

$$T(t) = \bar{T}(t) + \psi(t), \quad (3.6)$$

čia: \bar{T} – vidutinė temperatūra per laiką t , °C; t – laikas nuo sausio 1 d. 0 val. iki gruodžio 31 d.

24 val.; ψ – atsitiktinė temperatūros dedamoji per laiką t , °C.

Dydis \bar{T} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\bar{T}(t) = A_0 + \sum_{i=1}^n A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t, \quad (3.7)$$

čia: A_0 – koeficientas, lygus metinės temperatūros matematinės tikimybės skaitinei vertei, °C; A_i , B_i – matematinės tikimybės kitimo amplitudė, esant ω_i dažniui.

Staigiai pasikeitus oro temperatūrai vyksta netolygus medžiagos atšalimas arba įšilimas, dėl to medžiagoje atsiranda papildomų įtempių. Dažniausiai tokių įtempių atsiranda detalę staigiai atšaldant. Santykinis medžiagos atskirų sluoksnių pailgėjimas ir sutrumpėjimas apskaičiuojamas pagal priklausomybę:

$$\varepsilon_t = \alpha_t(t_2 - t_1), \quad (3.8)$$

čia: α_t – santykinio pailgėjimo koeficientas; t_1 – pirmo sluoksnio temperatūra; t_2 – antro sluoksnio temperatūra; $t_2 = t_1 + (\partial t / \partial l)\Delta l$; Δl – atstumas tarp sluoksnių.

Papildomi temperatūriniai įtempiai medžiagoje:

$$\sigma_t = \varepsilon_t E, \quad (3.9)$$

čia: E – medžiagos tamprumo modulis.

Medžiagos elektros laidumo priklausomybė nuo jos temperatūros apskaičiuojama:

$$\sigma_E = \sigma_{E0} e^{\alpha t} \approx \sigma_{E0} [1 - \alpha t], \quad (3.10)$$

čia: σ_{E0} – elektros laidumas, kai $t = 0$ °C, α – temperatūrinis koeficientas.

Apkrauto kieto kūno mechaninio suirimo proceso greitis ir laikas iki suirimo priklauso nuo kūno struktūros, jo savybių, įtempių, kuriuos sukelia apkrovos ir temperatūra.

Yra daug empirinių formulių, skirtų apskaičiuoti laiko iki suirimo τ (arba suirimo greičio v_2) priklausomybėms nuo šių faktorių. Plačiausiai pripažinta formulė pagrįsta eksperimentais. Ji tinkama daugeliui medžiagų (grynųjų metalų, liejinių, polimerų, organinio ir neorganinio stiklo). Aprašyta tokia stiprumo priklausomybė nuo pastovios mechaninės apkrovos pridėjimo momento iki bandinio suirimo tarp įtempių σ , temperatūros T ir laiko τ :

$$\tau = \tau_0 e^{\left(\frac{U_0 - \gamma \sigma}{RT}\right)}, \quad (3.11)$$

čia: τ_0 , U_0 , γ – lygties parametrai, apibūdinantys medžiagos stiprumą.

Anksčiau buvo minėta, kad žemos temperatūros keičia fizikines ir mechanines, konstrukcines ir eksploatacines medžiagų savybes. Žemos temperatūros poveikio padariniai gali būti tokie:

- padidėja dyzelinio kuro klampumas;
- suprastėja alyvų ir tepalų tepimo savybės;
- sustingsta mechaniniai skysčiai, alyvos ir tepalai;

- sumažėja neatsparių šalčiui metalų smūginis klampumas;
- sukietėja ir suskilinėja guma;
- sumažėja elektros laidininkų varža;
- detalės apledėja ir pasidengia šerkšnu.

Minėtų faktorių pasekmės gali būti tokios:

- pablogėja besitrinančių mazgų darbo sąlygos;
- sumažėja elementų darbo pajėgumas;
- suprastėja eksploatacinės medžiagų savybės;
- atsiranda papildomų apkrovų poveikis;
- elektroniniuose automobilio mazguose atsiranda izoliacinių medžiagų pažeidimų.

Visi šie parametrai trumpina automobilio elementų tarnavimo laiką ir didina gedimų tikimybę.

3.5.4. Saulės radiacijos poveikis

Po atviru dangumi gaminių paviršius yra nuolat veikiamas tiesioginių saulės spindulių. Medžiagose, kurios naudojamos automobilių konstrukcinėse sistemose, veikiant saulės radiacijai vyksta sudėtingi procesai, sukeliantys tų medžiagų senėjimą. Be to, saulės radiacija yra esminis faktorius, formuojantis atmosferos ir žemės paviršiaus šiluminį režimą. Todėl aukštų ir žemų oro temperatūrų poveikis medžiagoms galutinai nustatomas atsižvelgiant į saulės radiacijos poveikį šiluminiam oro režimui.

Saulės radiacija apibūdinama astronominiais faktoriais: dienos ilgumu, saulės aukščiu. Saulės radiacija, pasiekianti žemės paviršių, yra vienas iš pagrindinių faktorių. Ji daugiausia priklauso nuo atmosferos cirkuliacijos ir paviršiaus ypatumų.

Saulės radiacijos poveikis techniniams gaminiams apibūdinamas elektromagnetinių bangų, pasiekiančių jų paviršių, diapazonu.

Išspinduliuojamos saulės energijos spektras susideda iš kelių dalių. Ultravioletinių spindulių spektro bangoms ($\lambda < 3900 \cdot 10^{-10}$ m) tenka apie 9 proc. saulės išspinduliuojamos energijos, matomos dalies spektro bangoms ($\lambda = 3900 \cdot 10^{-10} - 7600 \cdot 10^{-10}$ m) – apie 41 proc. ir infraraudonųjų spindulių spektro bangoms ($\lambda = 7600 \cdot 10^{-10} - 1000000 \cdot 10^{-10}$ m) – apie 50 proc.

Atmosfera, kuri supa žemės paviršių, sugeria apie 19 proc. saulės energijos (vandens garais, ozonu, anglies dioksidu, dulkėmis ir kt.). Apie 35 proc. energijos sugeriama kosminėje erdvėje. Žemės paviršių pasiekia tik 45 proc. saulės energijos. Debesuotą dieną žemės paviršių pasiekia 75 proc. mažiau saulės energijos nei saulėtą dieną.

Suminės radiacijos paviršinio šiluminio srauto tankis priklauso nuo debesuotumo. Priklausomai nuo saulės aukščio ($6-44,9^\circ$), vasaros mėnesiais suminės radiacijos srautas keičiasi esant giedram orui nuo $11,2 \cdot 10^{-3}$ iki $78,4 \cdot 10^{-3}$ W/cm², esant nedideliame debesuotumui nuo $9,8 \cdot 10^{-3}$ iki $80,5 \cdot 10^{-3}$ W/cm², esant dideliame debesuotumui nuo $4,2 \cdot 10^{-3}$ iki $25,9 \cdot 10^{-3}$ W/cm².

Suminės radiacijos srautas taip pat priklauso nuo pačių debesų tipo. Jei saulė šviečia per plunksninius debesis, tai suminės radiacijos srautas gali keistis nuo $4,9 \cdot 10^{-3}$ iki $64,4 \cdot 10^{-3}$ W/cm², jei debesis sluoksniniai – nuo $3,5 \cdot 10^{-3}$ iki $38,5 \cdot 10^{-3}$ W/cm². Debesų aukštis taip pat turi įtakos suminės radiacijos dydžiui: jei debesis aukšti, srautas keičiasi nuo $5,6 \cdot 10^{-3}$ iki $49,7 \cdot 10^{-3}$ W/cm², jei žemi – $6,3 \cdot 10^{-3}$ iki $27,3 \cdot 10^{-3}$ W/cm².

Saulės radiacijos šiluminio srauto integralinis tankis priklauso nuo aukščio. Iki 15 km šiluminio srauto integralinis tankis sudaro 1125 W/m², iš jų srauto tankis ultravioletinių spindulių spektro dalyje ($\lambda = 280-400$ μm) – 42 W/m², daugiau nei 15 km – 11380 W/m², srauto tankis ultravioletinių spindulių spektro dalyje – 10 W/m² [36].

Suminės radiacijos šiluminio srauto tankio kitimas įvertinamas maksimalia ir minimalia jo reikšme, išreikšta procentais. Mažiausi saulės kitimai stebimi dykumų rajonuose, kuriems būdinga giedra.

Vandens garai ir dulkės ore gerokai sumažina saulės radiacijos šiluminio srauto tankį.

Didžiausią įtaką gaminiams ir medžiagoms turi saulės spinduliai, krentantys statmenai paviršiui.

Pažeidimus, atsiradusius dėl saulės spindulių poveikio, galima suskirstyti į dvi grupes: fotocheminiai ir fotorūgštiniai procesai.

Metalinių paviršių pažeidimams didelę įtaką turi fotorūgštiniai procesai. Vienu metu veikiantys deguonis ir drėgmė padeda susidaryti rūgštinių procesų energijai. Esant ultravioletiniam spinduliavimui metalų paviršiai tampa aktyvūs, dėl to padidėja korozijos pavojus. Molekulinei struktūrai suskaidyti reikalingas tam tikras spinduliavimo dažnis.

Organines medžiagas veikiant saulės spinduliais medžiagose vyksta sudėtingi fotoirimo procesai. Jų metu yra cheminiai junginiai, todėl keičiasi medžiagų savybės.

Saulės radiacijos poveikio (ypač jos ultravioletinių spindulių dalies) visiškai pakanka suardyti daugeliui (net labai stiprių) polimerų ryšių tarp molekulių, taip sukelti senėjimą ir tam tikrus gedimus. Polimerinių medžiagų senėjimo procesą spartina šiluma, drėgmė, oro deguonis, aukštas energijos išspinduliavimas ir kt. Veikiant saulės radiacijai senėjimo procesas priklauso nuo radiacijos intensyvumo, jos dalies ultravioletinių spindulių spektre ir polimerų sugebėjimo sugerti saulės spindulius.

Nustatyta, kad molekulių ryšių suirimas ir senėjimo procesas polimeruose dažniausiai vyksta esant daugiau nei $16,8 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ saulės radiacijos intensyvumui. Žinoma, kad polimerų senėjimo priežastis yra du tuo pačiu metu vykstantys procesai: destrukcija – ryšių tarp molekulių atomų nutraukimas ir polimero molekulių nuolaužų susidarymas, struktūros pasikeitimas – naujų ryšių tarp atomų ir molekulių nuolaužų, atsiradusių destrukcijos metu, susidarymas. Vykstant polimerinių medžiagų senėjimo procesui keičiasi jų mechaninės, elektrinės savybės, spalva ir kt.

Pagrindinis saulės spinduliavimo poveikis – gaminių paviršiaus įšilimas. Jo pasekmė – padidėjusi temperatūra mechanizmo viduje. Kūno įšilimas nuo saulės spindulių priklauso nuo saulės radiacijos intensyvumo, aplinkos temperatūros ir nuo kūno gebėjimo atspindėti. Įšilęs kūnas pats tampa spinduliavimo šaltiniu. Šiluminės kaitos dėsningumus patogiu studijuoti stebint plonasienio metalinio kevalo šilumos kaitą. Matinio juodo kevalo (kėbulo), kuriame nėra šaltinio, spinduliavimo energiją galima pavaizduoti 3.15 schema.



3.15 pav. Kevalo (kėbulo) sienelių išspinduliavimo balanso schema

Kevalo sienelių storis mažas, todėl galima daryti prielaidą, kad kevalo išorinė ir vidinė temperatūros lygios. Remiantis Stefano-Bolcmano lygybe, sudaromas kevalo sienelių išspinduliavimo balansas.

Viršutinė kevalo dalis, kuri sugeria saulės spindulių šilumą, išspinduliuoja ją į vidų ir išorę

(δT_V^4). Apatinė kevalo sienelė (dugnas) sugeria šilumą, kurią išspinduliuoja viršutinė dalis, ir išspinduliuoja ją į kevalo vidų ir išorę (δT_A^4). Jei kevalas yra ant asfalto (dirvožemio), dugnas atiduoda šilumą asfaltui (dirvožemiui) ir gali priimti šilumą iš jo (δT_D^4).

Esant sistemos temperatūrinei pusiausvyrai teisingos tokios lygybės [36]:

$$\delta T_V^4 = \frac{\delta}{2}(T_A^4 - T_V^4) ; \delta T_A^4 = \frac{1}{2}(1,6 + T_V^4) \quad (3.11)$$

čia: T_V – kevalo viršutinės dalies temperatūra, K; T_A – kevalo dugno temperatūra, K; T_D – dirvožemio temperatūra, K; δ – pastovus išspinduliavimas; (K = °C + 273,15).

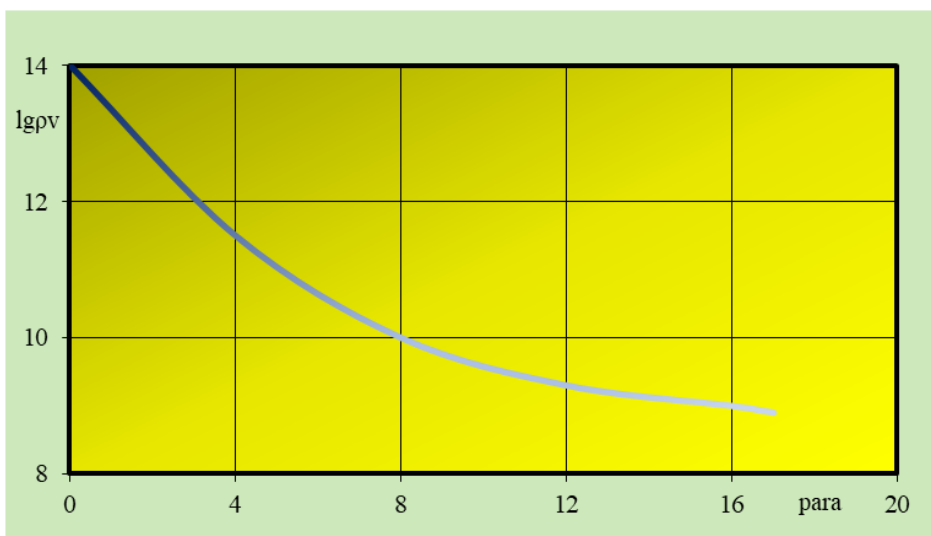
3.5.5. Drėgmės poveikis

Išorinis aplinkos poveikis (ypač oro drėgnumas) turi didelės įtakos konstrukcinėms medžiagoms. Kartais yra pakeičiamos net fizikinės medžiagos savybės. Jos poveikis medžiagai priklauso nuo procentinio drėgmės kiekio ore. Esant dideliam drėgnumui (daugiau nei 90 proc.), drėgmė skverbiasi į medžiagą arba padengia jos paviršių ir taip keičia medžiagos savybes. Esant mažiau nei 50 proc., medžiagoje esanti drėgmė garuoja, medžiagų savybės taip pat keičiasi – jos tampa trapios, gali atsirasti įtrūkimų. Per tokius įtrūkimus medžiagos paprastai prisigeria drėgmės. Ypač greitai drėgmės prisitotina izoliacinės medžiagos, pagamintos medvilnės ir popieriaus pagrindu. Drėgmė į medžiagą gali patekti keliais būdais: medžiaga sugeria drėgmę (kapiliarinė kondensacija) arba drėgmė patenka į polimerų struktūrą (į tarp molekulinis ryšius), taip pat drėgmė patenka per įtrūkimus ir stambias medžiagos poras. Gumos ir į ją panašių medžiagų prisotinimas drėgme vyksta osmoso būdu (gr. *osmos* – postūmis, slėgimas – savaiminė tirpiklio difuzija pro puslaidę membraną iš mažesnės koncentracijos tirpalo į didesnės koncentracijos tirpalą).

Drėgmės pasisavinimo greitis priklauso ir nuo oro temperatūros. Didėjant jai procesas pagreitinėja. Medžiagos sugerta drėgmė smarkiai sumažina tūrinę medžiagos varžą (3.16 pav.). Dielektrikų savito laidumo elektrai priklausomybė nuo drėgnumo apskaičiuojama taip [36]:

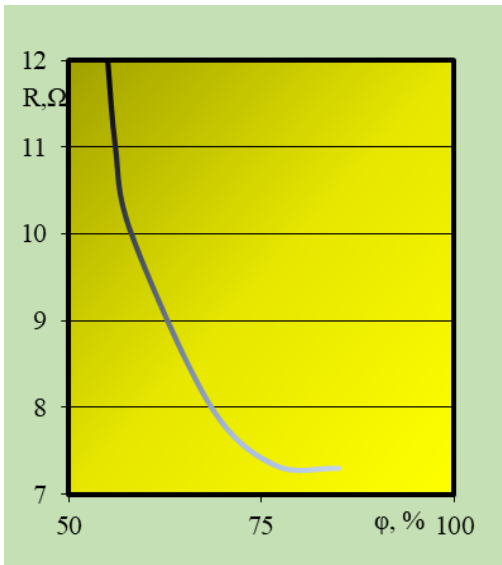
$$\sigma_E = \sigma_{E0} e^{\mu(z-z_0)} \quad (3.12)$$

čia: σ_{E0} – savitas laidumas elektrai, kai $t = 0^\circ\text{C}$; z – absoliuti medžiagos drėgmė; μ – medžiagos koeficientas.



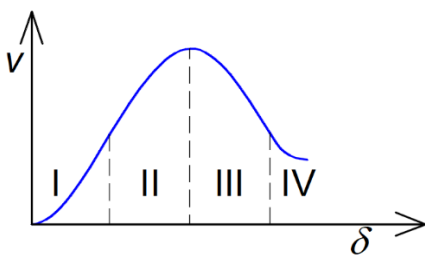
3.16 pav. Getinakso tūrinės varžos pokytis nuo drėgmės poveikio laiko, kai santykinė drėgmė 70–98 proc., o aplinkos temperatūra 35°C

Drėgmė, nusėdama ant medžiagos paviršiaus, sudaro ploną plėvelę, kuri smarkiai sumažina medžiagos paviršiaus varžą (3.17 pav.). Ypač izoliacinių medžiagų varža sumažėja, kai ši plėvelė užsiteršia dujomis ir dulkėmis.



3.17 pav. Keraminės detalės paviršiaus varžos priklausomybė nuo oro drėgmės

Padidėjus oro drėgnumui, rūko tankiui ir rasos kritimui padidėja drėgmės plėvelės storis (δ) ant metalo paviršiaus. Drėgmės plėvelės storis nusako atmosferinės korozijos tipą (3.18 pav.). Esant sausai korozijai (*I*), drėgmės plėvelės nėra. Metalas koroduoja tik sąveikaudamas su atmosferiniu deguonimi. Todėl korozija vyksta labai lėtai. Esant drėgnai korozijai (*II*) (paviršinei kondensacijai), drėgmės plėvelės storis didėja, tuo pačiu didėja korozijos greitis. Šis korozijos tipas vyksta kondensacijos metu. Kondensacija gali būti kapiliarinė, absorbcinė arba joninė. Kai oro drėgmė sudaro 100 proc., pasireiškia šlapioji korozija (*III*). Jos metu drėgmės plėvelė yra storiausia. Korozijos greičio sumažėjimas aiškinamas tuo, kad dėl storos drėgmės plėvelės deguonis sunkiai pasiekia metalo paviršių. Metalas, panardintas į skystį, atitinka *IV* sritį.



3.18 pav. Atmosferinės korozijos greičio v priklausomybė nuo drėgmės plėvelės storio δ

Be to, drėgmė gali sukelti medžiagos fizinių savybių (tankio, lydymosi temperatūros) pasikeitimą, sumažinti atsparumą pelėsio poveikiui.

3.5.6. Atmosferos slėgio poveikis

Konstrukcinėms medžiagoms nemažą poveikį daro atmosferos (barometrinis) slėgis. Jis kinta priklausomai nuo vietovės aukščio virš jūros lygio. Technika turi išlikti patikima ir išlaikyti numatytas eksploatacines savybes atmosferos slėgiui kintant nuo 505 iki 1080 hPa. Viršutinė riba atitinka slėgį jūros lygyje, o žemutinė – maksimalų aukštį (4,6 km), kuriame galima eksploatacija, saugojimas ir gaminių transportavimas.

Didžiausia įtaką atmosferos slėgis turi sistemų konstrukcinėms medžiagoms, kurios naudojamos dirbant dideliame aukštyje. Didėjant aukščiui mažėja elektrinė oro varža. Gerokai sumažėjus atmosferos slėgiui, reikalinga mažesnė elektros įtampa oro tarpui tarp laidininkų pramušti. Slėgiui sumažėjus nuo 1013 iki 709 hPa (nuo 1 iki 0,7 atmosferos), t. y. pakilus iki 3000 m virš jūros lygio, pramušimo tikimybė padidėja 30 proc. Slėgio sumažėjimas neigiamai veikia puslaidininkius – pablogėja šilumos atidavimas ir sumažėja pramušimo įtampa.

3.5.7. Vėjo ir apledėjimo poveikis

Techninių sistemų patikimumui vėjas turi dvejopą poveikį, t. y. jis gali būti ir teigiamas, ir neigiamas. Be to, esant dideliame vėjo greičiui, vėjas veikia kaip papildoma jėga (apkrova), sukeldamas papildomus įtempius. Vėjo jėga priklauso nuo oro slėgio kaitos, t. y. nuo atstumo tarp izobarų.

Technikai veikiant lauko sąlygomis, jas veikia vėjas ir apledėjimas. Apledėjus pasikeičia (padidėja) objekto masė ir gabaritai, todėl padidėja veikiančios aerodinaminės ir fizinės apkrovos. Apledėjimas drėgnoms porėtoms medžiagoms taip pat daro neigiamą poveikį – susidaro ledo dalelės porose – sumažėja pasipriešinimas elektrai. Ypač pavojingas apledėjimas, susidaręs po atšilimo ir lietaus. Šalant į medžiagą patekusiai drėgmei, medžiagoje atsiranda mikroįtrūkimų, tuo pačiu didėja ledo tūris.

Vėjo ir apledėjimo poveikis skaičiuojamas statistiniais metodais. x parametru, atsiradusių dėl vėjo-apledėjimo poveikio, intensyvumui įvertinti naudojamas Goodrich pasiskirstymas [36]:

$$F(x) = \exp(-K_{xT} x^{n_{xT}}), \quad (3.13)$$

čia: K_{xT} , n_{xT} – Goodrich pasiskirstymo parametrai, aproksimuojantys galimo intensyvumo x pasiskirstymą (nustatomas eksperimentais pagal klimato poveikį).

Ledui tirpstant padidėjusios poros dažniausiai išlieka, o tai sukelia medžiagos korėtumą. Ledas arba vanduo mažina elektros laidininkų varžą. Pūgos metu sausas sniegas trina (šlifuoja) medžiagų paviršių.

Kaip jau minėta, vėjas sistemos elementus veikia dinamine jėga. Išskirstyta vėjo apkrova p vienam kubiniam paviršiaus metrui apskaičiuojama taip:

$$\rho = q_0 n_h c \beta, \quad (3.14)$$

čia: q_0 – dinaminis vėjo slėgis 10 m virš žemės paviršiaus, Pa; n_h – dinaminio slėgio pataisos koeficientas, priklausantis nuo atstumo iki žemės paviršiaus; c – aerodinaminis koeficientas, priklausantis nuo mašinos aerodinaminių savybių; β – koeficientas, įvertinantis pulsacinį vėjo dinaminio slėgio poveikį.

Dinaminė apkrova sukelia didžiausius įtempius, kai vėjo pulsavimo dažnis sutampa su elemento nuosavais virpesiais.

Vėjo greitis ir stiprumas dažnai kinta, todėl kinta ir dinaminis slėgis q_0 . Slėgio pulsavimas susijęs su atmosferos nevienalytiškumu, oro cirkuliacijos charakteristikomis. Pagal aukštį pulsavimo intensyvumas nekoreliuotas, o dinaminio vėjo slėgio pulsavimas artimas normaliniam pasiskirstymo dėsniai.

Vėjas ir automobilio aerodinaminės savybės turi didelę įtaką elektromobilių baterijos įkrovos ilgaamžiškumui. Elektromobiliai iš principo turi mažiau energijos nei automobiliai su vidaus degimo varikliais. Kad ir kiek dėl aerodinaminių savybių būtų sumažintas oro pasipriešinimo koeficientas, priešpriešinį vėjas, važiuojant dideliais greičiais, mažina elektromobilio gebą nuvažiuoti ilgesnį atstumą [23, 24].

3.5.8. Oro priemaišų poveikis

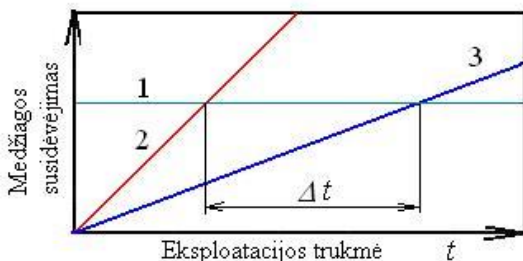
Oras sudarytas iš sudėtinių dalių (azoto, deguonies, argono, anglies dvideginio, helio, kriptono, ksenono) mišinio, taip pat turi įvairių priemaišų. Šios priemaišos atsiranda iš jūros vandens, smėlio audrų, sudegusio kuro išmetamų dujų. Be to, ore yra įvairiausių bakterijų, grybų sporų, kosminių dalelių, neorganinių druskų ir kt. Dėl smėlio audrų ore periodiškai būna tam tikras kiekis smėlio. Kietų medžiagų (dažniausiai mineralų) 0,1–2000 μm dalelės judėdamos ore kontaktuoja su įvairių objektų paviršiais. Kietos dulkių ir smėlio dalelės gali kelis kartus pagreitinti abrazyvinį paviršių susidėvėjimą. Patekusios į tepimo medžiagą, dulkių ir smėlio dalelės prilimpa prie tepamo paviršiaus. Dėl to, pavyzdžiui, guoliai gali pradėti strigti.

Tvirtai sulipdamos dulkės sudaro sąlygas kauptis elektrai laidžiai drėgmei ir sumažina izoliacijos varžą. Nusėdus dulkėms ant kietų izoliacinių medžiagų gali atsirasti srovės nuotėkis.

Didelę įtaką konstrukcinėms medžiagoms turi atmosferoje esantys koroziją skatinantys elementai. Pagrindiniai kenksmingi elementai yra vandenilio katijonai H^+ , sieros dioksidai, azoto oksidai, formalhidai, ozonas, vandenilio peroksidas. Neigiamas jų poveikis susijęs su cheminėmis reakcijomis, kuriose dalyvauja metalai. Metalų korozijos greitis atmosferoje nusakomas jų paviršių drėkimo trukme ir koroziją skatinančių komponentų koncentracija. Švarus drėgnas oras, net ir esant santykinei 100 proc. drėgmei, silpnai veikia geležį ir varį. Tačiau atmosferoje atsiradus tik 0,01 proc. SO_2 , korozijos greitis padidėja net 100 kartų.

Sudegęs prastos kokybės kuras į atmosferą paskleidžia sieros. Susidaro sieros dioksidas SO_2 , kuris reaguodamas su atmosferos deguonimi transformuojasi į sieros anhidridą SO_3 . Toliau vykstant cheminėms reakcijoms – anhidridui jungiantis su vandeniu – susidaro sieros rūgštys H_2SO_3 ir H_2SO_4 , kurios turi ardumą poveikį.

Medžiagos senėjimo greitis nagrinėjamas laiko atžvilgiu (3.19 pav.) [36].



3.19 pav. Suirimo poveikis medžiagai ir tarnavimo laiko sutrumpėjimas t : 1 – galutinio suirimo lygis; 2 – suminis klimatinė sąlygų ir rūgštaus lietaus suirimas; 3 – suirimas be rūgštaus lietaus

Automobilių išorinių detalių koroziją gali sukelti ir jūrinės kilmės druskos (natrio chloridai). Natrio chloridas yra labai tirpus, todėl užtenka ir nedidelės drėgmės, kad ant detalės paviršiaus susidarytų elektrolito plėvelė. Ištirpdamas drėgmės plėvelėje natrio chloridas padidina jos laidumą elektrai. Be to, chloro jonas aktyviai pakeičia deguonį korozijos paveiktose vietose.

3.5.9. Biologinių faktorių poveikis

Metalai ir lydiniai atrodo stiprūs ir atsparūs mikroorganizmams. Tačiau įvairūs autoriai nurodo, kad viena iš koroziją sukeliančių priežasčių yra mikroorganizmai, įsiveisę metalų ir lydinių paviršiuje. Mikroorganizmai metalų korozijoje gali dalyvauti keliais būdais. Pirmiausia jie gali tiesiogiai veikti elektrodinių reakcijų kinetiką. Be to, mikroorganizmai gali gaminti ir išskirti metabolitus (neorganines ir organines rūgštis, sieros vandenilį, anglies dioksidą). Mikroorganizmai metalų paviršiuje gali sukelti pakitimų. Dėl pakitimų atsiranda plotelių, kuriuose telkiasi daugiau oksidų. Korozija, susijusi su mikroorganizmų veikla, vadinama *mikrobine* arba *biologine korozija*. Kai kurie autoriai teigia, kad maždaug 15–20 proc. korozinių pažeidimų priežastis yra biologiniai veiksniai.

Didelį poveikį konstrukcinėms medžiagoms turi biologiniai faktoriai. Labai pavojingi yra pelėsiniai grybai, kurių sporos sklendo ore. Šie grybeliai priklauso žemiausiai augmenijos rūšiai, kuri neturi fotosintezės savybių. Sąveikaudami su medžiagomis grybeliai išskiria medžiagų apykaitos produktus, sudarytus iš įvairių rūgščių, kurios ardo izoliacines medžiagas ir plastikus. Veikiant grybeliams sumažėja medžiagų ir detalių mechaninis atsparumas. Elektroniniuose prietaisuose, veikiant grybeliams, pažeidžiami elektriniai sujungimai, pagreitinama kontaktų korozija. Reikia pažymėti, kad grybelis plinta labai greitai, o jo rūšių yra labai daug (iki 40000). Pelėsių vystymuisi reikalinga maitinimosi terpė, šiluma ir maža oro ventiliacija arba visiškai jos nebuvimas. Pelėsių augimui labai tinka didesnio drėgnumo ir temperatūros sąlygos (tropikai, subtropikai, pietinių jūrų ir didelių ežerų rajonai).

Mikroorganizmai gali ardyti įvairios kilmės sintetines medžiagas, kurių vis daugiau naudojama automobilyje. Jie intensyviai ardo polivinilo chlorido, polietileno, fenoplasto, polistirolio epoksidinius kompaundus, lako dangas ir kitas medžiagas. Mikroorganizmų biologiniai pažeidimai gali būti įvairūs. Labai intensyviai sintetines polimerines medžiagas gadina mikroskopiniai grybai. Jų micelės įsiskverbia į medžiagos poras ir mechaniškai ją ardo.

Neatsparūs biologiniams veiksniams kai kurie getinaksai, tekstolitai, izoliacinės medžiagos ir kiti plastikai. Užkrėstų mikroskopiniais grybais šių medžiagų atsparumas, praėjus 10–15 dienų, sumažėja 23–25 proc.

Techninius gumos gaminius taip pat veikia mikroskopiniai grybai ir kiti mikroorganizmai. Kad techniniai gumos dirbiniai būtų atsparesni grybų poveikiui, gaminant dedama fungicidų – natrio pentachlorfenolito ir salicilanilido.

Desulfatinės bakterijos yra pavojingos naftos produktams. Šios bakterijos, įsiveisusios naftoje, labai gadina jos kokybę. Degaluose susidaro patvari emulsija, susikaupia gleivių ir nuosėdų, keičiasi degalų sudėtis, smarkiai pablogėja jų techninės savybės. Susidarę gleivių kamščiai užkemša filtrus.

Saugantis nuo pelėsių gaminamos tokios konstrukcijos, kurios yra apsaugotos nuo drėgmės, turi gerą ventiliaciją, o labai pažeidžiami elementai turi būti padengiami specialiu apsauginiu laku.

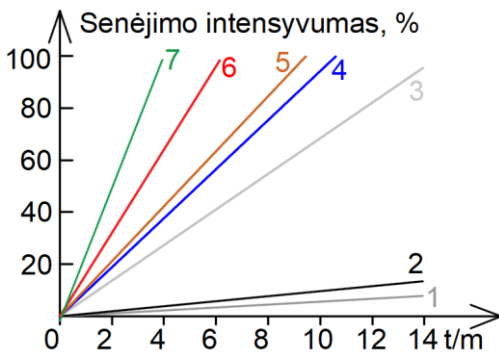
3.5.10. Medžiagos senėjimo poveikis

Fizinių procesų, vykstančių sistemos elementų medžiagose, analizė rodo, kad jų būklė ir patikimumas priklauso nuo medžiagų savybių, išorinio poveikio charakterio ir apkrovimo faktorių.

Senėjimas – tai ilgai eksploatuojamų ar laikomų automobilių detalių savybių keitimosi procesas. Ilgai laikant arba eksploatuojant automobilius, keičiasi akumuliatorių aktyviųjų elementų medžiagos, metalo, gumos, plastikų, tekstilės, medžio gaminių savybės. Senėja eksploatacinės medžiagos (alyvos, aušinimo ir stabdžių skysčiai) ir dažai. Automobiliuose vyksta anksčiau aprašyti dilimo, nuovargio, korozijos ir kt. procesai.

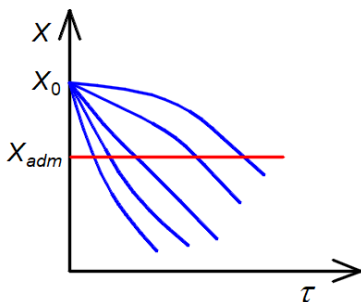
Dauguma medžiagų priklauso nuo fizikinių ir cheminių procesų veikimo, kurie sukelia senėjimą ir mechaninių, elektrinių, magnetinių savybių pakitimus. Medžiagų senėjimas pasireiškia medžiagų rekristalizacija, difuzija, paveiktomis cheminėmis reakcijomis, korozijos procesais ir drėgme, kurie keičia medžiagų pradines savybes. Tokie pokyčiai gali elementą pažeisti ar sukelti didelį pavojų – sistemos kritinį gedimą.

Medžiagų senėjimo greitis priklauso nuo daugelio priežasčių: aplinkos drėgnumo ir temperatūros, saulės spinduliavimo intensyvumo, kritulių kiekio, aplinkos cheminio ir bakterinio užterštumo, skysčių ir dujų agresyvaus poveikio. Kai kurių medžiagų, laikomų atvirose aikštelėse, senėjimo intensyvumas parodytas 3.20 paveiksle.



3.20 pav. Senėjimo intensyvumas: 1 – profilinis plienas; 2 – ketus; 3 – lakštinis plienas; 4 – guma; 5 – mediena; 6 – dažai; 7 – tekstilė [1]

Medžiagų senėjimas apibūdina jų charakteristikų mažėjimą priklausomai nuo laiko. Mažėjimo pobūdis priklauso nuo medžiagos pradinių savybių, eksploatacijos sąlygų, išorinių faktorių veikimo. Visais atvejais medžiagų senėjimas yra negrįžtamas procesas. Medžiagos savybių blogėjimas matomas iš grafiko (3.21 pav.). Priklausomai nuo medžiagos paskirties, jos savybių pablogėjimas turi tam tikrą leistiną ribą X_{adm} , kuri ir nulemia medžiagos panaudojimo ilgaamžiškumą.



3.21 pav. Senėjimo poveikis medžiagos savybėms

Norint apskaičiuoti patikimumą reikia žinoti pažeidimų proceso greitį γ arba šio pažeidimo laipsnį $U(t)$ kaip laiko funkciją. Tokios priklausomybės gaunamos nagrinėjant proceso fiziką arba eksperimento būdu.

3.3 lentelėje pateiktos tipinės metalų senėjimo priklausomybės. Jos priskiriamos vienos stadijos procesams, t. y. nagrinėjamu laiko momentu nevyksta fizikiniai ir cheminiai pokyčiai.

Paprasčiausi yra stacionarūs procesai, kai senėjimo greitis pastovus arba nežymiai kinta. Taip nutinka tada, kai faktoriai, kurie lemia proceso greitį, nusistovėjo ir nėra priežasčių, keičiančių proceso intensyvumą. Priklausomybė $U(t)$ yra tiesės arba artimo jai pavidalo. Toks dėsningumas būdingas nusistovėjusiam nusidėvėjimo periodui, kai kurioms korozijos rūšims ir pan. Jei senėjimo metu atsiranda faktorių, kurie spartina arba lėtina jį, t. y. proceso greitis γ kinta monotoniškai, funkcija $U(t)$ bus nelinijinė ir aprašys medžiagos pažeidimo proceso greitėjimą arba lėtėjimą. Šiuo atveju proceso greitis priklauso ne tik nuo išorinių faktorių, bet ir nuo pažeidimo laipsnio U . Todėl pats procesas (jo rezultatas) veikia tolimesnės jo eigos intensyvumą. Šią sąlygą galima užrašyti taip: $\frac{dU}{dt} = f(U)$. Kai kuriais atvejais, kai vienu metu keli lygiaverčiai faktoriai veikia proceso greitį, priklausomybė $\gamma(t)$ gali turėti ekstremumą. Tokiu atveju funkcija $U(t)$ turi įlinkio tašką. Tokia priklausomybė būdinga vidinių įtempių ir deformacijų persiskirstymui eksploatuojant liejinius.

3.3 lentelė. Tipiniai senėjimo procesų dėsningumai laiko atžvilgiu

Procesai (pagal γ charakteristikas)		$\gamma(t) = dU/dt$	$U(t)$	Pavyzdžiai
Stacionarūs	Pastovūs			Susidėvėjimas: $U = kt$
	Tariamai stacionarūs			Susidėvėjimas esant permainingiems režimams
Monotoniški	Didėjantys			Susidėvėjimas paviršiumi pasidengus purvu $U = kt^n, n > 1$ $U = A(e^{kt} - 1)$
	Mažėjantys			Susidėvėjimas prisitrynimo metu, martensito suirimas $U = kt^n, n < 1$ $U = A(1 - e^{-kt})$
Ekstremalūs	Su maksimalia reikšme			Korozija, persimetimas $\gamma = ate^{-bt}$
	Su minimalia reikšme			Slankumas, korozija, susidėvėjimas
Su uždelsimu				Nuovargis, trapus suirimas
Kintamo ženklo				Mechaninių charakteristikų pasikeitimas

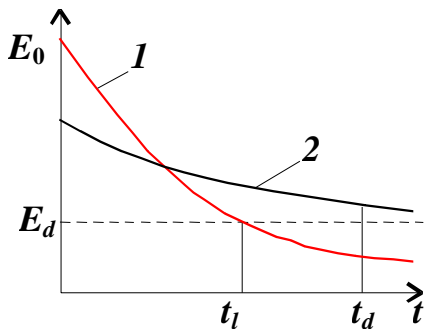
Egzistuoja tam tikra kategorija procesų, kurių pradžioje vyksta vidinių pažeidimų kaupimas, o po to, šiek tiek susivėlinęs, prasideda pats procesas. Jei procese su uždelsimu laikas iki proceso pradžios yra pagrindinis elemento eksploatacijos laikotarpis, o pats procesas vyksta labai intensyviai, tai toks reiškinys laikomas spontanišku (savaimė atsirandančiu) procesu. Tokio proceso pavyzdys gali būti trapus metalų suirimas, kuris prasideda po vidinių įtempių susikaupimo arba dėl nepalankaus išorinio poveikio.

Jei proceso greitis keičia ženklą (būdinga sudėtingiems fizikiniams-cheminiams procesams, vykstantiems medžiagoje), $U(t)$ funkcija, nusakanti pažeidimo laipsnį, turės ekstremumą.

Gali pasitaikyti atvejų, kada senėjimo proceso eiga ir pobūdis pasikeičia. Pasikeičia ir proceso dėsningumas. Tokie procesai vadinami daugiapakopiais. Jų aprašymui $\gamma(t)$ ir $U(t)$ dėsniai taikomi kiekvienai pakopai atskirai.

Bendruoju atveju medžiagų senėjimas suprantamas kaip veikiant įvairiems faktoriams medžiagose vykstančių procesų kompleksas. Dėl tų faktorių poveikio vyksta negrįžtami medžiagų savybių pokyčiai, blogėja medžiagų kokybė. Šie pokyčiai vyksta labai lėtai. Senėjimas gali būti šiluminis, elektrinis ir t. t. Senėjimo pokyčių greitis priklauso ne tik nuo medžiagų sudėties ir struktūros, bet ir nuo atitinkamo faktoriaus intensyvumo ir aplinkos sąlygų. Senėjimo procesų fizikinė esmė ir mechanizmai labai sudėtingi. Neatsižvelgiant į tai, kad per paskutinius dešimtmečius pasaulyje vykdomi intensyvūs tyrimai, daugelis gautų duomenų yra empiriniai.

Žinių apie medžiagų senėjimo procesus reikšmė yra labai didelė. Be jų negalima tinkamai įvertinti įvairių detalių ir gaminių darbo laiko. Medžiagų savybių pokytis dėl senėjimo vienodai svarbus kaip ir jų reikšmės pradinėje būsenoje. Tai iliustruoja 3.22 pav., kuriame pavaizduotas dviejų elektroizoliacinių medžiagų elektrinio atsparumo pokytis dėl senėjimo.



3.22 pav. Elektroizoliacinių medžiagų elektrinio atsparumo priklausomybė nuo senėjimo laiko

Tarkime, kad parenkama elektroizoliacinė medžiaga, turinti dirbti įrenginyje su elektrinio lauko stiprumu E_d , ir būtinas garantinis darbo laikas t_d . Abi medžiagos iš pradžių turi pakankamai didelį elektrinį atsparumą. Jeigu tik turėtume duomenų apie elektrinį atsparumą pradinėmis sąlygomis, tai parinktume medžiagą 1, tačiau tai būtų neteisinga, kadangi šios medžiagos elektrinis atsparumas dėl senėjimo greitai mažėja, po tam tikro laiko t_1 tampa mažesnis už E_d . Dėl to gali įvykti pramušimas. Naudojant medžiagą 2 įrenginys dirbs nustatytą laiką.

Senėjimo procesą sustabdyti labai sunku, nes nėra pakankamai žinių apie jo priežastis ir mechanizmą. Tais atvejais, kai senėjimo proceso esmė aiški, yra galimybė jį sustabdyti arba sulėtinti. Senėjimo procesas atskleistas chloro difenilams, kurie pasižymi elektrocheminiu senėjimu veikiant nuolatiniam elektriniam laukui. Šiam tikslui buvo sukurti specialūs stabilizatoriai, kurie užtikrina savybių stabilumą.

Senėjimas labai dažnai yra tam tikros cheminės reakcijos pasekmė. Jeigu pavyksta atskleisti šios reakcijos pobūdį ir mechanizmą, į medžiagą galima įdėti inhibitorių ir reakciją sustabdyti. Vienas iš cheminės reakcijos pavyzdžių yra oksidavimasis. Šiuo atveju į medžiagas dedami antioksidantai, kurie aktyviau negu pagrindinės medžiagos dalelės reaguoja su deguonimi. Senėjimo trukmę apribota laikas, per kurį visos priemonės sureaguos su deguonimi.

3.5.11. Apkrovos poveikis

Šis poveikis susijęs su sistemos elementų darbo režimu nepriklausomai nuo to, ar tuos elementus veikia kiti faktoriai (klimatiniai, biologiniai ir kt.). Be to, neturi reikšmės sukaupta vidinė sistemos elementų energija ar ne.

Mechaninė energija skatina sujungimų susidėvėjimą, pirminės elementų formos išsikraipymą, o pasiekus tam tikrą ribą – gedimą. Pažeidžiamos pagrindinės sąlygos, kurių laikantis užtikrinamas saugus įrengimo darbas, t. y. visos jo sudedamosios dalys atlaiko numatytą darbinę apkrovą.

Prie mechaninių sistemų ir jų elementų pažeidimų priežasčių priskiriama:

- konstrukcijos, kurios neišlieka vientisos kintant vidiniam slėgiui, išorinių jėgų poveikiui, korozijai, temperatūrai, skirtingų ženklų apkrovai;
- mechaniniai gedimai dėl korozijos ir smūgių;
- įvairių mazgų, pavyzdžiui, siurblių, kompresorių ir ventiliatorių, gedimas;
- kontrolės sistemos gedimai (slėgio ir temperatūros jutikliai, lygio indikatoriai, valdymo prietaisai ir pan.);
- saugumo sistemos gedimai (apsauginiai vožtuvai, slėgio sumažinimo sistemos ir pan.);
- pažeidimai suvirinimo siūlėse ir sujungimo movose.

Jėgos, veikiančios elementus, pasikeitimas mechaninėse sistemose pakeičia ir juos veikiančią apkrovą. Tokie pasikeitimai elementuose sukaupia nuovargį, t. y. pakeičia suirimo per tam tikrą laiko tarpą tikimybę.

Sistemos elementų apkrovos laipsnį parodo apkrovos koeficientas. Jis atspindi santykį tarp elementą veikiančios darbinės apkrovos A_d ir nustatytos nominalios apkrovos A_N : $K_N = A_d / A_N$. Įvairioms sistemoms K_N reikšmė ne visada apskaičiuojama paprastai. Kai kuriais atvejais reikalingi eksperimentiniai tyrimai.

Cheminės reakcijos sukelia rezervuarų ir vamzdynų koroziją. Pradžioje sienelių pažeidimai gali pabloginti išeinančius rodiklius (cheminių medžiagų užterštumas, vamzdyno vidinio skersmens pasikeitimas). Yrant sienelėms sistema gali visiškai sugesti.

Radioelektroninei ir elektros įrangai dirbant įvairiais režimais, gali pakisti atskirų sudedamųjų dalių apkrova. Dėl to keičiasi gedimo intensyvumas.

4. AUTOMOBILIŲ REMONTO GAMYBINIS PROCESAS

4.1. Pagrindinės sąvokos

Remontas – tai kompleksas darbų, kuriais siekiama atkurti objekto tvarkingumą arba darbingumą ir padidinti viso objekto arba jo elementų resursus.

Remonto gamybinis procesas – žmonių ir gamybos priemonių veiksmų visuma, būtina produktams gaminti arba jiems remontuoti atitinkamoje įmonėje. Į remonto gamybinį procesą įeina automobilių ardymas, montavimas, detalių atnaujinimas ir produkcijos kokybės tikrinimas, transportavimas, laikymas, elektros energijos, suslėgto oro, vandens tiekimas ir kiti veiksniai.

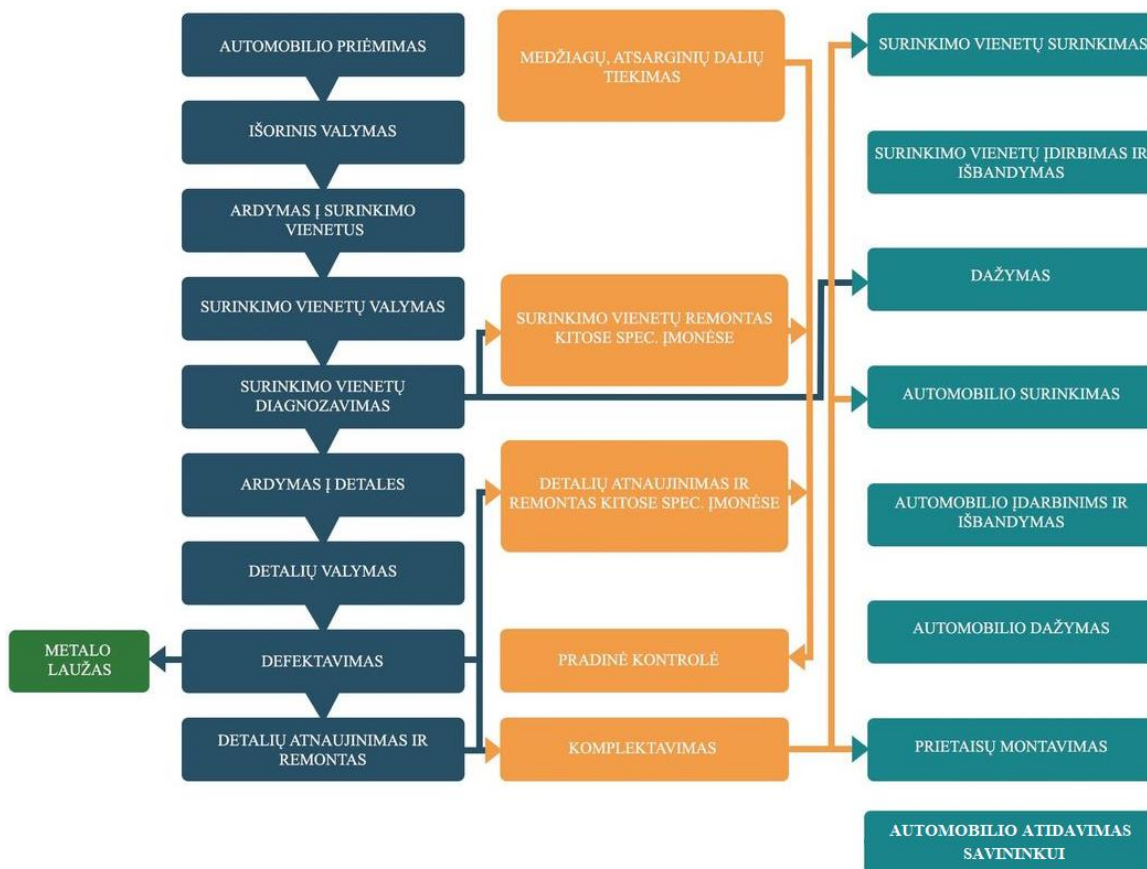
Apskritai automobilių kapitalinio remonto gamybinis procesas susideda iš daugelio technologinių operacijų.

Pagrindinių technologinių procesų sekos schema (4.1 pav.) tinka visoms remonto įmonėms, nesvarbu, ką jos remontuoja – detales, agregatus ar automobilius.

Sprendžiant visus techninius, organizacinius ir juridinius remonto klausimus, reikia vadovautis galiojančiais valstybiniais ir žinybiniais standartais, taip pat kitais normatyviniais dokumentais, kurių sąrašai periodiškai skelbiami specialiuose leidiniuose.

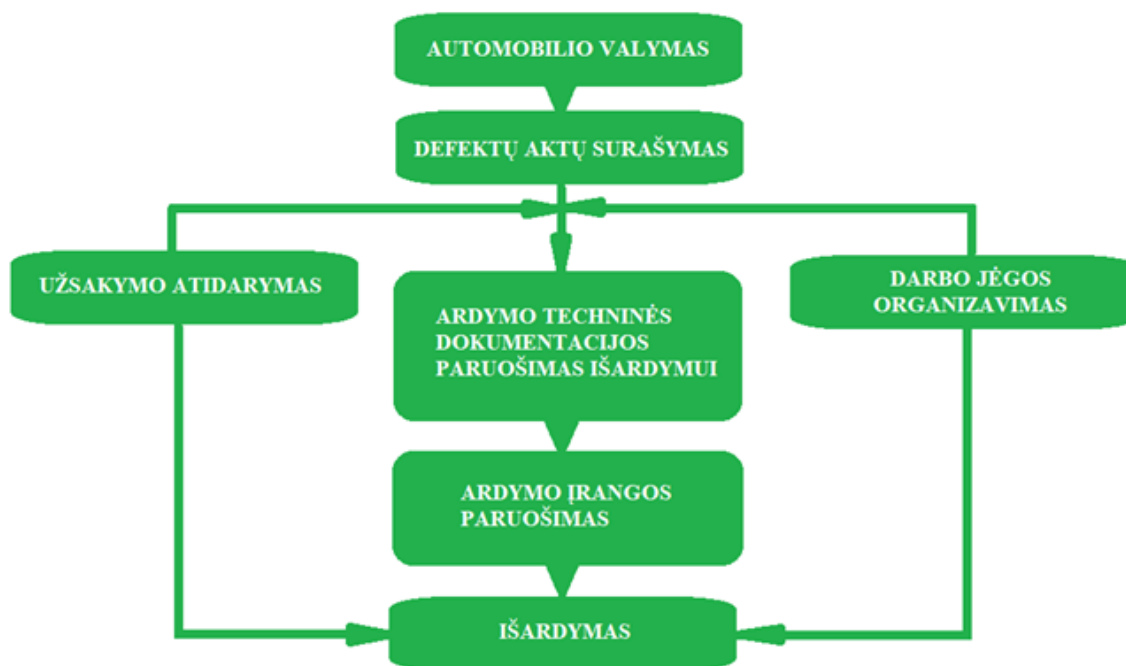
Remonto įmonių veiklą tiesiogiai reglamentuoja techninės sąlygos, techniniai reikalavimai, medžiagų, detalių sunaudojimo ir laiko normos, įvairi normatyvinė literatūra, išleidžiama atskirais leidiniais kiekvienai automobilio marki ar jų grupei (savaeigių mašinų važiuklei ir varikliams yra atskiri tokie leidiniai).

Prieš išardant remontuotiną automobilį reikia jį gerai nuplauti ir nuvalyti, surašyti defektų aktą ir atlikti kitus organizacinius darbus (4.2 pav.). Automobilis gali būti išardomas iš dalies arba visiškai. Ardymo apimtis priklauso nuo to, kuriuos agregatus norime išimti. Iš dalies automobilis ardomas atliekant mažą ir vidutinį remontą, o visiškai – kapitalinį [1].



4.1 pav. Automobilio remonto technologinis procesas

Kiekvienam automobiliui, nustatyta technologija, kurioje nurodoma ardymo eilė ir tvarka. Automobilį reikia ardyti tokioje vietoje, kad prie jo būtų galima lengvai prieiti iš visų pusių.



4.2 pav. Automobilio paruošimo išardymui schema

4.2. Valymas

Eksploatuojamų automobilių paviršiai aplimpa augalų liekanomis, trąšomis, apsitaško purvu ir pan. Jei paviršius tepaluotas, susidaro sunkiai nuvalomas sluoksnis.

Netinkamai prižiūrimų automobilių paviršių dažniausiai padengia korozijos produktai – rūdys.

Ant variklių karterių vidinių paviršių, korpuso ertmėse su tepalais, visose tepimo sistemose kaupiasi chemiškai pakitusios sutirštėjusios alyvos ar tepalų nuosėdos, kurios kartu su dilimo produktais ir į vidų patekusiomis dulkėmis sudaro derlingą apnašą.

Kai tepalai fiziškai ir chemiškai kinta 85–150°C temperatūroje, ant stūmoklių sienelių, švaistiklių, vožtuvų kotelių, svirtelių, spyruoklių ir kitur susidaro į laką panašus apnašas. Kai temperatūra aukštesnė kaip 150°C, susidaro nuodegos, kurios padengia degimo kamerų paviršius [8].

Variklių aušinimo sistemų paviršius apsineša nuoviromis – kietu kalcio, magnio karbonatų, kalcio sulfato, magnio silikato ir kitokių druskų sluoksniu.

Teršalai ne tik trukdo diagnozuoti, ardyti, defektuoti remonto objektus, bet ir prastina remonto kokybę, apsunkina remontininkų darbą ir kt. Be to, remontuoti trukdo ir ankstesnės automobilių apsaugos nuo korozijos dangos, apdailos dažai, gruntai, hermetizavimo pastos, prikepę tarpikliai ir jų liekanos [1, 8, 37].

Technologiniai teršalai – drožlės, abrazyvinės šlifavimo įrankių, pritrynimo ar poliravimo pastų dalelės, tepalai, dulkės ir kt. – susidaro remontuojant detales, remonto objektus surenkant nepakankamai švarioje aplinkoje.

Valymas – tai paruošiamasis technologinis procesas, kurio metu nuo detalių ir surinkimo vienetų išorinių ir vidinių paviršių pašalinami teršalai. Valymas sudaro apie 5–7 proc. viso automobilių remonto darbų apimtį. Priklausomai nuo tipo, ant automobilio gali būti iki 100 kg teršalų [8].

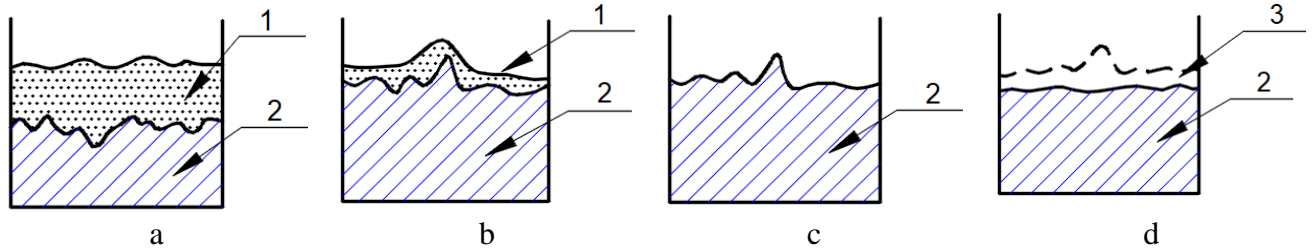
Pagal tikslumą valymas skirstomas į makrovalymą, mikrovalymą ir ėsdinimą (4.3 pav.).

Makrovalymu nuo detalių paviršiaus pašalinama didžioji dalis teršalų. Leistinas teršalų likutis priklauso nuo paviršiaus glotnumo R_z ; kai $R_z = 20\mu m$, teršalų gali likti 1,25 mg/cm²; kai

$Rz = 20 - 6,3 \mu m$, $0,70 \text{ mg/cm}^2$; kai $Rz = 6,3 - 0,8 \mu m$, teršalų turi būti ne daugiau kaip $0,25 \text{ mg/cm}^2$.

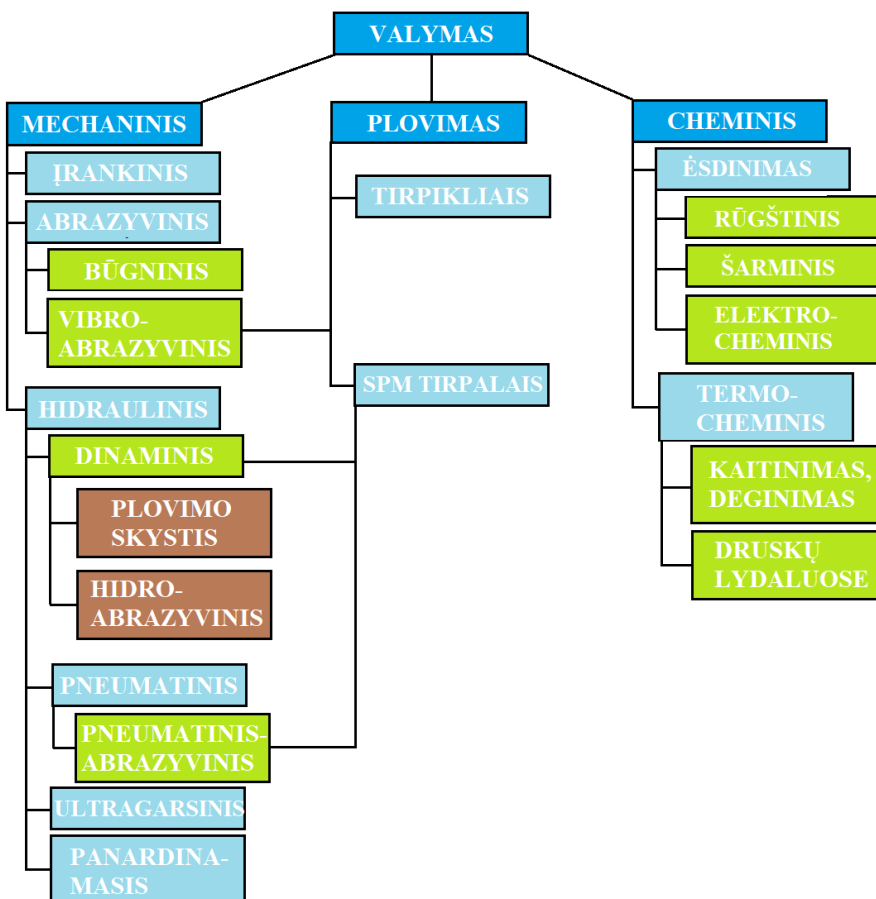
Mikrovalymu pašalinami teršalai iš mikronelygumų. Tam dažniausiai naudojami tirpikliai, sintetinės plovimo medžiagos. Leistinas teršalų kiekis šiuo atveju – $0,05 \text{ mg/cm}^2$. Tokių paviršių jau galima dažyti. Jei paviršių dengia tepalo plėvelė, leistinas jo kiekis – $0,10 - 0,15 \text{ mg/cm}^2$.

Ėsdinimas – tai paviršinio $2 - 15 \mu m$ storio detalės sluoksnio pašalinimas kartu su teršalų, apsauginės ar riebalų plėvelės likučiais rūgščiais tirpalais ar elektrolize (4.3 pav., d).



4.3 pav. Paviršiaus valymo efektyvumas: *a* – nevalyto paviršiaus fragmentas, *b* – paviršius po makrovalymo, *c* – paviršius po mikrovalymo, *d* – nuėsdintas (dekapiruotas) paviršius; 1 – teršalai, 2 – valomasis paviršius, 3 – nuėsdintas sluoksnis [1]

Pagal vartojamas priemones skiriamas mechaninis valymas, plovimas ir cheminis valymas (4.4 pav.).



4.4 pav. Valymo būdų klasifikacija [1]

Mechaninis valymas – paviršių valymas skudurais, šepėčiais, grandikliais, mechanine vandens ar oro srauto energija, abrazyvais. Šepėčiai būna rankiniai ir mechaniniai. Valant skudurais, šepėčiais ir grandikliais, reikia daug rankų darbo ir fizinės jėgos. Šiek tiek mažiau fizinės jėgos reikia

valant mechanine vandens ar oro srauto energija. Didinant slėgį, valymo efektyvumas didėja. Į srautą įmaišius abrazyvinių dalelių (dažniausiai kvarcinio smėlio), galima pašalinti ne tik teršalus, rūdis, bet ir ploną metalo sluoksnį.

Naudojant abrazyvus, detalės ir abrazyvai (smėlis, smulkios šlifavimo diskų ar ketaus nuolaužos) sudedami į specialų būgninį valytuvą. Sukant būgną, abrazyvai braižo detalių paviršių ir kartu valo teršalus.

Plovimas – sudėtingas fizinis ir cheminis procesas, vykstantis tarp plovimo skysčio, teršalo ir detalės paviršiaus.

Plaunant vandeniu ir kartu mechaniškai (skudurais, šepčiais) suardant teršalų sluoksnį, pašalinami vandenyje suyrantys teršalai.

Organiniai tirpikliai (benzinas, žibalu, dyzeliniais degalais, benzolu, acetonu, trichloretilenu, ksilolu, perchloretilenu, etilo spiritu) nuo detalių pašalinami tik juose tirpstantys teršalai. Tačiau visi šie tirpikliai yra degūs, toksiški ir nepakankamai efektyvūs. Todėl į juos paprastai įmaišoma specialių plovimą aktyvinančių medžiagų. Dažniausiai naudojami emulsikliai, kurių 50–78 proc. sudaro organinis tirpiklis. Jie efektyvūs, ne tokie degūs, tačiau toksiški. Be to, emulsikliais galima plauti, kai jų temperatūra ne aukštesnė kaip 20–30°C. Šios medžiagos naudojamos plaunant vidinius agregatų paviršius, tvirtinimo elementus, kuro sistemos detales ir kt.

Daug efektyvesnės sintetinės plovimo medžiagos. Jas sudaro netoksiški, nedegūs, greitai suyrantys junginiai, sumaišyti su įvairiais tirpikliais, šarmais, aktyvaus paviršiaus medžiagomis, pasyvatoriais. Šių mišinių vandeniniai tirpalai gerai ir greitai nuplauna atitinkamus teršalus, kartu kurį laiką apsaugo paviršių nuo korozijos. Bandymais nustatyti optimalūs kalcinuotosios sodos (38–50 proc.), natrio metasilikato (10–29 proc.) mišiniai su aktyvaus paviršiaus medžiagų priedais (0,5–8 proc.).

Nuo tirpalo šarmingumo priklauso plovimo efektyvumas. Kad tirpalui reaguojant su teršalų rūgštimis šarmingumas nesumažėtų, į sintetines plovimo medžiagas dedama kalcinuotosios sodos (Na_2CO_3), natrio fosfato (Na_3PO_4), natrio hidroksido (NaOH). Natrio metasilikato (Na_2SiO_3 vandeninis 40–60 proc. koncentracijos tirpalas vadinamas skystuoju stiklu). Be to, į plovimo tirpalus įmaišoma korozijos inhibitorių (metalų paviršius pasyvuojančių medžiagų), kurie sulėtina koroziją. Tam naudojamas natrio metasilikatas, kalio dichromatas ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), natrio heksametafosfatas ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) natrio tripolifosfatas ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), natrio nitratas (NaNO_2) ir organiniai junginiai – difenilaminas, monoetanolaminas, trietanolaminas, urotropinas, natrio benzoatas ir kt. Sumaišius kelis inhibitorius, jų poveikis būna efektyvesnis [37].

Įmaišius aktyvaus paviršiaus medžiagų (alizarino aliejaus, sulfonato, sintanolo, sintamido, oksifoso ir kt.), vanduo ima drėkinti net tepaluotą paviršių.

Naudojant įvairias plovimo medžiagas, būtina, kad plaunant tirpalo temperatūra atitiktų technologinius reikalavimus, t. y. būtų ne žemesnė kaip 95°C. Sintetinių plovimo medžiagų trūkumas tas, kad jos tinka ne visiems teršalams šalinti, todėl detales tenka plauti keliais tirpalais daug kartų.

Cheminiis valymas – teršalų ardyimas įvairiais reagentais arba aukšta temperatūra. Šis būdas tinka rūdims, seniems dažams, nuodegoms ir nuovioms šalinti.

Rūdys pašalinamos rūgštiniais (sieros, druskos, azoto rūgščių vandeniniais tirpalais su inhibitoriais) ir šarminiais reagentais. Jiems reaguojant išsiskiria vandenilis, kuris mechaniškai ardo teršalus. Reagentais apdorotos detalės perskalaujamos šaltu vandeniu, paskui neutralizuojamos ir pasyvinamos karštu (60–70°) kalcinuotosios sodos (5–10 kg/m³) tirpalu su skystojo stiklo, dichromato ar natrio nitrato (2–3 kg/m³) priemaiša.

Reagentai, į kurių sudėtį įeina ortofosforo rūgštis ar tanidai, rūdis paverčia tvirtai prie detalės prilipusiais junginiais.

Elektrolitinis esdinimas taikomas ruošiantis detales padengti galvaninėmis ar polimerinėmis dangomis, dažyti (srovės tankis turi būti 300–1000 A/m²). Be to, šiuo būdu valomi plyšiniai filtrai: cheminės reakcijos metu išsiskiriančios dujos suardo netirpų dervų ir kokso sluoksnį.

Nuoviros iš variklių aušinimo sistemų pašalinamos druskos rūgštis tirpalu su įvairiais inhibitoriais.

Ekspluatuojant automobilį su vandeniu užpildyta aušinimo sistema, variklio aušinimo

sistemoje susidaro išvirų. Jos nusėda ant galvutės ir cilindrų bloko aušinimo ertmių, radiatoriaus sienelių vidinių paviršių.

Išvirų susidaro todėl, kad iš vandens kietų nuosėdų pavidalu išsiskiria įvairios druskos. Išvirų sudėtyje esti kalcio (CaCO_3) ir magnio (MgCO_3) karbonatų, gipso (CaSO_4), silikatų (SiO_2). Nurodytos medžiagos išvirų sudėtyje gali būti įvairiais santykiais, tai priklauso nuo toje vietovėje vartojamo vandens sudėties. Išvirų sluoksnis prastai praleidžia šilumą, todėl nenormaliai aušinamas variklis ir pažeidžiamas jo darbo šiluminis režimas. Dėl šios priežasties mažėja galingumas, didėja lyginamosios degalų ir alyvos sąnaudos, daugiau susidaro priedegų ir greičiau dyla variklio detalės. Todėl išviras nuo detalių reikia pašalinti.

Cheminiai tirpalai, reaguodami su išviromis, jas tirpina arba ardo, o paskui išviros lengvai nuplaunamos vandens čiuurkšle. Išviros pašalinamos įrenginiuose arba voniose. Pastarasis būdas naudojamas išviroms pašalinti nuo V formos variklių su išimamomis įvorėmis, cilindrų bloko sienelių, nes, išėmus įvortes, vidinė šaldymo ertmė atsidengia ir tampa atvira tirpalui.

Be to, nuoviras ir nuodegas galima pašalinti detales termiškai apdirbant. Dažniausiai detalės 2–3 valandas kaitinamos krosnyje $600\text{--}700^\circ\text{C}$ temperatūroje, o paskui palengva aušinamos. Ugniai atsparios detalės išdeginamos dujų degiklio liepsna.

Specializuotose remonto įmonėse paprastai naudojamas specialus įrenginys, kurio pirmojoje vonioje yra $(400\pm 10)^\circ\text{C}$ 65 proc. natrio šarmo, 30 proc. natrio nitrato ir 5 proc. natrio chlorido lydalas. Detales panardinus į lydalą, teršalai išpurėja ir lengvai pašalinami rūgščių vonioje. Šis valymo būdas labai efektyvus, spartus (trunka 5–10 minučių), tačiau reikia daug šiluminės energijos ($10\text{--}14\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$) [1,37].

Išviroms pašalinti naudojami šarminiai (dešimties procentų natrio šarmo tirpalas, pašildytas iki $75\text{--}80^\circ\text{C}$) arba rūgštiniai tirpalai, taip pat žibalinis kontaktas. Rekomenduojamoji priverstinė tirpalo cirkuliacija cilindrų bloko ir galvutės aušinimo ertmėmis sudaroma specialiais įrenginiais. Natrio šarmo tirpalas nepakankamai efektyvus. Juo galima pašalinti tik tokias išviras, kurias sudaro silikatų ir gipso nuosėdos, karbonatinių nuosėdų jis neveikia. Be to, nuo natrio šarmo tirpalo, kaip jau buvo minėta, labai rūdija detalės iš aliuminio lydinių. Todėl jį galima naudoti tik išviroms pašalinti nuo ketinių cilindrų blokų ir galvučių.

Išviroms pašalinti gana dažnai naudojami rūgštiniai tirpalai. Praktikoje daugiausia naudojamas druskos rūgšties tirpalas. Jis gerai tirpina bet kokios sudėties (mišrias) išviras, bet neišvengiamai sukelia metalų koroziją. Siekiant išvengti esdinamojo druskos rūgšties poveikio metalo paviršiui, į tirpalą pridedama specialių medžiagų – inhibitorių (koroziją lėtinančių medžiagų).

Nuvalius detales iš aliuminio, reikia jas rūpestingai perplauti vandeniu ir silpnos koncentracijos (iki 1 proc.) neutralizuojančiais tirpalais. Kaip neutralizuojančios medžiagos plaunant detales iš aliuminio pridedama pasyvatorių – chrompiko, sodos ir kt.

Vieno cilindrų bloko apdirbimo rūgštiniu tirpalu įrenginiuose trukmė – 20–30 minučių.

Kai kuriose autoremonto įmonėse šarminiai tirpalai naudojami derinant juos su rūgštiniais, šitai valoma daug efektyviau.

Išviros nuo ketinių ir aliumininių detalių taip pat pašalinamos ir žibalinio kontaktu. Jis maišomas su vandeniu (50–55 proc.), pašildytu iki $80\text{--}90^\circ\text{C}$. Žibalinis kontaktas visų rūšių išviras veikia nevienodai. Geriausi rezultatai gaunami šalinant išviras, kurių sudėtyje yra silikatų ir gipso nuosėdų [37].

Nuo radiatorių išviros valomos tiesiai jų remonto baruose.

Prieš dažant būtina pašalinti senus dažus. Nedideli paviršiai valomi mechaninėmis priemonėmis (grandikliais, plieniniais šepetiais, švitrinu popieriumi) arba įvairiais tirpikliais (acetonu, formalglikoliu, toluolu, benzolu ir kt.). Kai perdažyti reikia daug, dažniausiai vartojami šarminiai $80\text{--}90^\circ\text{C}$ temperatūros $5\text{--}10\text{ kg}/\text{m}^3$ koncentracijos tirpalai su inhibitoriais.

Išardžius nuo krovinių automobilių kabinų, lengvųjų automobilių kėbulų, apdailos detalių ir dangčių pašalinami seni dažai. Pašalinus seną dažų dangą, lengviau atlikti po to einančias defektavimo ir tų detalių remonto operacijas; be to, pašalinti senus dažus būtinai reikia ruošiant detalių paviršius dažymui.

Šalinant senąją dažų dangą cheminiu būdu, senieji dažai nuimami chemiais tirpalais arba

mišiniais. Šitaip daroma panardinus kėbulą (kabina) į vonią su karštu natrio šarmo tirpalu arba plovimo mišiniais, užtepamais ant kėbulo arba kabinos paviršiaus.

Pirmuoju atveju kėbulas arba kabina (elektrotelferiu arba pneumatiniu keltuvu su griebtuvu) panardinami į vonią su penkių procentų natrio šarmo tirpalu ir išlaikomi joje 20–60 minučių (priklausomai nuo dangos storio). Tirpalo temperatūra turi būti 75–85°C. Jam veikiant, dažai suminkštėja ir suyra. Po to kėbulas (kabina) arba atskiros detalės plaunamos kitoje vonioje su karštu vandeniu, pašalinami natrio šarmo likučiai. Dažų likučiai iš sunkiai pasiekiamų vietų pašalinami grandikliais ir šepečiais, šis senų dažų pašalinimo būdas gana našus ir todėl plačiai taikomas autoremontu įmonėse.

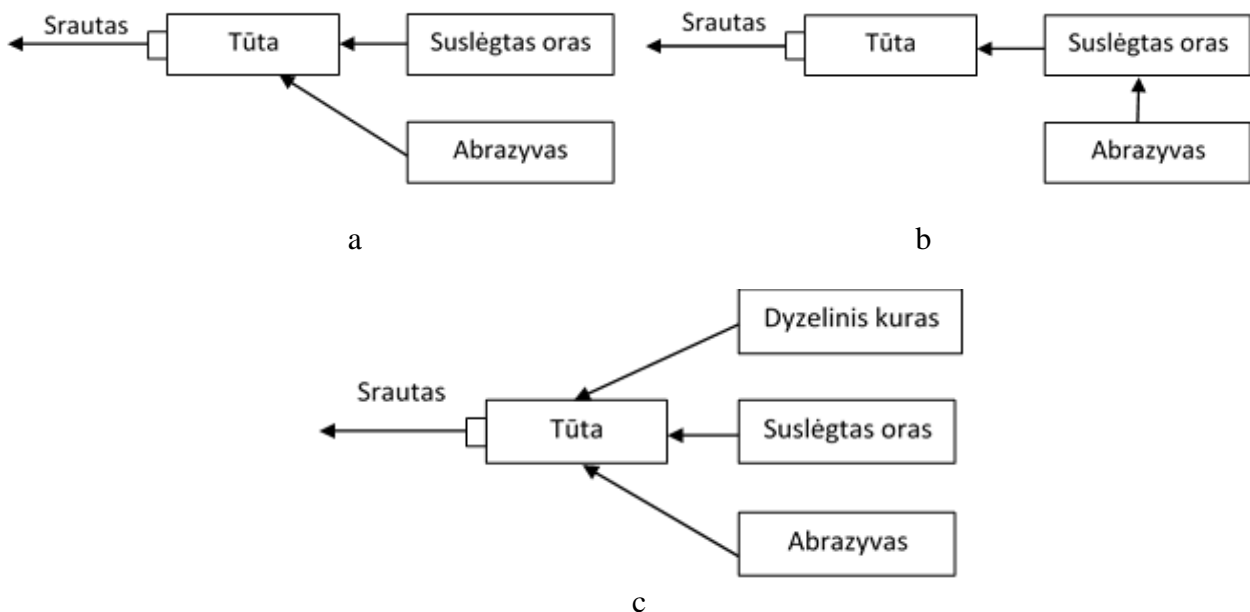
Sena dažų danga efektyviai pašalinama plovimo tirpalu, kuris ant kėbulo (kabinos) paviršiaus užpurškiamas dažų purkštuvu arba užtepamas šepečiu. Plovimo tirpalai yra organinių tirpiklių ir parafino mišinys, kurio plėvelė neleidžia tirpikliams išgaruoti, jie gali ardyti dažų dangą. Užtepus ploviklio, po 3–15 minučių dažų danga išbrinksta ir pakyla.

Suminkštėjęs dažų sluoksnis lengvai pašalinamas glaistytuvu arba metaliniu šepečiu.

4.2.1. Paviršiaus valymas abrazyvo srautu

Toks apdirbimas – tai paviršiaus „apšaudymas“ abrazyvu, kurio dalelių greitis 60–200 m/s. Kiekviena dalelė, atsitrenkusi į paviršių, sukelia abrazyvinį ir skilimo poveikį, todėl paviršius pasidaro gana švarus, o kai kuriais režimais jis dar ir sukietinamas iki 0,3 mm gylio. Be to, kadangi kiekviena detalė, atsitrenkusi į paviršių, išmuša mikroduobutę, tai, parenkant tam tikro dydžio abrazyvą, galima paviršiui suteikti norimą šiurkštumą, taip pat ir pakeisti spalvą. Abrazyvo dalelėms reikalingas greitis pasiekiamas dviem pagrindiniais būdais: susiliejusiu oru ir išcentrine jėga. Pagal tai paviršiaus apdirbimas abrazyvo srautu klasifikuojamas į orasrautį ir svaidomąjį.

Orasrautis valymas pagrįstas kinetine energija, kurią abrazyvo dalelėms suteikia suslėgto oro srovė. Dabar naudojami trys orasraučio valymo būdai (4.5 pav.).



4.5 pav. Orasraučio valymo principinės schemas [1]

Schemoje (4.5 pav., a) pavaizduotas pats paprasčiausias ir seniausias paviršiaus valymo būdas abrazyvo srautu. Tekant oro srovei pro tūtą, susidaro vakuumas, paskui abrazyvas ima savaime tekėti į tūtą. Tūtoje jis susimaišo su oro srove ir iš tūtos išeina gana galingas abrazyvo srautas. Kadangi reikia nuolat palaikyti pastovų oro slėgį (6–8 atm.), o ruošiant srautą oro energijos nuostoliai yra nemaži, tai šis būdas yra nenašus, jo naudingumo koeficientas $\eta = 0,2 - 0,3$.

4.5 pav., b pavaizduotas variantas dažniau naudojamas, nes oro sąnaudos yra mažesnės, o naudingumo koeficientas $\eta = 0,30 - 0,38$. Čia suslėgtas oras yra nukreiptas į abrazyvo rezervuarą ir į tūtą varomas priverstinai. Padidėja darbo našumas, tačiau greičiau dyla tūtos detalės, reikia gerokai stipresnių žarnų, taip pat reikalinga apsauga, kad, trūkus žarnai, kuria teka 6–8 atm. slėgio srautas, įrenginys tuojau pat išsijungtų.

Trečias variantas (4.5 pav., c) pradėtas naudoti palyginti neseniai. Jo ypatumas tas, kad į tūtą papildomai tiekiamas dyzelinis kuras, o tūtoje jis uždegamas. Taigi gaunamas abrazyvo ir liepsnos srautas, kuris gana efektyviai valo paviršių. Tačiau šis būdas gerokai brangesnis, nes prisideda kuro sąnaudos, be to, abrazyvo jau nebegalima panaudoti antrą kartą. Tokio valymo naudingumo koeficientas $\eta = 0,4 - 0,5$. Kadangi abrazyvo negalima panaudoti antrą kartą, imamas vienkartinis abrazyvas, t. y. smėlis arba šlakas, o kartais smėlio ir šlako mišinys.

Svaidomojo valymo principas remiasi abrazyvo dalelių kinetine energija, kurią joms suteikia greitai besisukančio svaidomojo rato mentelės. Svaidomojo valymo įrengimų naudingumo koeficientas yra gerokai didesnis, atskirais atvejais siekia $\eta = 0,86 - 0,94$. Taigi, šį metodą stengiamasi naudoti kiek įmanoma dažniau, tačiau iškyla problemų, kai reikia valyti vidinius paviršius ar didelių matmenų konstrukcijas.

Abrazyvas, esantis aukščiau už ratą, pats teka į rato centrą, kur yra separatorius. Separatorius turi tolygiai paskirstyti abrazyvą kiekvienai mentelei. Mentelės rate yra suspaustos ir suveržtos dviem diskais. Ant mentelių patekęs abrazyvas dėl išcentrinės jėgos juda radialine kryptimi nuo centro išorės link ir didele jėga sviedžiamas žemyn.

Keičiant separatoriaus padėtį, keičiasi abrazyvo tekėjimo kryptis. Todėl galima reguliuoti srauto kryptį, keičiant abrazyvo tiekimo kampą.

Palyginti su orasraučiu, svaidomojo valymo energijos sąnaudos yra keletą kartų mažesnės. Taigi, esant toms pačioms energijos sąnaudoms, gaunama keletą kartų geresnė paviršiaus kokybė.

Tačiau valant svaidomuoju metodu gana greitai dyla svaidomojo rato mentelės, be to, ne visada galima visiškai nuvalyti apdirbamų detalių vidinius paviršius.

Kalbant apie valymą abrazyvo srautu, dar reiktų paminėti paviršiaus kokybę, jos vertinimo kriterijus. Pagal tarptautinius standartus paviršiaus kokybė valant vertinama kokybės parametru *Sa*. Paviršiaus kokybė dažniausiai vertinama tokiais parametrais:

- Sa.2* – paviršius, nuo kurio pašalintos rūdys, tepalas ir blogai besilaikantys dažų sluoksniai;
- Sa.2,5* – paviršius, nuo kurio pašalintos rūdys, taip pat ir iš nelygumų, esančių suvirinimo siūlėse; šiose vietose paviršius ima blizgėti, o likusiame paviršiuje lieka tvirtai besilaikančių dažų;
- Sa.3* – paviršius, nuo kurio visiškai nuvalytos rūdys, seni dažai ir kiti nešvarumai.

4.2.2. Abrazyvai

Smėliu ir žvyru buvo valoma dar XVIII amžiuje, bet pramoninėje gamyboje šis procesas imtas naudoti tik 1928 metais. Valymo abrazyvo srautu technologija nuo to laiko labai išsiplėtė, todėl daugelyje šalių reikalavimai abrazyvui, taip pat ir techninei įrangai, yra apibrėžti standartais.

Apdirbimo abrazyvo srautu metu išskleistų dalelių kinetinė energija naudojama nešvarumams, oksido plėvelei ar rūdžių sluoksniui pašalinti nuo apdirbamos detalės paviršiaus, taip pat paviršiaus šiurkštumui, spalvai, paviršiaus įtempių būviui ir pasiskirstymui pakeisti.

Abrazyvinė medžiaga parenkama atsižvelgiant į tai, kokio tikslo siekiama. Bendrų parinkimo taisyklių negalima nustatyti, nes galutinis rezultatas priklauso ne tik nuo medžiagos tipo, bet ir nuo įrangos charakteristikų, apdirbamo ir reikalingo paviršių kokybės rodiklių.

Abrazyvo kokybę apibūdina cheminė sudėtis, forma, matmenys, kietumas, stiprumas, ilgaamžiškumas.

Abrazyvo medžiagos kokybė visų pirma turi įtakos apdirbto paviršiaus kokybei. Forma – rodiklis gamybos būdai nustatyti. Aštriabriaunis abrazyvas daug geriau atskiria medžiagas vieną nuo kitos negu rutulinis abrazyvas. Abrazyvo stiprumas taip pat turi būti parinktas atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą ir į norimą gauti rezultatą. Parenkant abrazyvo matmenis, reikia atsižvelgti ir į įrangos technologinius reikalavimus.

Abrazyvai yra skirstomi pagal cheminę sudėtį, gamybos būdą, dydį, formą ir stiprumą.

Abrazyvas baltojo ketaus pagrindu gaminamas formuojant granules iš skysto ketaus. Granuluoti galima didelio slėgio vandens ir oro mišiniu, vien tik didelio slėgio vandens srove arba pilant skystą ketų ant besisukančio ugniai atsparaus disko, kurio išcentrinė jėga skystą ketų išskaido į granules. Išskaidant besisukančiu disku gaunami tiek taisyklingi, tiek netaisyklingi ir netgi porėti, t. y. turintys porų, rutuliukai. Greitai aušinant, kristalizuojasi anglis ir susidaro cementito pagrindas, todėl granulės tampa labai stiprios ir kartu labai trapios.

Didžiausias šios frakcijos trūkumas tas, kad dėl trapumo granulės skyla ir, pučiant suslėgtu oru, dalis abrazyvo pašalinama, todėl padidėja jo sąnaudos, be to, ypač didelio kietumo granuliu nuolaužos labai pagreitina įrangos dilimą.

Tokio tipo granuliu nepatartina naudoti, kai apdirbimo greitis didesnis kaip 60 m/s, nes granuliu smūgio energija yra tokia didelė, kad net atrinktos taisyklingos formos granulės skyla ir valymo efektas gerokai pablogėja.

Termiškai apdorotas ketaus abrazyvas gaunamas apdorojant granules baltojo ketaus pagrindu. Skaidomi karbidai, todėl labai pagerėja eksploatacinės savybės. Medžiagą trapius ledeburito pagrindu paveikus termiškai, galima gauti feritinę-perlitinę ir feritinę-perlitinę-cementitinę sudėtį. Šitaip sumažėja kietumas, bet padidėja atsparumas smūgiams. Taip granuliu ilgaamžiškumas padidėja 5–8 kartus. Kitas pranašumas yra tas, kad, naudojant išcentrinę šratasvaidę, gerokai mažiau dyla detalės, taip pat sumažėja ir priežiūros išlaidos. Be to, galima dirbti tokiais režimais, kai granuliu greitis yra 70–80 m/s. Didesnės energijos abrazyvo srovė gerokai efektyviau valo paviršius.

Šio abrazyvo gamyba 2–3 kartus pigesnė nei plieno ar kapotos vielos, tačiau nereikia pamiršti, kad ne visada gerai yra tai, kas pigu.

Plieno šratai – tai termiškai apdoroto plieno abrazyvas. Plieno šratai turi smulkia ir tolygia mikrostruktūrą, kuri užtikrina labai didelį abrazyvų ilgaamžiškumą, optimalias valymo savybes ir gerą kokybę / kainos santykį. Plieno šratai naudojami metalo paviršių paruošimui prieš dažymą, tepalų ar apnašų pašalinimui nuo liejinių, plieno juostų, profilių, strypų, vamzdžių valymui, paviršiaus tankinimui ir t. t.

Skaldyti šratai gaunami sutraiskant termiškai apdorotus plieninius šratų. Abrazyvas turi aštrias briaunas, todėl apdorojamus paviršius valo daug stipriau ir giliau, paviršiui taip pat suteikdamas šiurkštumą. Dažniausios panaudojimo sritys yra šios: metalo paviršių paruošimas prieš tolesnį padengimą, rūdžių ir senų dažų sluoksnio valymas, paviršiaus profiliavimas prieš gumos klįjavimą, teršalų pašalinimą nuo liejinių ir t. t. Skaldyti šratai puikiai tinka tada, kai reikalingas stiprus ir greitas metalo paviršiaus valymas. Naudojama daugiausia su suslėgto oro šratavimo įranga.

Mažo anglies kiekio plieno šratai savo sudėtyje turi mažiau anglies, fosforo ir sieros. Todėl jų vidinė mikrostruktūra yra tolygesnė nei įprastinių plieno šratų. Taip pat šratai yra minkštesni, palyginti su didelio anglies kiekio plieno šratais. Tai lemia gerokai ilgesnį jų tarnavimo laiką. Tipiški panaudojimo būdai: metalo paviršių paruošimas prieš dažymą, tepalų ar apnašų pašalinimas nuo liejinių, plieno juostų, profilių, strypų, vamzdžių valymas.

Kapotos vielos abrazyvai gaunami specialia mašina susmulkinus vielą 1–2 mm ilgio gabaliukais. Priklausomai nuo vielos cheminės sudėties, kietumo ir skersmens gaunamas atitinkamų fizinių savybių abrazyvas. Kapota viela yra cilindro su aštriomis briaunomis formos. Abrazyvas naudojamas rūdžių, dažų, tepalų šalinimui nuo metalinių paviršių. Kapota viela gali būti gaminama iš plieno, aliuminio, cinko, vario, žalvario, nerūdijančio plieno.

Rudas korundas – tai daugkartinio panaudojimo abrazyvas, sudarytas iš aliuminio oksido (Al_2O_3) su nedidelėmis kitų metalų oksido priemaišomis. Rudas korundas gaunamas aukštesnėje nei 2000 °C temperatūroje išlydžius ir sumaišius boksitą ir koksą. Abrazyvas yra patvarus, itin kietas (9 Mohs skalėje), turi aštrias, atsinaujinančias briaunas. Rudas korundas yra ekologiškai švarus abrazyvas. Jame nėra įkvėpti pavojingo silicio oksido (SiO_2). Rudas korundas turi didelį šilumos laidumą, mažą šiluminį plėtimąsi, yra nelaidus elektros srovei. Ši medžiaga naudojama rūdžių ar apnašų šalinimui nuo plieno, nerūdijančio plieno, aliuminio ir kitų spalvotųjų metalų paviršių, taip pat stiklo. Šratuojama su suspausto oro įranga.

Baltas korundas – tai sintetinis abrazyvas, gaunamas elektros lanko krosnyje lydant aliuminio oksidą. Baltas korundas yra itin didelio grynumo abrazyvas, turintis daugiau kaip 99 proc. Al_2O_3 . Lyginant su rudu korundu, baltas korundas yra puresnis, homogeniškesnės struktūros ir cheminės sudėties. Abrazyvas yra labai kietas, atsparus įvairioms cheminėms medžiagoms. Jame nėra įkvėpti pavojingo silicio oksido (SiO_2). Baltas korundas naudojamas rūdžių ir apnašų pašalinimui nuo metalo paviršiaus; kai reikia pašalinti ir dalį paviršiaus medžiagos.

Keramikos granulės – tai aukštos kokybės cirkonio pagrindo abrazyvas, pasižymintis ilgaamžiškumu ir apdirbto paviršiaus vienodumu. Granulės yra apvalios ir lygios, besidėvėdamos neskyla į aštriakampes daleles, sudėtyje nėra metalo. Keramikos granulės tinkamos naudoti tiek rankinėse, tiek automatinėse šratavimo kabinose. Abrazyvas naudojamas paviršių valymui, satiniam paviršiaus efektui išgauti, šlifavimui, taip pat metalo paviršiaus sutankinimui. Naudojamas plieno, nerūdijančio plieno, juodųjų metalų, aliuminio gaminams apdirbti.

Plastiko granulių abrazyvas pradėtas naudoti siekiant pakeisti toksiškus cheminius dažų nuėmimo metodus. Plastiko granulės – tai daugkartinio panaudojimo abrazyvas, kuris gali būti įvairių tipų, dydžių, formų ir kietumo, priklausomai nuo to, ko reikia apdirbamam paviršiui. Plastiko granulės paprastai naudojamos šratavimo kabinose arba šratavimo kameroje. Jos naudojamos, kai reikia pašalinti dažus nuo aliuminio ar plieno paviršiaus ir tuo pačiu metu apsaugoti paviršių nuo galimų deformacijų ar pažeidimų, taip pat tais atvejais, kai kieti abrazyvai, pavyzdžiui, plieno ar skaldyti šratai, korundas, kapota viela, netinka, nes gali pažeisti metalo paviršių.

4.2.3. Ultragarso valymas

Ultragarso panaudojimas valymo procesuose pagrįstas jo poveikiu skystai terpei. Ultragarso veikiamuose skysčiuose kyla intensyvūs aukštojo dažnio virpesiai (4.6 pav.). Ypatingą reikšmę turi kavitaciniai reiškiniai, didelių pagreičių valymo terpėse atsiradimas, vietinės hidrodinaminės srovės, sąlygojančios skysčių maišymąsi, šiluminiai efektai ir kai kurie kiti veiksniai. Kai kuriais atvejais, pavyzdžiui, valant kontaktiniu būdu, kai ultragarso virpesiai sukeliama pačioje valomoje detalėje, svarbią reikšmę gali turėti įtempiai dėl ženklo kaitos. Tokių įtempių nešvarumų plėvelėje atsiranda dėl detalėje susidarančių liekamųjų virpesių ir sukelia nešvarumų sluoksniavimąsi, jeigu plėvelės patvarumo riba nedidelė. Kavitacijos intensyvumas, akustinių srovių greitis ir pobūdis, radiacinio slėgio dydis, pačios detalės virpesių dydis priklauso nuo ultragarso lauko dažnio ir intensyvumo, skysčio fizikinių savybių ir, aišku, nuo jo temperatūros.

Veikiant ultragarso, nešvarumų plėvelė irsta, atsiskiria ir ištirpsta dėl terpės cheminio aktyvumo ir veiksmų, susidarančių dėl akustinio poveikio terpei.

Daugiausia reikšmės valymo procesuose teikiama kavitacijai. Yra žinoma, kad garsas sukelia slėgį. Kuo garsas intensyvesnis, tuo didesnis jo slėgis. Kadangi garsas yra kintantis reiškinys, tai ir slėgis bus kintamas. Jau esant nedideliame garso intensyvumui – kelia vatai kvadratiniam centimetrui – kintantis garso slėgis skysčiuose siekia dvi ir daugiau atmosferų.

Viena iš unikalių skysčių savybių yra gebėjimas atlaikyti didelius slėgius. Žinome, kad hidrauliniuose presuose šie slėgiai siekia iki 10 ir net 100–200 atmosferų. Tačiau skysčiai labai nepatvarūs tempimo įtempimams. Praeinant garso bangos fazei, skystis retėja ir trūkinėja. Trūkimo vietose atsiranda daugybė burbuliukų, kuriuos sudaro maži dujų burbuliukai, mažos pašalinių medžiagų dalelės ir kt. Šie burbuliukai vadinami kavitaciniais burbuliukais [1].

Maži burbuliukai susilieja į didesnius, kurie, praėjus bangai, susitraukia. Susitraukimo metu susidaro akimirksniai vietiniai slėgiai, siekiantys šimtus atmosferų. Dėl šių slėgių susidaro didelės galios smūginė banga, kuri paviršiuje, esančiame netoli susitraukiančių burbuliukų, sukelia mechaninį poveikį. Nesusitraukiantys kavitaciniai burbuliukai pereina į virpamąją būseną, tada prasiskverbia į įvairius tarpelius tarp nešvarumų ir valomos detalės paviršiaus.



4.6 pav. Ultragarsinis valymas: a – valymo procesas [38], b – ultragarsu valyta ir nevalyta variklių bloko galva [39]

4.3. Ardymas

Pirmiausia automobilis ardomas į agregatus, agregatai – į mazgus, o mazgai – į detales. Automobilį į detales reikia ardyti tik tada, kai jos bus keičiamos, remontuojamos arba atnaujinamos. Techninių reikalavimų neatitinkančios įvorės, riedėjimo guoliai, guolių korpusai išpresuojami.

Automobilis ir agregatai ardomi nuosekliai, naudojant universalius ar specialius standus, įtaisus ir įrankius. Griežtai laikantis ardymo technologijos reikalavimų, palengvėja darbas, detalės nesugadinamos.

Išardyti automobiliai ar agregatai, surinkimo vienetai tuoj pat išvežami remontuoti.

Ardant neiškomplektuotos detalės (pavyzdžiui, švaistiklis ir dangtelis, cilindro blokas ir jo pagrindinių guoliaviečių dangteliai ir kt.) turi būti sužymėtos. Nereikėtų iškomplektuoti ir subalansuotų detalių porų (pavyzdžiui, alkūninio veleno ir smagračio, alyvos centrifūgos dalių). Jei galimos kelios tarpusavio padėties, prieš ardytą būtina pažymėti padėtį [8].

Kad detalės ilgai išlaikytų leistinus matmenis be remonto, nereikia jų išimti arba keisti padėties, nes dėl to gali padidėti tarpelis tarp detalių. Todėl, automobilis ardytą, sujungtos detalės ženklinamos žymekliais arba dažais (velenų išdrožose, pavarų dėžių krumpliaračių ir kitokių detalių grioveluose, cilindro bloke ir pagrindinių guolių dangteluose, švaistikliuose ir jų dangteluose, pagrindinių guolių dangteluose, pagrindinių guolių švaistiklinių guolių įdėkluose ir kt.).

Automobiliai ardami technologinėse kortelėse nurodytais universaliais arba specialiais standais, presais, nuėmikliais, įtaisais ir įrankiais. Automobilis reikia ardyti griežtai laikantis operacijų tvarkos ir mechanizuotai; tada juos daug lengviau remontuoti, automobiliai nesulaužomi.

Kad sriegiai ilgiau laikytų (ypač ketinių detalių skylėse), nereikia išsukti smeigių iš variklio bloko, bloko galvutės ir kitų detalių, jei jos netrukdo remonto operacijoms. Visas skylės, pro kurias į agregatą gali patekti purvo, išardžius reikia užkamšyti.

Kad lengviau atsisuktų užrūdiję sriegiai, juos reikia patepti universaliu tepalu (pvz., *WD40*, *Loctite LB8019*, *LM 40*, *Presto multifunctions spray*, *K2 07* ir pan.). Sriegius sugadinus arba negalint varžtų ar veržlių atsukti rankomis, sukama specialiais didelio sukimo momento veržliasukiais.

Daugelis agregatų į mazgus ardomi ne automobilio ardymo vietoje, o jų remonto ir montavimo vietoje nuplauti. Tokie agregatai yra kabina su jos įrengimais, oro filtras, alyvos ir vandens radiatorius, valymo pultas, pagrindinis frikcionas, degalų bakas ir kt. Kai kurie nuimti ir nuplauti mazgai ir agregatai prieš remontą diagnozuojami, nustatomas jų resursas ir gedimas. Netvarkingi mazgai ir agregatai, pavyzdžiui, pagrindiniai ir paleidimo varikliai, degalų siurbiai su reguliatoriais ir purkštuvais, hidraulinės sistemos, turbokompresoriai, pavarų dėžės, variatoriai ir kt., nuplauti, bet neišardyti, siunčiami į specialias remonto įmones.

Kai mazgai ir detalės defektuojamos neišardytame automobilyje, sumažėja ardymo, plovimo ir montavimo darbų, mažesnės ir atsarginių detalių sąnaudos, nes dalis mazgų būna tinkamų, mažiau detalių sugadinama ir geriau naudojamas jų resursas. Diagnozuoti ne visai išardytus reikia variklius (bloke likęs alkūninis mechanizmas), alyvos ir degalų siurblius su reguliatoriais, purkštuvais ir vamzdeliais, elektros įrengimus ir hidraulines sistemas, pavarų dėžes, užpakalinius tiltus, turbokompresorius, valdymo įtaisus ir kt. Ardymo operacijas privalo stebėti kontrolierius defektuotojas.

Prieš ardymą varžoma ir tikrinama, ar sveiki ir tvirti sriegiai, neįtrūkusi įsriegta skylė.

Išardžius mazgus arba iš jų išėmus detales, ypač bazines, tvirtinimo detales (varžtus, veržles) reikia rankomis išukti atgal. Tada lengviau tikrinti srieginių sujungimų tarpelius, nesugadinami sriegiai, patogiau nustatyti, kiek tvirtinimo detalių trūksta.

Neverta iškomplektuoti degalų siurblių precizinių porų, labai tikslių srieginių sujungimų, jei jie dar tinkami. Tokias detales reikia įstatyti į ankstesnę vietą arba paženklinėti, pavyzdžiui, švaistiklių dangtelius ir smagračius – ties alkūniniu velenu, blokų galvutes – ties variklio bloku, alkūninių velenų pagrindinių guolių dangtelius, didįjį kūginį krumpliaratį – ties diferencialo korpuso flanšu ir kt.

Kai ardomas reguliuojamos detalės, ypač kūginiai guoliai, reikia tikrinti, ar pakanka tarpelio joms reguliuoti.

Prieš ardymą būtina reikia nustatyti kai kurių tarpelių plotį ir ašinį laisvumą. Pavyzdžiui, reikia išmatuoti alkūninio veleno išilginį laisvumą pagrindiniuose guoliuose, tarpelį tarp stūmoklio ir įvorės, skirstymo veleno išilginį laisvumą, tarpelius išdrožiniuose sujungimuose ir kt.

Iš išmatuotų tarpelių arba ašinio laisvumo galima spręsti, ar detalės dar tinkamos, nustatyti jų remonto ir atnaujinimo darbų apimtį.

Ardant, renkant ir remontuojant automobilius, tenka iš jų išimti ir transportuoti įvairius agregatus, mazgus ir griozdiškas detales. Šie darbai dirbami kėlimo ir transporto įrengimais. Įrengimai yra trejopi: kėlimo, kėlimo ir transporto, transporto.

Kėlimo ir transporto įrengimais (tiltiniais, pervežamaisiais, pasukamaisiais kranais, vienbėgiais keliais) kroviniai kilnojami ir stumdomi.

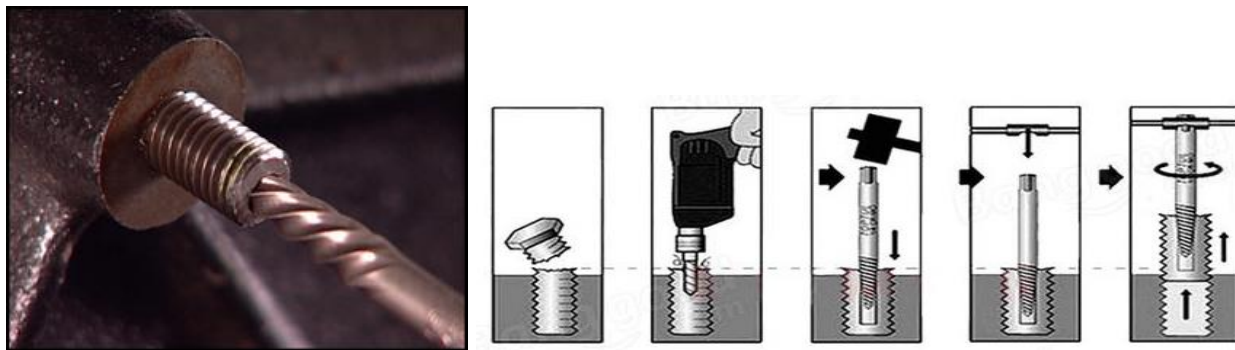
Ardymo ir surinkimo darbai sudaro 33–56 proc. visų remonto darbų. Ardymui paspartinti ir palengvinti yra sukurti specialūs stendai, kuriuose paprastai atliekami ir surinkimo darbai. Juose, be įvairios formos atramų, tvirtinimo priemonių, griebtuvų su vienokia ar kitokia pavara, yra įtaisyti specialūs presai sujungimams ardyti ir surinkti. Visose ardymo vietose turi būti pakankamos galios kėlimo ir transporto priemonių [1].

Srieginių sujungimų ardymas. Srieginiai sujungimai plačiausiai naudojami automobilių, traktorių mechanizmuose ir mazguose. Srieginiams sujungimams ardyti ir surinkti tinka terkšliniai, frikciniai ir alkūniniai raktai su keičiamomis galvutėmis, mechaniniai veržliasukiai, sriegiasukiai, smeigiasukiai. Veržliasukiai gali būti elektriniai, pneumatiniai ir hidrauliniai. Jie skirstomi į kilnojamus ir stacionarius. Smeigės išsukamos specialiu raktu, mechanizuotu išsuktuvu arba paprastu veržliasukiu, panaudojant dvi ant smeigės užsuktas veržles. Galima naudoti specialų raktą, pvz., ekscentrinį (4.7 pav.).

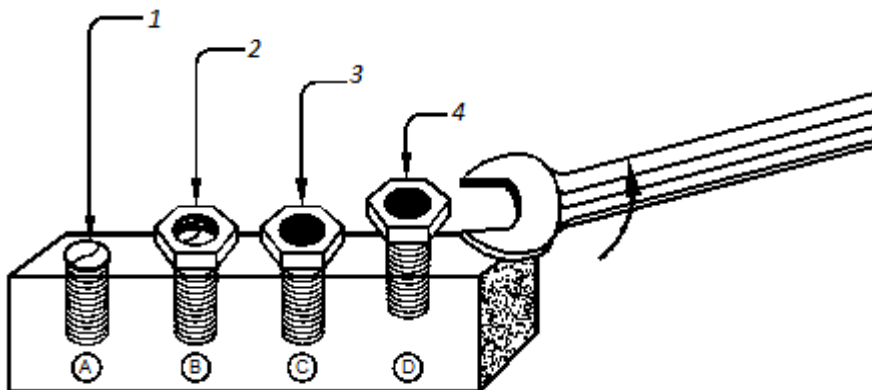


4.7 pav. Ekscentrinis raktas [40]

Nulūžusioje smeigėje išgręžiama skylė ir į ją įkalamas rifliuotas užgrūdintas strypelis (4.8 pav.). Geriau išgręžtoje smeigės skylėje reikia įsriegti priešingos krypties sriegį ir, įsukus į jį varžtą, smeigę išsukti. Kai nulūžusios smeigės galas yra išsikišęs, ant jo užsukama arba užmaunama veržlė ir privirinama (4.9 pav.).



4.8 pav. Rifliuoti strypeliai smeigės išsukimui [41]



4.9 pav. Smeigės išsukimas privirinus veržlę: 1 – nulūžusios smeigės galas, 2 – uždėdama veržlę, 3 – privirinama veržlė, 4 – veržliarakčiu išsukama smeigė [42].

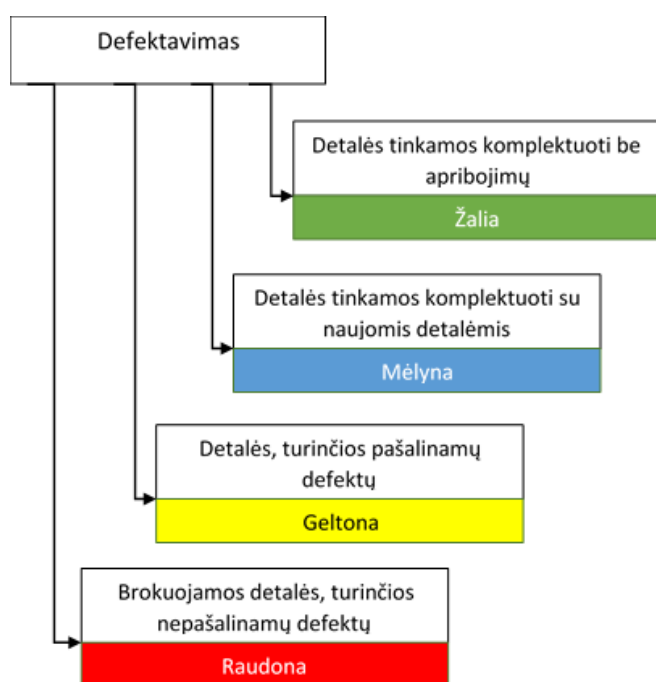
4.4. Defektavimas

Defektavimas – tai visų remontuojamo objekto detalių techninės būklės patikrinimas ir jų suskirstymas į tinkamumo grupes (4.10 pav.).

Defektuotojai dirba specializuotose darbo vietose, aprūpintose visais reikalingais kontrolės ir matavimo prietaisais. Techniniai reikalavimai ir prietaisai nurodomi defektavimo kortelėse.

Defektuojamos detalės matuojamos, apžiūrimos, nustatoma jų techninė būklė ir tinkamumas toliau eksploatuoti arba atnaujinti. Defektuojama pagal mažiausią veleno skersmenį ir didžiausią tarpą. Paskui surašomas defektuotų mazgų ir detalių žiniaraštis. Jis yra remonto darbų, detalių atnaujinimo operacijų, atsarginių dalių ir medžiagų reikmės nustatymo dokumentas. Specializuotose mašinų remonto įmonėse toks žiniaraštis nerašomas.

Defektuojamos detalės skirstomos į penkias grupes ir spalvinamos: tinkamos – žaliai, tinkamos mazgams su naujomis arba su atnaujintomis detalėmis – geltonai, tinkamos remontuoti dirbtuvėse arba specializuotose remonto įmonėse – baltai, tinkamos remontuoti tik specializuotose įmonėse – mėlynai ir netinkamos (metalo laužas) – raudonai.



4.10 pav. Detalių defektavimo schema ir defektuotų detalių žymėjimas [1]

Detalių, mazgų ir agregatų būklė nustatoma apžiūrint, apčiuopiant, matuojant prietaisais ir kt.

Apžiūrimas išardytas agregatas – nustatomas jos komplektiškumas, sugadintos detalės (įlūžusios, įskilusios ir kt.), apsinėšusios nuosėdomis (nuoviromis, nuodegomis, koksų, laku ir kt.), nesandarios (praleidžiančios alyvą, degalus, vandenį ir kt.).

Apčiuopiant nustatomi išdilę ir sugadinti sriegiai, dėl nuovargio įdubusios ir išeižėjusios vietos (ritininiai ir rutuliniai guoliai, riebokšliai ir kt.).

Beldžiant nustatomas korpusų, dangtelių kaiščių ir smeigių (standžiai įtvirtintų kaiščių ir smeigių skambesys būna metalinis), įvorių suleidimo tvirtumas (lengvai beldžiant normaliai suleistų įvorių skambesys irgi būna metalinis), randami įtrūkiai, kurių negalima nustatyti apžiūrinėjant (įtrūkusios detalės skambesys drebančios).

Universaliais matavimo prietaisais nustatoma, kiek nuo normalių skiriasi detalių matmenys, tarpas arba įvarža, forma, profilis ir kt.

Matuojama slankmačiais, mikrometrais, vidmačiais su indikatoriais, tarpumačiais, slankmačiais su brėžtuvais, slankmačiais su krumpliaračiais, universaliais stovais su indikatoriais, plokštėmis, liniuotėmis, matavimo prietaisais: optimetrais, minimetrais, mikroskopais. Pavyzdžiui, krumpliaračio krumplių nuodylą galima išmatuoti slankmačiu su krumpliaračiu atitinkamame aukštyje išmatavus jo storį; veleno kakliuko nudilimas matuojamas mikrometru, cilindro – vidmačiu su indikatoriumi, cilindro galvutės plokštuma – liniuote su tarpumačiu ir kt. Įvairiais kietmačiais matuojamas detalių kietumas.

Kalibravimo įrankiu defektuojamas cilindro išorės ir vidaus lygus, taip pat fasoninis (krumpliai, išdrožos, stūmoklio žiedų grioveliai, kaiščių grioveliai ir kt.) paviršius (4.11 pav.).

Kalibravimo prietaisai gaminami pagal vienos ribos principą. Kai velenas įlenda į kalibravimo prietaisą, tai reiškia, kad jo matmenys mažesni už leistinus, veleną reikia brokuoti. Taip pat matuojami ir krumpliaračių krumpliai.



4.11 pav. Kalibravimo prietaisai: a – velenams, b – skylėms, c – srieginiams paviršiams, d – krumpliaraičiams, e – vidiniams šešiakampiams, f – išdrožiniams paviršiams [43, 44]

Kalibravimo prietaisai (kamščiai) detalėms brokuoti pagal vidaus skersmenį gaminami taip pat vienos ribos, nes išdilusios detalės skylė ovali, o jos skersmuo nustatomas kalibravimo prietaisu.

Matavimo kamščiai ir apkabos gaminami įvairių matmenų, todėl pakanka mažesnio jų skaičiaus.

Specialiais prietaisais, įtaisais ir įrengimais aptinkama nemažai sugedusių mazgų ir detalių. Pavyzdžiui, bloko ir jo galvutės, išmetimo ir įsiurbimo sistemų vamzdžių plyšiai, radiatoriaus šerdies ir kitų detalių sandarumas nustatomas hidrauliniu arba pneumatiniu būdu atitinkamais stendais. Detalių (spyruoklių, žiedų) stangrumas tikrinamas prietaisu su svarstyklių mechanizmu. Velenų kakliukai tikrinami centrais arba prizmėmis, švaistiklių ašys – specialiais prietaisais ir kt. Universaliu prietaisu su indikatoriumi tikrinamas riedėjimo guolių radialinis tarpas. Defektuojama pagal techninių sąlygų reikalavimus [1].

Neardomosios kontrolės metodai. Konstrukcijų elementų ir mašinų detalių suirimo priežasčių analizė rodo, kad eksploatacinis ilgalaikiškumas gali būti padidintas laiku atlikus techninės būklės įvertinimą.

Techninės būklės įvertinimas gali būti atliekamas gaminant detalę technologinio proceso metu, eksploatacijos ir remonto metu.

Neardomosios kontrolės metodų paskirtis:

- defektoskopija – tuštumų, plyšių, įtrūkių ir kitokių defektų aptikimas;
- matmenų nuokrypų nuo verčių: gaminio ilgio, pločio, aukščio, sienelės storio, paviršiaus sluoksnio (pvz., užgrūdinto) storio, kontrolė;
- fizikinių ir cheminių objekto savybių (magnetinės skvarbos, elektrinio laidžio, kietumo, struktūros, tankio ir pan.) nustatymas;
- pavojingų reiškinių, vykstančių konstrukcijoje (plyšių, įtempių, tarpų didėjimo, sienelių suplonėjimo), diagnozavimas.

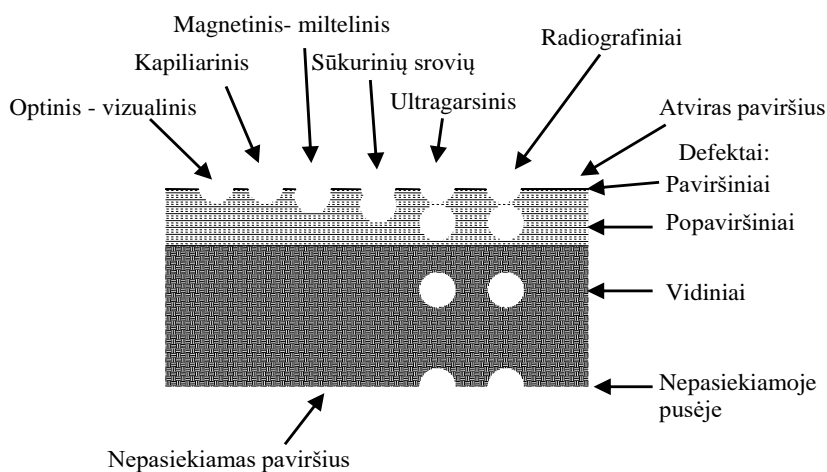
Dėl to kontrolė skirstoma į:

- neardomąją defektų kontrolę;
- neardomąją savybių kontrolę;

- neardomąją įtempių kontrolę.

Gali būti nustatomi tiek įtempiai nuo apkrovos, tiek liekamieji įtempiai. Kur kas geriau išplėtota neardomoji defektų ir įtempių kontrolė, o neardomoji medžiagų savybių kontrolė, nors labai perspektyvi, plačiau pradėta taikyti tik paskutiniaisiais metais. Taip atsitiko todėl, kad dauguma mechaninių savybių nusako netamprią medžiagų elgseną, dėl to jos negali būti nustatomos neardomosios kontrolės metodais (išskyrus tamprumo modulį). Tačiau NK metodais galima kontroliuoti medžiagos mikrostruktūrą, kuri yra glaudžiai susijusi su medžiagos elektrinėmis, magnetinėmis ir šiluminėmis savybėmis, todėl šios savybės sėkmingai nustatomos NK metodais. Makroskopinės netampriosios savybės (tarp jų medžiagos mechaninės charakteristikos) priklauso nuo daugiau priežasčių, bet ir čia yra ryšys su mikrostruktūra. Tai leidžia tikėtis ateityje NK metodais nustatyti ir mechanines medžiagų charakteristikas.

Neardomosios defektų kontrolės metodai pagal tai, kokiais fizikiniais reiškiniais remiamasi, skirstomi į optinius, akustinius, kapiliarinius, magnetinius, šiluminius, nuotėkių paieškos, elektrinius, elektromagnetinius, radiacinius.



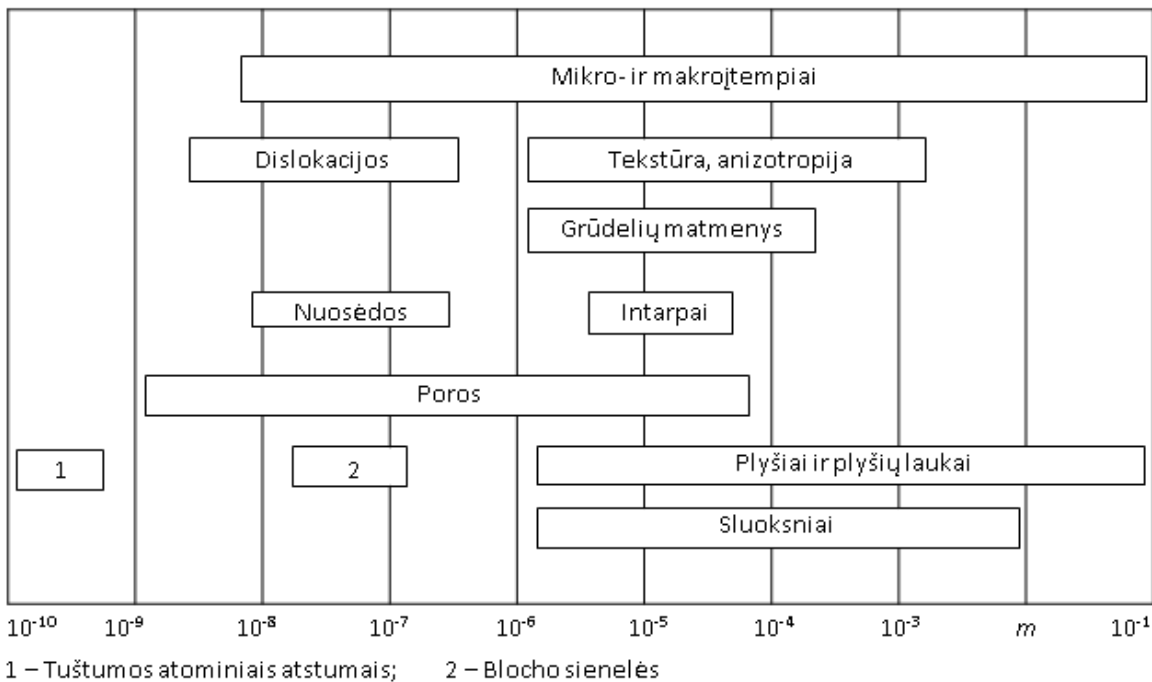
4.12 pav. Defektų kontrolės metodų taikymo galimybės

4.12 pav. parodytos neardomųjų kontrolės metodų taikymo galimybės. Paviršinius defektus galima aptikti optiniu-vizualiniu, kapiliariniu ir visais kitais metodais. Jeigu defektas yra tam tikrame gylyje, tai taikomi magnetinis-miltelinis, sūkurinių srovių, ultragarsinis, radiografinis ir kiti metodai. Vidinius defektus, taip pat defektus ant paviršių, prie kurių neįmanoma prieiti, galima aptikti ultragarsiniu ir radiografiniu metodais.

Kaip NK metodais nustatomi mikrostruktūrų ir defektų tipai priklauso nuo jų matmenų, parodyta 4.13 paveiksle.

Be kontrolės tikslo, neardomosios kontrolės metodus taip pat galima klasifikuoti pagal: 1) fizikinį procesą, 2) sąveikos su objektu pobūdį (pvz., matuojamas per objektą perėjusio spinduliavimo intensyvumas), 3) pirminį informatyvų parametą (pvz., matuojama bangos amplitudė), 4) pirminės informacijos gavimo būdą – pirminį matavimo keitiklį (jutiklį) arba naudojamą medžiagą.

Pagal tai, kokių fizikinių procesų remiasi, neardomoji kontrolė gali būti skirstoma taip: kontrolė skvarbiomis medžiagomis, magnetinė kontrolė, elektrinė kontrolė, kontrolė sūkurinėmis srovėmis, kontrolė radijo bangomis, šiluminė kontrolė, optinė kontrolė, radiacinė kontrolė ir akustinė kontrolė.



4.13 pav. Mikrostruktūrų ir defektų tipų priklausomybė nuo jų matmenų

Kontrolė *skvarbiomis medžiagomis* paremta specialios medžiagos įsiskverbimu į kontroliuojamąjį objektą. Ji skirstoma į *kapiliarinę* ir *hermetiškumo* kontrolę. *Magnetinė* NK remiasi magnetinio lauko sąveika su kontroliuojamu objektu. *Elektrinė* kontrolė paremta specialiai sukurtu arba atsirandančio dėl kokio nors fizikinio efekto elektros lauko sąveika su kontrolės objektu. *Sūkurinių srovių* kontrolė pagrįsta sūkurinių srovių keitiklio elektromagnetinio lauko sąveika su lauku, indukuotu kontroliuojamame objekte. *Radio bangų* kontrolės atveju radijo dažnių ruožo elektromagnetinės bangos sąveikauja su kontrolės objektu. Taikant *šiluminę* kontrolę, registruojami tiriamo objekto šiluminiai laukai. *Optinė* kontrolė remiasi optinio spinduliavimo, sąveikaujančio su tiriamuoju objektu, parametrų stebėjimu ir registravimu. Čia pagal sąveikos pobūdį skiriami *perėjusio, atspindėto, išsklaidyto* ir *indukuoto* spinduliavimo metodai. *Radiacinės* kontrolės atveju analizuojamas ir registruojamas jonizuojantysis spinduliavimas po jo sąveikos su kontrolės objektu. Atsižvelgiant į jonizuojančiojo spinduliavimo prigimtį, skiriama *rentgeno spindulių, gama, beta dalelių* ir *neutronų* spinduliavimo kontrolė. Pastaruoju metu pritaikomas net *pozitronų* spinduliavimas. *Akustinėje* kontrolėje registruojamos tampriosios bangos, sklindančios tiriamajame objekte. Dažniausiai naudojamos ultragarsinės (aukštesnio nei 20 kHz dažnio) bangos, todėl ši kontrolė dažnai vadinama *ultragarsine*.

4.4.1. Optinis-vizualinis metodas

Technologinio proceso metu išoriniu medžiagos paruošų ir gaminių apžiūrėjimu nustatomas geometrinės formos pokytis ir išoriniai trūkumai (erozinės ir korozinės pažaidos, įpjovos, užvartos ir kt.). Eksploatacijos metu žmogaus akis yra pagrindinis kontrolės prietaisas atliekant defektoskopinę apžiūrą, kai nustatomas paviršiaus poringumas, makroplyšiai, spalvos, paviršinės dangos pokytis ir pan.

Optinės kontrolės metodus sąlygiškai galima suskirstyti į tris grupes:

- vizualūs kontrolės metodai; kontrolės rezultatus lemia subjektyvios operatoriaus savybės – regėjimas, žinios ir patyrimas; šie metodai paprasčiausi, todėl ir taikomi dažniausiai;
- fotometrini, densitometrini, spektrini ir televizini metodai; naudojami tam tikri prietaisai, todėl kontrolė objektyvesnė, ją galima automatizuoti;
- interferencini, difrakcini, fazinio kontrasto, refraktometrini, nefelometrini, poliarizacini, holografijos metodai; remiasi šviesos banginėmis savybėmis, todėl kartais jų jautris

siekia dešimtasias šviesos bangos ilgio dalis, bet aparatūra yra sudėtingesnė.

Atliekant vizualinę optinę kontrolę, žmogaus akies galimybes padidina optiniai prietaisai: lupos, mikroskopai, teleskopiniai ir projekciniai įtaisai. Didžiausias jų trūkumas – mažas kontrolės našumas, todėl dažnai šie prietaisai naudojami įtartinoms objekto vietoms patikrinti.

Vizualiai sunkiau kontroliuoti vidines objekto ertmes. Norint tai padaryti kuriami specialūs optiniai prietaisai – endoskopai. Jų techninės charakteristikos labai pagerėjo pritaikius šviesolaidžius. Labai perspektyvios televizinės sistemos, kurios paremtos techninės regos laimėjimais. Profesionalūs endoskopai (4.14 pav.) turi mažą skaitmeninę kamerą, kuri perduoda vaizdą. Kamera montuojama tiesiai ant lankstaus zondo galo ir turi įmontuotą reguliuojamą LED apšvietimą, kuris nesukelia spalvų iškraipymų. Lankstaus zondo viduje yra tik laidas, skirtas kamerai maitinti, apšvietimui ir vaizdui perkelti į endoskopo ekraną. Pro žvakės angą įleidžiant endoskopo kamerą aiškiai matomos cilindro sienelės, stūmoklio dugnas, vožtuvai. Vadinasi, galima nustatyti poros cilindras-stūmoklis nusidėvėjimą, aptikti anglies nuosėdų ant cilindro sienelių ir stūmoklio dugno, nustatyti pažeistus vožtuvus, neišardant variklio, įsitikinti, ar nėra įtrūkimų cilindro bloko galvutėje.



4.14 pav. Vaizdo endoskopai [68]

4.4.2. Kapiliarinis metodas

Kapiliarinis metodas paremtas drėkinimo reiškiniu. Šis reiškinys atsiranda dėl kietojo kūno ir skysčio atomų bei molekulių tarpusavio traukos. Dirbant kapiliariniu metodu, naudojami gerai objektą drėkinantys skysčiai. Darbinis skystis vadinamas indikatoriniu penetrantu. Kontrolė atliekama švariai nuvalytą paviršių (4.15 pav., b) sudrėkinus raudonos spalvos arba liuminescenciniu skysčiu, kuris gerai užpildo tuštumas (tai parodyta 4.15 pav., c).

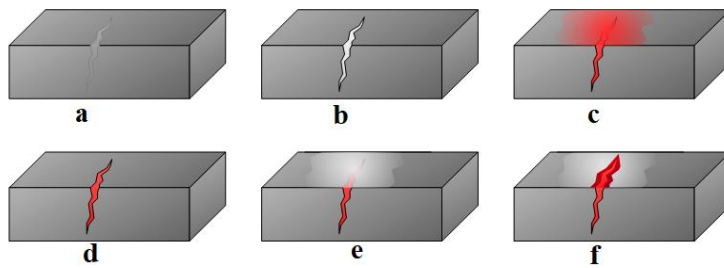
Vėliau skystis nuvalomas nuo detalės paviršiaus (4.15 pav., d). Defektuose likęs skystis matomas kaip tam tikros formos juostelė.

Penetranto paviršių pabarsčius milteliais, susidaro papildoma kapiliarų sistema, skystis prasisunkia į kūno paviršių ir drėkina miltelius – ryškala (4.15 pav., f). Tai fizikinė adsorbcija. Kartais panaudojama penetranto cheminė sąveika su ryškalu – cheminė adsorbcija. Išryškinus defekto matmuo matomas didesnis negu yra iš tikrųjų, dėl to defektą lengviau aptikti. Defekto vieta, forma ir ilgis detalės paviršiuje matyti 4.15 pav., e.

Spalvoto ir liuminescencinio metodo defektų kopijos medžiagų komplektą sudaro:

- raudonas arba liuminescencinis indikatorinis penetrantas (noriolas ir kt.);
- valymo skystis (vanduo, emulgatorius, techninis spiritas); ryškalas, kurio spalvoti variantai yra kreida, talkas, silikagelis; o liuminescenciniai variantai – įvairūs milteliai (kreida, talkas) ir nitroemaliai, pasižymintys geromis adsorbcinėmis savybėmis.

Išryškintas defektas apžiūrimas optinėmis priemonėmis arba ultravioletinėje šviesoje (taip paryškinamos defekto ribos).



4.15 pav. Kontrolė kapiliariniu metodu: a – pasirenkamas bandinys, b – nuvalomas paviršius, c – paviršiaus drėkinimas penetrantu; d – penetranto pertekliaus nuvalymas; e – ryškalo užpylimas; f – defekto matavimas [45]

Kapiliarinio metodo privalumai

1. Paprastumas – nereikia aukštos kvalifikacijos personalo.
2. Didelis jautris
3. Universalumas.
4. Patikimumas.
5. Vaizdumas.

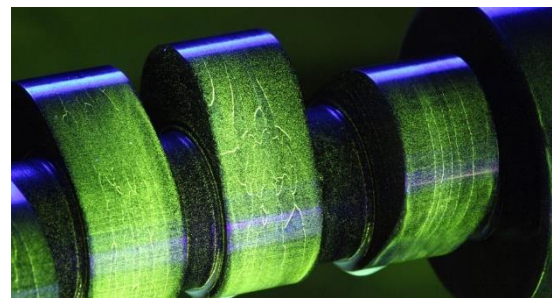
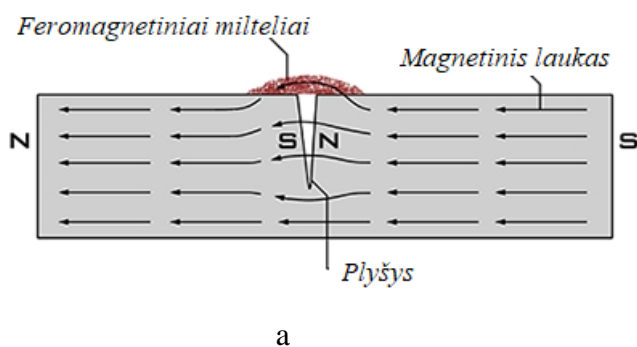
Kapiliarinio metodo trūkumai

1. Kontrolė trunka ilgiau negu taikant magnetinių miltelių metodą.
2. Aptinkami tik į paviršių išeinantys defektai.
3. Kontrolės rezultatai priklauso tik nuo subjektyvių operatoriaus savybių.
4. Reikia užtikrinti žmogaus saugos reikalavimus.
5. Metodą gana sunku automatizuoti.

4.4.3. Magnetinis metodas

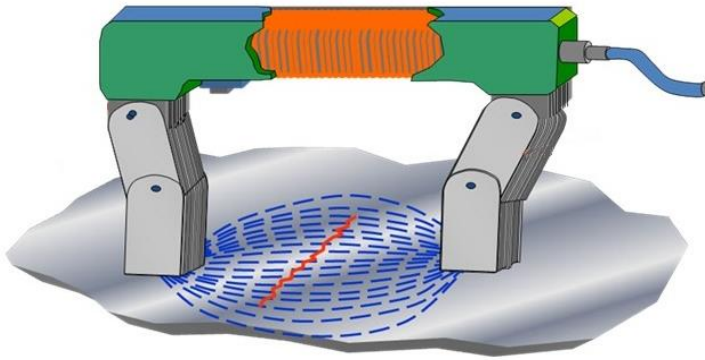
Magnetinis-miltelinis metodas pagrįstas magnetinio lauko skirtumais metale be defektų ir metale su defektais. Tiriamas objektas įmagnetinamas ir apibarstomas feromagnetiniais milteliais arba sudrėkinamas skysčiu, prisotintu fluorescencinių feromagnetikų. Geležies dalelės pritraukiamos prie tų vietų, kuriose yra magnetinė sklaida.

Magnetinio srauto sklaida plyšio aplinkoje parodyta 4.16 pav., a. Priklausomai nuo detalės matmenų, spėjamos defekto vietos ir dydžio gali būti taikomi įvairūs įmagnetinimo metodai.



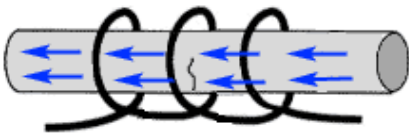
4.16 pav. Magnetinis metodas: a – magnetinio srauto sklaida defekto aplinkoje, b – defektų pasiskirstymas ant paskirstymo veleno [46]

4.17 pav. parodytas įmagnetinimas jungu, kuris taikomas didelių matmenų detalių lokalizuotam magnetiniam srautui sukurti.



4.17 pav. Magnetinimas jungu [47]

4.18 pav. parodytas įmagnetinimas rite, kuris taikomas nedidelio ir vidutinio dydžio detalėms (velenai, varžtai, vamzdžiai ir pan.). Įmagnetinimui naudojami nuolatiniai magnetai, pastovios ir kintamosios srovės šaltiniai. Esant kintamai srovei, didžiausias magnetinio srauto dydis yra detalės paviršiuje.



4.18 pav. Magnetinimas rite

Feromagnetiniai milteliai būna juodi arba padengti liuminescenciniu apvaskalu. Apibarstytos tokiais milteliais detalės defektas ultravioletinėje šviesoje ryškesnis ir jo dydį lengviau nustatyti optinėmis priemonėmis.

Šiuo metodu galima aptikti paviršiuje ir iki 0,1 mm gylyje esančius defektus. Metodo jautris 2,5–25 μm .

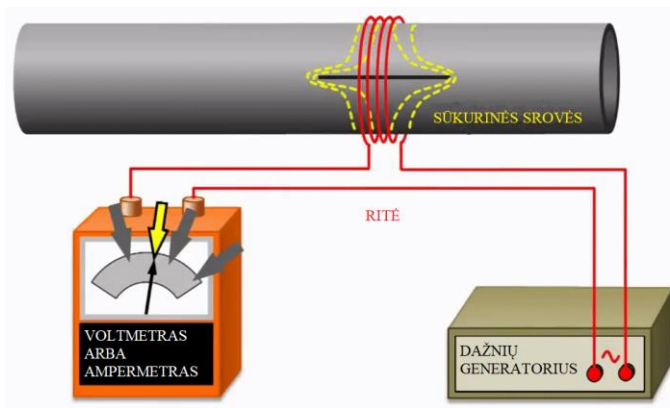
4.4.4. Sūkurinių srovių metodas

Sūkurinių srovių metodas gali būti taikomas visoms laidžioms srovei medžiagoms. Jeigu kintamąją srovę maitinamas solenoidas įtaisomas arti detalės, kuri padaryta iš laidžios srovei medžiagos, tai medžiagoje susidaro magnetinis laukas. Jeigu medžiagoje nėra defektų, pirminis ir antrinis magnetiniai laukai bus vienodi.

Pirminis magnetinis laukas – prietaiso balansavimas etaloniniu bandiniu, kuriame nėra defektų. Nevienalytiškumai medžiagoje iškraipo magnetinį lauką taip, kad antrinis magnetinis laukas sumažėja. Šiuo atveju sukūrinės srovės medžiagoje nueina didesnę atstumą (tai parodyta 4.19 pav.). Gaunamas sudėtinis magnetinis laukas, kurį fiksuoja kontrolinis prietaisas. Rodmens dydis priklauso nuo defekto dydžio.

Metodas taikomas vamzdžių ir kitų detalių defektoskopijai.

Privalumas – bekontaktis matavimas. Nors tarpas tarp objekto ir matuoklio nedidelis (nuo milimetro iki kelių mm), jo užtenka objektui laisvai judėti. Metodas nejautrus aplinkos sąlygoms – atmosferos drėgmei, slėgiui, užterštumui, radioaktyviajam spinduliavimui.



4.19 pav. Sūkurinių srovių metodas [48]

4.4.5. Ultragaršinis metodas

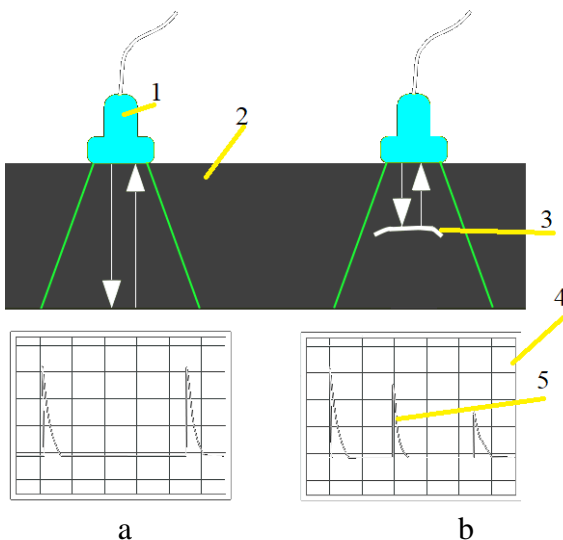
Ultragaršinis metodas yra plačiai taikomas, nes juo galima nustatyti defekto plotą ir gylį detalėje. Neardomosios kontrolės prietaisuose taikomas 0,5–10 MHz dažnis. Pjezoelektriniu kristalu sukuriama ultragarso bangos, kurios ir sužadina medžiagoje tamprus svyravimus. Tiesioginis pjezoeftas (elektros krūvių atsiradimas, deformuojant pjezoelektrinės medžiagos plokštelę) naudojamas garso bangoms priimti, o atvirkštinis pjezoeftas (plokštelės deformacija, pridėjus potencialų skirtumą) – garso bangoms spinduliuoti. Elementas, spinduliuojantis garso bangas, vadinamas ieškikliu. Elementas, priimančias garso bangas, vadinamas imtuvu.

Ultragarso impulsai siunčiami į detalę ir, jeigu defekto nėra, atsispindi nuo priešingo detalės paviršiaus.

Defektoskopo ekrane pradinis impulsas atitinka išspinduliavimo momentą. Atsispindėjęs spindulys matomas ekrane kitoje vietoje (žr. 4.20 pav.). Signalo aukštis ekrane yra bangos plitimo laiko funkcija.

Žinant ultragarso plitimo medžiagoje greitį, galima nustatyti detalės storį arba atstumą iki defekto. Skalė sudaryta taip, kad iš karto galėtų parodyti atstumą milimetrais.

Ultragaršinės kontrolės informacinis parametras yra aido signalo amplitudė ir jų išsidėstymo ekrane vieta (žr. 4.20 pav.).

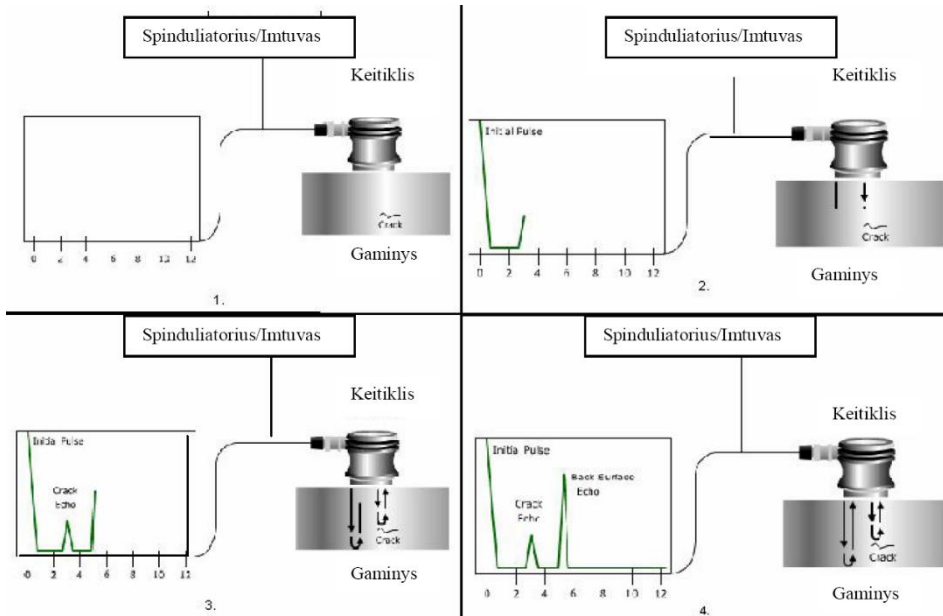


4.20 pav. Ultragaršinis metodas: a – pradinė pjezozagalvutės padėtis; b – pjezozagalvutė ties defektu; 1 – pjezozagalvutė (siųstuvas-imtuvas); 2 – detalė; 3 – defektas; 4 – ekranas; 5 – signalas nuo defekto [49]

Defekto dydis ir vieta detalėje yra svarbūs veiksniai, norint įvertinti tolesnę eksploatacijos trukmę. Ultragaršinės kontrolės metodas *TOFD* (angl. *Time-of-flight-diffraction Technique*) taikomas

defektų padėčiai detalėje nustatyti. Šiam metodui pritaikytos išilginės garso bangos tam, kad pirminis difrakcijos signalas nuo plyšio viršūnės taip pat būtų išilginė banga.

Jeigu ultragarsinė banga pasiekia paviršių arba defektą tam tikru kampu į jos normalę, tai atspindžio banga sudarys išilgines ir skersines dedamąsias. Šių dedamųjų greičiai skirtingi, todėl rezultatą gausime, jeigu žinosime, kokias bangas matuojame. Paprastai dirbant *TOFD* metodu matuojamos išilginės atspindžio bangos. 4.21 pav. parodytas įvairiai orientuotų defektų matavimas.

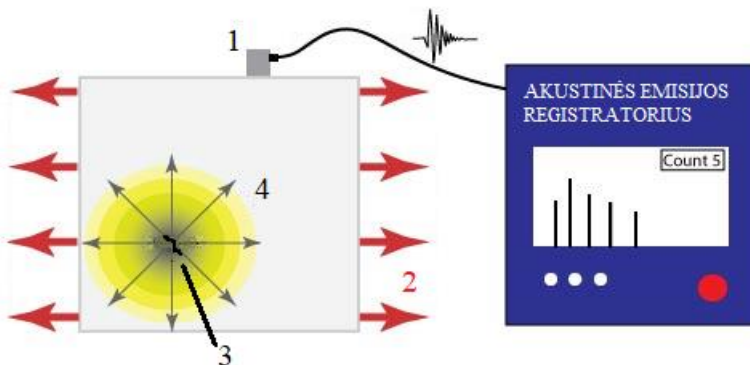


4.21 pav. Įvairiai orientuotų defektų matavimas [50]

4.4.6. Akustinės emisijos metodas

Akustinės emisijos metodas priklauso tūriniam kontrolės metodams. Jis dažniausiai taikomas slėginiam indams kontroliuoti. Kontrolės metu indas apkraunamas. Kintant slėgiui, mikrofonais, pritvirtintais prie indo sienelių, matuojami triukšmai. Keičiant mikrofonų padėtį, nustatoma defekto vieta. Žinoma, kad plyšys konstrukcijos elemente pradeda didėti, jeigu įtempimai pasiekia tam tikrą ribinį dydį. Plyšio didėjimą lydi įvairaus dažnio garso bangos. Mikrofonais garsas perduodamas registruojančiai ir analizuojančiai aparatūrai (žr. 4.22 pav.).

Akustinio impulso metodas taikomas daugiasluoksnių konstrukcijų neardomajai kontrolei. Jo veikimas grindžiamas mechaninio impedanso kontroliuojamo gaminio defektiniuose ir bedefekčiuose ruožuose skirtumu. Jeigu keitiklis yra virš ruožo, kuriame atsokęs sluoksnis, arba nelaiko klizai, reakcijos jėgos amplitudė sumažėja, nes atsisluoksniavusios konstrukcijos dalies standumas yra mažesnis negu bedefekčio ruožo.

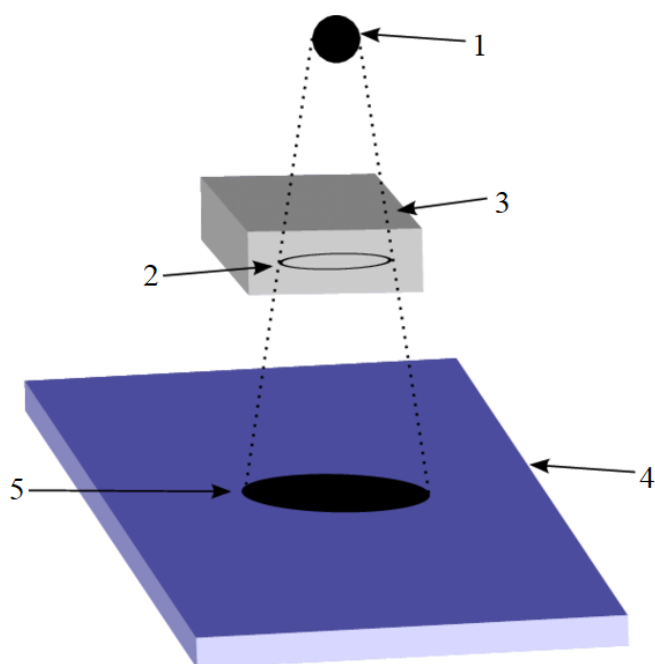


4.22 pav. Akustinės emisijos metodas: 1 – mikrofonas; 2 – apkrova; 3 – defektas; 4 – akustinė emisija [51]

4.4.7. Radiografiniai metodai

Radiografinis metodas pagrįstas elektromagnetinių spindulių poveikiu fotojuostai. Tiriamas objektas dedamas tarp spindulių šaltinio ir fotojuostos. Spindulių šaltinis – tai rentgeno arba gama spinduliai, kurie gali prasiskverbti į gilius sluoksnius. Šiuo metodu galima aptikti storio ir tankio nevienodumus, plyšius ir poras. Jei yra tuštumų ar vientisumo pokyčių, spinduliavimo intensyvumas keičiasi. Tuštumos vietoje intensyvumas yra didesnis negu vientisoje ir vienalytėje medžiagoje. Informaciniai matavimų parametrai yra tam tikrų plėvelės ruožų patamsėjimai.

Spindulių šaltiniais taip pat gali būti neutronų ir kitų elementariųjų dalelių srautai. Principinė defektų matavimo radiografiniais metodais schema parodyta 4.23 pav.



4.23 pav. Radiografinis metodas: 1 – rentgeno spindulių šaltinis; 2 – tuštuma; 3 – tiriamas objektas; 4 – fotojuosta; 5 – patamsėjimas fotojuostoje [52]

Šiuo metu pradedami taikyti ir kiti radiacinės kontrolės metodai: neutroninė, protoninė radiografija, autoradiografija, kontrolė radioaktyviosiomis dujomis, kontrolė pozitronais.

Neutronų sąveika su medžiaga labai priklauso nuo medžiagos cheminės sudėties ir neutronų energijos. Neutronų spinduliavimu galima aptikti nedidelius organinės medžiagos, vandenilio arba drėgmės kiekius storioje metalo sienelėje, o tai neįmanoma kitais metodais.

Protonai (α dalelės) prasiskverbia tik pro ploną medžiagos paviršiaus sluoksnį, todėl šitaip galima tiksliai išmatuoti plonų metalo lakštų, folijos storį. Autoradiografijos metodu galima kontroliuoti gaminius, į kurių sudėtį įeina radioaktyviosios medžiagos arba izotopai (gaminys turi pats būti jonizuojančiojo spinduliavimo šaltinis).

Labai jautrus *radioaktyviųjų dujų*, dažniausiai kriptono 85, metodas, kuriuo galima aptikti 0,01 μm pločio įtrūkimus. Deja, didesni defektai (20 μm ir didesnio pločio) ne visuomet aptinkami, todėl metodas taikomas kartu su kitais metodais (pvz., su kapiliarinės defektoskopijos metodu).

Pozitronų metodu galima aptikti nuovargio įtrūkimus pačioje jų radimosi pradžioje, nes pozitronai, reaguodami su medžiagos dislokacijos elektronais, sukuria γ kvantus.

Gana plačiai radiaciniai kontrolės metodai taikomi medžiagų storiui ir fiziniams bei cheminėms savybėms matuoti. Tokie matavimai dažniausiai atliekami radiometrijos, rečiau radioskopijos ir radiografijos metodais. Matuojami metaliniai (plieno, vario, nikelio, cinko, titano) lakštai, kurių storis iki 16 mm, o matavimo neapibrėžtis –1–3 proc. Dažniausiai naudojami prietaisai, matuojantys per lakštą perėjusio spinduliavimo intensyvumą. Sukurti β spinduliavimo galvaninių dangų storio matuokliai.

Antrinio spinduliavimo intensyvumas ir spektras priklauso nuo kontroliuojamo objekto medžiagos tankio ir cheminės sudėties. Tai ir panaudojama šių savybių kontrolei. Šiuo būdu galima kontroliuoti medžiagos tankį, koncentraciją, kurio nors elemento kiekį arba jo buvimą medžiagoje. Pavyzdžiui, neutronų spinduliavimu galima nustatyti drėgmės kiekį biriose medžiagose.

4.4.8. Kontrolė radijo bangomis

Naudojamos superaukštųjų dažnių (SAD) ruožo (1–100 mm bangos ilgio) radijo bangos. Tokiu metodu kontroliuojamos medžiagos, kuriose šios bangos nelabai stipriai slopsta: plastikai, keramika, feritai, puslaidininkiai. Nuo metalų šios bangos atsispindi, todėl galima kontroliuoti tik plonasienius gaminius.

Pagal sąveikos su objektu pobūdį skiriami perėjusiojo, atsispindėjusiojo, išsklaidytojo spinduliavimo ir rezonansinis metodai. Pirminis informatyvus parametras gali būti bangos amplitudė, fazė, poliarizacija, dažnis, sklaidimo trukmė ir t. t. Radijo bangų spinduliavimą galima vizualizuoti panaudojant liuminoforus, skystus kristalus ir fotomedžiagas. Be to, ši spinduliavimą galima aptikti puslaidininkių ir termoelektriniais jutikliais.

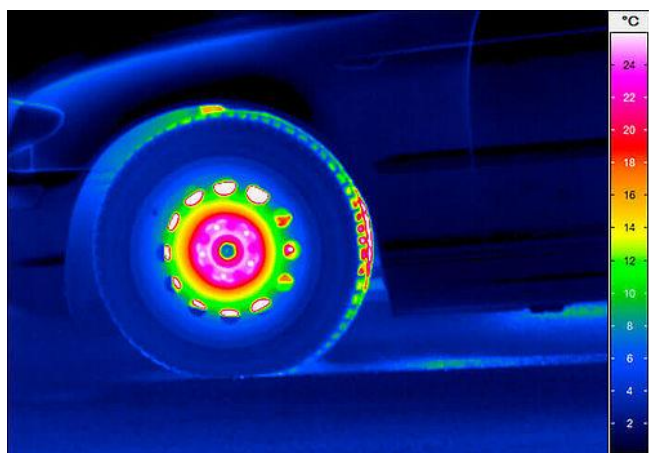
Šiuo kontrolės metodu galima aptikti defektus, pamatuoti gaminio storį, elektromagnetines savybes. Metodas gana sudėtingas, nes elektromagnetinis laukas priklauso nuo daugelio objekto parametrų.

Šiai grupei galima priskirti ir paskutiniu metu sparčiai tobulėjantį *branduolinio magnetinio rezonanso* metodą. Metodas tinka polimerų ir kompozitų savybėms tirti. Jis remiasi atomų branduolių magnetinių momentų sąveika su išoriniu magnetiniu lauku. Tiriamasis objektas dedamas į magnetinį lauką, kuris turi nuolatinę ir radijo dažnio kintamąją dedamąją. Paprastai vandenilio branduoliai (protonai) duoda stiprų signalą, kurį galima aptikti pagal radijo dažnio signalo pokyčius. Šitaip galima nustatyti drėgmės kiekį medžiagoje arba jos struktūros ir cheminės sudėties pokyčius.

4.4.9. Šiluminė kontrolė

Dirbant šiuo metodu, registruojamas objekto šiluminis laukas. Taip galima kontroliuoti bet kokios medžiagos gaminius. Pagal sąveikos su objektu pobūdį metodas *būna pasyvus* (arba *savojo* spinduliavimo) ir *aktyvus*. Antruoju atveju kontrolės objektas priverstinai kaitinamas arba šaldomas. Informatyvus parametras yra temperatūra arba šilumos srautas.

Pasyviuoju metodu kontroliuojami objektai, kurie patys yra šilumos šaltiniai (4.24 pav.). Taip aptinkami vidaus degimo variklių detalių įtrūkimai, įkaitusios elektroninių grandinių detalės ir pan.



4.24 pav. Stabdžių ABS sistemos šiluminė kontrolė [53]

Dirbant aktyviuoju metodu, objektas įkaitinamas kontaktiniu arba bekontakčiu būdu, stacionariu arba impulsiniu šilumos šaltiniu. Taip galima aptikti defektus, objekto medžiagos struktūros ir fizinių bei cheminių savybių pokyčius.

Kaip šilumos šaltiniai naudojami dujiniai ir plazminiai degikliai, karštas skystis arba oras, elektros srovė, elektromagnetinis laukas, elektronų spindulys vakuume, kvantinis generatorius.

Aprašyti neardomosios kontrolės metodai konkrečioms detalėms arba bandiniams su defektais matuoti parenkami atsižvelgiant į detalės paskirtį, galimą trūkumą (plyšius, tarpus, intarpus, poras, tuštumas ir kitų galimų defektų padėtį, formą ir būklę).

4.5. Surinkimas

Surinkimas – ardymui atvirkščias technologinis procesas, kuriame, be įprastinių, atliekamos kontrolės, matavimo ir išbandymo operacijos. Mašina turi būti surenkama griežtai laikantis techninėje dokumentacijoje nurodytos surinkimo tvarkos ir režimų. Nuo surinkimo kokybės priklauso mašinos eksploatavimo trukmė.

Srieginiai sujungimai automobilyje sudaro apie 15–25 proc. visų sujungimų, o jų surinkimas sudaro 25–35 proc. visų surinkimo darbų. Visi smulkūs varžtai turi būti užveržti iki galo (4.1 lentelė), nes per silpnai užveržti atsileis, užveržus per stipriai, sriegis deformuosis, ardan tokios detalės bus išbrokuotos. Srieginių sujungimų užveržimo momentas kontroliuojamas dinamometriniais raktais (4.25 pav.).



4.25 pav. Dinamometriniai raktai [26]

4.1 lentelė. Srieginių detalių normalaus užveržimo momentas [1]

Sriegio skersmuo, mm	Užveržimo momentas, Nm	Sriegio skersmuo, mm	Užveržimo momentas, Nm
M10	30–40	M18	160–190
M12	50–60	M20	230–270
M14	80–90	M22	300–340
M16	120–140	M24	380–450

Labai svarbu tinkamai surinkti pagrindinius srieginius sujungimus. Tam naudojami dinamometriniai ar ribiniai raktai. Ypač svarbios srieginės detalės fiksuojamos kaiščiais, deformuojamomis poveržlėmis, vielos raiščiais. Ne tokius svarbius sujungimus galima veržti atitinkamos galios pneumatiniiais, hidrauliniais ar elektriniais raktais.

Maždaug 15 proc. srieginių jungčių reikia priveržti pagal norminį sukimo momentą, kurio vertė nustatyta gamintojo instrukcijoje. Taip atliekamas cilindro galvutės, smagračio su alkūniniu velenu mazgų montavimas ir kt.

Sujungimuose, kur yra daug srieginių detalių, svarbu ir užveržimo tvarka. Paprastai priveržiama iš 2–3 kartų: iš pradžių silpnai, paskui stipriau, o galiausiai užfiksuoja dinamometriniu ar ribiniu raktu. Visada reikia pradėti nuo vidurinių veržlių, palengva nuo jų tolstant į abi puses ir kryžmai.

Kaištiniais ir išdrožiniams sujungimams surinkti naudojami prizminiai kaiščiai į veleno išdrožas įstatomi su nedidele įvarža keliais silpnais plaktuko smūgiais. Stebulės grioveliuose tokie kaiščiai turi būti be įvaržos. Pleištiniai kaiščiai įeina į išdrožas su įvarža tik radialine kryptimi stebulės arba veleno atžvilgiu. Išdrožiniai sujungimai turi būti šiek tiek laisvi ir sujungiami be papildomos jėgos. Visų nejudamųjų sujungimų ašinis ar radialinis mušimas neturi būti didesnis už leistiną, judamųjų sujungimų ašinis ir radialinis laisvumas turi atitikti reikalavimus.

Surenkant kūginius sujungimus, abiejų jungiamų detalių kūgiškumas turi būti vienodas. Sujungus gaubiančiosios detalės kūgio kraštas neturi siekti gaubiamosios detalės kūgio krašto, kad sujungimą dar būtų galima suveržti sriegine detale.

Detalių įpresuoti sujungimai surenkami 0,1–0,4 MN (10–40 t) galios presais. Smulkioms detalėms sujungti naudojamas plaktukas ir minkšto metalo tarpinis įrankis.

Sujungimai, kurių įvarža turi būti didelė, surenkami pritaikant šiluminį medžiagų plėtimosi reiškinį, t. y. kad skylė padidėtų, pašildoma gaubiančioji detalė arba, kad ji sumažėtų, atšaldoma gaubiamoji detalė. Techninėje dokumentacijoje nurodoma, iki kokios temperatūros ir kokiomis priemonėmis detales galima šildyti ar aušinti. Dažniausiai detalės šildomos iki 70–450°C vandenyje, alyvoje, išlydytuose metaluose (pavyzdžiui, švine). Kaitinant atvira liepsna, ant jų neturi likti oksidacijos žymių. Aušinama iki -70–190°C temperatūros: iki -190°C aušinama skystame ore, azote, deguonyje, iki -72°C – sausame lede (sušaldytame CO₂). Reikiama įvarža gaunama suvienodinus surinktų detalių temperatūrą. Pavyzdžiui, riedėjimo guoliai dažniausiai presuojami ant veleno, todėl jie pašildomi iki 80–90°C ir uždedami tik naudojant specialius antgalius. Guoliuose neturi būti ašinės įvaržos. Pašildant montuojamas krumpliaratinis smagračio vainikas, stūmoklių pirštai, o vožtuvo lizdas yra atšaldomas prieš jį montuojant į bloką arba į cilindro galvutę [1, 9].

Sandarinimo elementai (riebokšliai, tarpikliai) prieš surenkant turi būti tinkamai paruošti. Prieš įdedant guminius sandarinimo riebokšlius, patikrinama, ar spyruoklinė sąvarža gerai prigula ir spaudžia sandarinimo briauną. Prieš kišant velenas patepamas. Kad riebokšlis nebūtų gadinamas ir nestotų darbas, reikalingi kūginiai antgaliai.

Ventiliniai riebokšliai išmirkomi karštame solidolio ir grafito tepale (80 proc. solidolio ir 20 proc. grafito). Kartoniniai tarpikliai alyvai sulaikyti sudrėkinami vandeniui, tarpikliai vandeniui sulaikyti patepami geležies (III) oksidu ar specialiais mišiniais (pavyzdžiui, 750 g aliejinių dažų praskiedžiama 200 g aliejaus ir įmaišoma 50 g ricinos aliejaus). Kamštiniai tarpikliai prieš dedant 6 h palaikomi suvynioti į drėgną audinį.

Surenkant agregatus, reikia naudoti specialius prietaisus, palengvinančius ir pagreitinančius surinkimą. Ypač gerai reikia įdėti velenus, guolius, įvoves, krumpliaručius. Surenkant agregatus ir mechanizmus labai svarbu tinkamai užveržti veržles. Jos turi būti užveržtos tam tikra jėga ir tam tikra tvarka. Tiek per silpnas, tiek per stiprus užveržimas neigiamai atsiliepia mazgo ar mechanizmo darbui. Dėl nelygaus veržlių užveržimo detalės deformuojasi. Pavyzdžiui, nelygiai užveržus cilindro galvutę, gali deformotis ir cilindrai, ir cilindro blokas, o dėl to greičiau susidėvi žiedai, vožtuvai. Dėl nelygaus cilindro galvutės varžtų užveržimo atsiranda įtrūkimų cilindro galvutėje, pramušamas tarpiklis ir kt. Veržlės turi būti įveržiamos dinamometriniais raktais.

4.6. Balansavimas

Automobilių eksploatavimo metu, sukantis detalėms ir surinkimo vienetams, kai kada kyla vibracijų, atsiranda smūgių, detalės greičiau išdyla, gali lūžti. Vibracijas sukelia besisukančios detalės, kai jų sukimosi ašys nesutampa su svorio centru (esant disbalansui). Taip atsitinka dėl įvairių priežasčių: netolygaus medžiagos tankio detalėje (nevienodas liejinio sienelės storis, tuštumos ir kt.), detalių deformacijos jų gamybos proceso metu (velenų išlinkimas), formos netikslumo (ovališkas,

ekscentriškumas), detalių pasislinkimo sukimosi metu (pvz., netinkamas ventiliatoriaus mentės tvirtinimas), detalių pasislinkimo surinkimo proceso metu (netinkamai surenkant pleištinės jungtis).

Operacija, kurios metu išsveriamos detalės ašies atžvilgiu (pridedant arba nuimant mases tam tikrose detalės vietose), vadinama balansavimu.

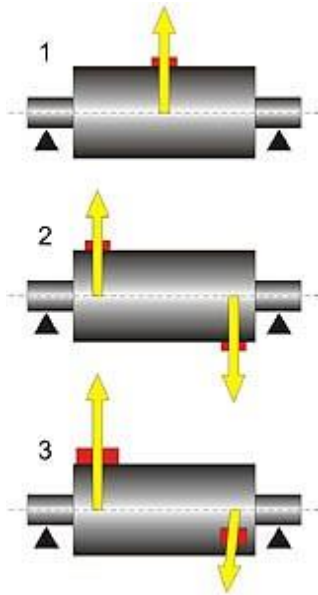
Remontuojant automobilius, detalių ir surinkimo vienetų subalansavimas gali būti pažeistas, nes detalės aplydomos, pakeičiamos naujomis. 4.2 lentelėje nurodytos detalės, kurias reikia subalansuoti. Tokių detalių subalansavimas yra viena iš sąlygų automobilio darbo patikimumui ir ilgaamžiškumui padidinti.

Masės disbalansas – arba masės pasiskirstymo apie sukimosi ašį netolygumas – yra vienas pagrindinių sukamųjų įrengimų defektų. Kartu su bendraašiško problemomis masės disbalansas sudaro 80 proc. visų sukamųjų mechanizmų defektų ir užima esminę dalį bendro efektinio vibracijų lygmens (šis dydis yra normuojamas įvairuose norminiuose dokumentuose).

Sukamųjų elementų disbalansas yra skirstomas į tris tipus – statinį, momentinį ir dinaminį (4.26 pav.).

Jei neišbalansuotų besisukančių detalių išcentrines jėgas galima sujungti į vieną atstojamąją jėgą, disbalansas vadinamas statiniu (būdinga disko formos detalėms). Statinis disbalansas atsiranda tada, kai pagrindinė sukamojo mazgo inercijos ašis yra lygiagreti sukimosi ašiai, tačiau jos nekerta.

Momentinio disbalanso atveju sukamojo elemento inercijos ašis kerta sukimosi ašį svorio centro taške (tarpusavyje jos nėra lygiagrečios). Tokio tipo disbalansas atsiranda, kai, pavyzdžiui, du disbalanso šaltiniai yra priešinguose simetrinio rotoriaus galuose ir kampas tarp jų sudaro 180° . Šiuo atveju nesisukantis rotorius (disbalansinė detalė) nerodys jokių disbalanso požymių. Tačiau viskas pasikeičia jį įsukus – rotoriaus galuose atsiranda išcentrinės jėgos, kurių fazės yra priešingos, jos rotorius stengiasi apversti per centrinę tašką. Šio tipo disbalansas negali būti šalinamas pridedant ar pašalinant tinkamos masės elementus vienoje korekcijos plokštumoje – reikalingos mažiausiai dvi.



4.26 pav. Sukamųjų elementų disbalansas: 1 – statinis, 2 – momentinis, 3 – dinaminis [54]

Dinaminis disbalansas pasireiškia, kai centrinė inercijos ašis nėra nei lygiagreti sukimosi ašiai, nei ją kerta svorio taške. Tai yra statinio ir dinaminio disbalansų kombinacija. Šis atvejis pasitaiko absoliučiai daugumai realių sukamųjų mechanizmų.

Esant dinaminiam disbalansui, inercines jėgas galima suvesti tik į ekvivalentinę jėgų dvejetą (dinamiškai balansuojamos veleno tipo detalės).

Dinaminis balansavimas atliekamas balansavimo mašinomis, greitai sukant balansuojamas detales ir matuojant disbalansą elektronine įranga. Išmatuotą disbalansą galima ištaisyti pridedant arba atimant svorį iš besisukančių detalių, kol sumažės vibracija. Didžiulė vibracija besisukančiuose mazguose gali sukelti didelį triukšmą ir, dar svarbiau, gerokai sutrumpinti komponentų tarnavimo

laiką. Taigi, idealiausia būtų pašalinti visas vibracijos priežastis ir leisti įrengimui veikti visiškai sklandžiai. Balansavimo procesas yra svorio pašalinimas (pvz., gręžiant skylės) arba pridėjimas prie detalių, taip efektyvus masės centras priartinamas prie tikrosios sukimosi ašies.

Dinaminis metodas leidžia visiškai pašalinti disbalansą, o jį galima naudoti net ir sudėtingiausioms skirtingų dydžių dalims (alkūninis velenas, smagratis, kardanas ir t. t.). Be to, visi duomenys apie nukrypimus kompiuteriu apdorojami labai tiksliai.

4.2 lentelė. Balansuojamos detalės

Eil. Nr.	Detalių pavadinimai	Balansavimo metodas	Leidžiamas disbalansas, gcm	
			Krovininiams automobiliams	Lengviesiems automobiliams
1	Alkūninis velenas	Dinaminis	100–150	10–50
2	Smagratis	Statinis	70–90	10–85
3	Sankaba (be smagračio)	Statinis	70–100	10–35
4	Alkūninis velenas su smagračiu ir sankaba	Dinaminis	100–150	15–50
5	Alkūninio veleno skriemulys	Statinis	40–50	10–35
6	Vandens siurblio skriemulys	Statinis	40–50	5–30
7	Ventiliatoriaus sparnuotė	Statinis	0–50	5–20
8	Jėgos pavaros velenas (kardanas)	Dinaminis	50–100	5–15
9	Ratas su padanga	Statinis	–	250–500

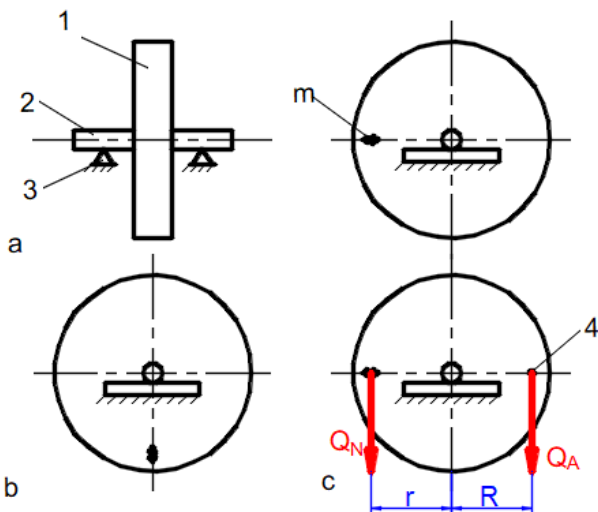
Balansuojant statiškai detalę 1 įtaisyta ant veleno 2 (arba ant spraudiklio), kuris remiasi į horizontalias kreipiančiąsias 3 (4.27 pav., a). Veikiant neatsvertai masei m , ši detalė savaime pasisuks ir užims padėtį, kurioje neatsverta masė bus pačiame šone (4.27 pav., b).

Sukant detalę, susidaro neatsverta išcentrinė jėga, kuri sudarė papildomą apkrovą velenui ir jo atramoms.

Kad būtų galima detalę atsverti, prie jos reikia pritvirtinti atsveriantį svarelį 4 (4.27 pav., c) diametraliai priešingoje neatsvertos masės pusėje. Be to, neatsvertos masės Q_N svorio jėgos ir atsveriančiojo svarelio Q_A svorio jėgos momentai detalės sukimosi ašies atžvilgiu turi būti lygūs:

$$Q_N \cdot r = Q_A \cdot R; \tag{4.1}$$

čia Q_N – neatsverta masė, g; r – neatsvertos masės svorio centro atstumas nuo detalės sukimosi ašies, cm; Q_A – atsveriantis krovinys, g; R – atsveriančios masės svorio centro atstumas nuo detalės sukimosi ašies, cm.



4.27 pav. Detalės statinio atsvertimo schema

Pusiausvyrą taip pat galima gauti pašalinus dalį metalo neatsvertos masės pusėje.

Neatsvertos masės didumas paprastai nustatomas gramais, jos nuotolis iki sukimosi ašies centimetrais, tada detalės disbalansas nustatomas gramcentimetrais. Leistinas disbalansas nurodomas techninėse sąlygose.

5. DETALIŲ ATNAUJINIMO TECHNOLOGINIAI PROCESAI

5.1. Detalių atnaujinimo būdai

Suremontuotų automobilių patikimumą lemia tai, kokiais būdais atnaujintos detalės ir kaip tai buvo daroma. Atnaujinimo būdo parinkimas priklauso nuo konstrukcinių ir technologinių detalės ypatumų, nuo jos darbo sąlygų, nusidėvėjimo, pačių atnaujinimo būdų eksploatacinių savybių, nulemiančių remontuotos detalės ilgaamžiškumą, ir atnaujinimo kainos.

Apie 65 proc. automobilių detalių, patenkančių į kapitalinį remontą, turi nudilimą iki 0,15 mm, ir tik 5 proc. detalių būna nudilusios daugiau kaip 0,5 mm. Remontuojant automobilį iki 70 proc. išsidėvėjusių detalių gali būti eksploatuojamos pakartotinai jas atnaujinus.

Remonto technologijų gausa leidžia atnaujinti praktiškai visas išsidėvėjusias ar pažeistas detales, išskyrus gumines, plastikines ir medines. Atnaujinimo būdo parinkimas priklauso nuo detalės formos ir darbinio paviršiaus nusidėvėjimo.

Pagal susidėvimų paviršių formą galima pastebėti tokį procentinį pasiskirstymą (palyginti su viso automobilio detalėmis):

Didelių skylių išsidėvėjimas – 7,7.

Mažų skylių išsidėvėjimas – 31,0.

Velenų ir ašių kakliukų – 11,5.

Pleištinių griovelių ir išdrožų – 5,5.

Fasoninių paviršių – 10,3.

Sriegių – 5,0.

Plokštumų išsigaubimas (įsigaubimas) – 18.

Kiti susidėvėjimai – 11.

Procentinis detalių pasiskirstymas pagal išsidėvėjimo dydį pateiktas 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. Detalių išsidėvėjimo dydžio pasiskirstymas

Nusidėvėjimo dydis, mm	0,01–0,07	0,07–0,14	0,14–0,21	0,21–0,28	0,28–0,35	0,35–0,42	0,42–0,49	Daugiau nei 0,49
Procentinis pasiskirstymas, %	42,3	23,2	11,1	7,5	5,0	3,7	2,2	5

Technologinių procesų, kurie naudojami detalėms atnaujinti, gausą nulemia defektų įvairovė. Pagrindinės defektų rūšys: išsidėvėjimai, kurie turi įtakos matmenų, formos ir darbinio paviršių tarpusavio padėties pokyčiams; mechaniniai pažeidimai (likutinės deformacijos, plyšiai, lūžiai, įrantos, pramušimai, trūkiai); antikoroziinių dangų (dažų, galvaninių dangų, lakų) pažeidimai. Dauguma detalių su tokiais defektais remonto metu turi būti atnaujintos. Remonto tikslas yra atkurti kelias detalių savybes: formą ir matmenis; paviršinio sluoksnio kokybę; paviršiaus glotnumą; apsauginę dangą.

Esant didelėms apkrovoms, detalėse ar mazgų konstrukcijose kaupiasi nuovarginės deformacijos. Dėl jų kaupimosi gali atsirasti trūkių ar plyšių. Tokių defektų atsiradimas gali sumažinti statinį ir nuovarginį detalių atsparumą suirimui. Atsparumas nuovarginiam suirimui gali sumažėti ir dėl gilių įmušimų ar įbrėžimų. Todėl atnaujinant detales reikia atkurti ir jų stiprumą.

Detalės, kurios yra veikiamos trinties ir aukštų temperatūrų, eksploatacijos metu praranda matmenis, formą ir paviršių tarpusavio padėtį. Tokiu atveju remontuojant detales formą ir matmenis reikia atkurti iki techninėje dokumentacijoje nurodytų dydžių.

Detalės veikiant abrazyvinių dalelių smūgiais, detalėse atsiranda duobučių, subraižymų, vietinių pagilimų ir išsidėvėjimų. Šie defektai sumažina paviršiaus kokybę, dėl to detalė greičiau susidėvi dėl trinties. Dauguma automobilių detalių turi pakitimų paviršiniuose sluoksniuose. Šie pakitimai atsiranda dėl korozijos, prielipų, vidinių pokyčių ir struktūrinių darinių. Be to, pažeidžiamas plonas metalo sluoksnis. Paviršiaus šiurkštumo pažeidimai ir paviršinių sluoksnių pokyčiai sumažina detalės stiprumą. Tokiose detalėse atkuriamas paviršiaus glotnumas ir paviršinio sluoksnio kokybė.

Tai pasiekama pašalinant paviršinį metalo sluoksnį, išlaikant formos ir paviršiaus matmenų reikalavimus.

Detalės, kurios dirba agresyvioje terpėje, gaminant padengiamos specialiomis metalinėmis, polimerinėmis ir kitomis dangomis. Dėl agresyvios aplinkos poveikio šios dangos palaipsniui suyra ir pradeda koroduoti. Remontuojant tokias detales reikia atkurti jų apsauginę dangą.

Detalės geometrinės formos ir matmenų atkūrimas galimas atliekant tokias technologines operacijas: medžiagos paviršinio sluoksnio priauginimą; plastinį deformavimą; detalės elementų pakeitimą arba papildomų elementų pridėjimą; dalies medžiagos pašalinimą po paviršiaus apdirbimo. Prie atkuriamų fizikinių-mechaninių savybių, defektų šalinimo operacijų galima priskirti ir įvairius paviršiaus sukietinimo metodus.

Detalių atnaujinimo technologinius būdus galima suskirstyti į dvi grupes: „priauginimo“ būdai ir apdirbimo būdai. Priauginimo būdams priskiriami tie būdai, kai nudilusi medžiaga kompensuojama padengiant kita medžiaga – tai suvirinimas, aplydymas, metalizacija, litavimas, galvanizacija, padengimas polimerine danga.

Apdirbimo būdams priskiriami tokie technologiniai būdai: apdirbimas spaudimu; šaltkalviškas-mechaninis apdirbimas; elektriniai apdirbimo būdai; sustiprinimo apdirbimas ir t. t.

5.2 lentelėje aprašyti įvairūs būdai, naudojami detalėms atnaujinti.

Šaltkalviškas-mechaninis apdirbimas taikomas ir kaip savarankiškas detalių remonto būdas, ir apdirbant detales pagal remontinius matmenis, taip pat tada, kai reikia pritvirtinti papildomas detales, skirtas remontui. Be to, šis būdas naudojamas ir su kitais atnaujinimo būdais.

Plastinės deformacijos būdo panaudojimas pagrįstas metalų savybe veikiant išorinėms jėgoms keisti geometrinę formą ir matmenis nesuyrant.

Detalių atnaujinimo suvirinant esmė – išsidėvėjusių paviršių aplydymas metalu. Po to paviršius apdirbamas mechaniškai. Taip pat šis būdas naudojamas, kai detalėse reikia pašalinti mechaninius pažeidimus (skyles, plyšius, įtrūkimus ir pan.).

5.2 lentelė. Detalių atnaujinimo būdai

Būdas	Atnaujinimo būdų pavyzdys
Šaltkalviškas-mechaninis apdirbimas	Dildymas, įpjovimas, pritrynimasis, sriegimas, sriegių valymas, plėtimas, frezavimas, šlifavimas ir kt.
Plastinė deformacija	Susodinimas, apritinimas, ištesimas, išspaudimas, apspaudimas, elektromechaninis apdirbimas.
Suvirinimas (aplydymas)	Elektrolankinis, lankinis suvirinimas po flisu, lankinis suvirinimas apsauginėse dujose, plazminis, lazerinis, kontaktinis, trintimi.
Metalizacija	Elektrolankinis, dujinis-plazminis, detonacinis.
Litavimas	Kietu, minkštu ir aliuminio lydmetaliais
Elektrolitinis	Chromavimas, nikeliavimas, variavimas, plienavimas
Sintetinių paviršių padengimas	Klijavimas, gruntavimas
Elektrinis apdirbimas	Elektrocheminis, anodo-mechaninis, elektrokontaktinis, elektroimpulsinis
Sustiprinimas	Terminis, termomechaninis, termocheminis, paviršiaus plastinis deformavimas, superfinišavimas
Dažymas	Pneumatinis, vakuuminis, panardinant, apipurškiant srove elektrostatiame lauke.

Naudojant metalizacijos metodą, ant paruošto remontuojamo detalės paviršiaus suspaustu oru arba inertinėmis dujomis yra užpurškiamas išlydytas metalas. Po šio apdirbimo detalė apdirbama mechaniškai iki reikiamo matmens.

Defektų šalinimas lituojant pasireiškia tuo, kad detalės sujungiamos išlydytą lydmetali įdedant į tarpelį tarp jungiamų paviršių.

Detalių atnaujinimas elektrolitiniu būdu pagrįstas tuo, kad ant dengiamo metalo paviršiaus galima nusodinti norimą dangos storį. Dažniausiai naudojami chromavimas ir plienavimas. Chromavimas taip pat naudojamas kaip apsauginis ir dekoratyvinis detalių padengimas. Variavimas ir nikeliavimas naudojamas kaip gruntinis sluoksnis prieš apsauginį-dekoratyvinį padengimą. Be to, variavimą galima naudoti detalių paviršių apsaugai nuo cementacijos.

Sintetinės medžiagos naudojamos klijuojant, išdilusių paviršių remontui, paviršių (kabinos, kėbulai) išlyginimui prieš dažymą ir pan. Klėjai yra skirti neardomai sujungti vienodas ar skirtingas medžiagas. Sujungimą sudaro dvi klijuojamos medžiagos ir klijų sluoksnis. Detalių vietas, kuriose yra įtrūkimų, įspaudų, nelygumų, iš anksto paruošus, užtepamos klijų mišiniais (pastomis). Stiprumui pagerinti gali būti panaudotas stiklo pluošto audinys. Taip užtaisomos skylės, įtrūkia korpusinėse detalėse (kėbulo dalys, kuro bakas).

Detales padengti plastiką galima įvairiais būdais: aplydymu ant įkaitinto paviršiaus, užpilant presformose, panardinant į skystą polimerą ir kt. Sintetine danga gali būti padengta visa detalė arba tik jos dalis.

Elektrinis apdirbimo metodas pagrįstas metalo suirimu veikiant jį elektrokibirkštinei iškrovai. Elektrokibirkštinio apdirbimo būdu (naudojant valdomą aukštojo dažnio elektrinę iškrovą ruošinio medžiagai išlydyti reikiamoje vietoje) apdirbamos skylės, išoriniai fasoniniai paviršiai ir įdubos. Apdirbama detalė gali būti pagaminta iš bet kokio metalo ar lydinio. Įrankio medžiaga gali būti gaminama iš vario, žalvario, ketaus, aliuminio, jo lydinių ir kt.

Sustiprinimo apdirbimas gali būti vienas iš baigiamųjų atnaujinamos detalės etapų. Jo tikslas – pasiekti numatytas fizikines-mechanines savybes.

Dažymas – tai ir vienas iš paskutinių detalės remonto proceso dalių. Jo paskirtis dvejopa – apsaugoti detalių paviršius nuo korozijos ir suteikti paviršiui estetinį vaizdą.

5.2. Šaltkalviškas ir mechaninis apdirbimas

5.2.1. Detalių atnaujinimas taikant remontinius matmenis

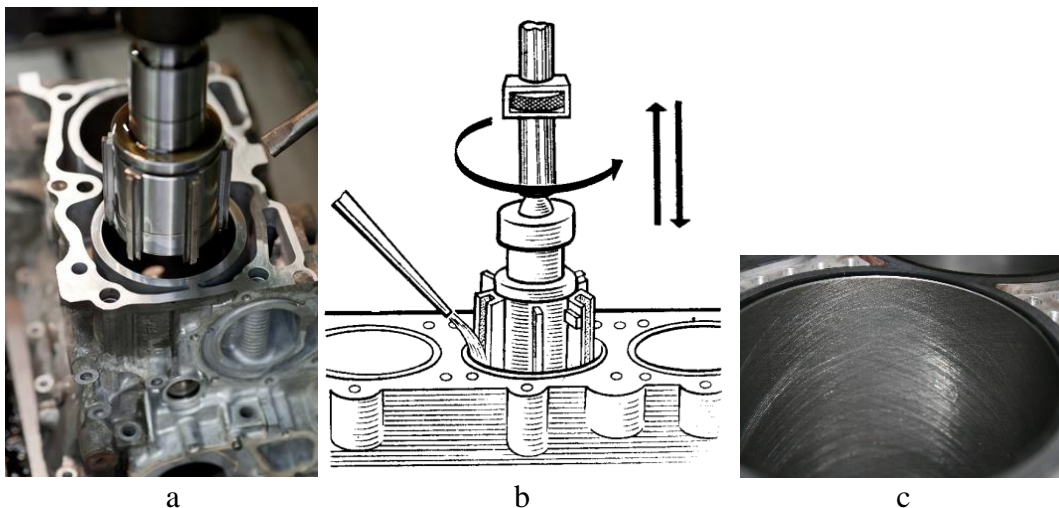
Detalių atkūrimo iki remonto matmens metodas yra toks, kad viena iš sujungimo detalių yra apdirbama mechaniškai, siekiant atkurti tinkamą geometrinę formą. Šiuo atveju neišvengiamai keičiasi (didėja ir mažėja) nominalus detalės matmuo. Tokiu atveju, norint išlaikyti pradinį tarpelį ar įvaržą, vieną detalę reikia pakeisti arba perdaryti. Nustatant įvairių detalių remontinius matmenis, atsižvelgiama į susidėvėjimo dydį ir užlaidą apdirbimui. Remonto matmenys būna nurodyti techninėse automobilio remonto sąlygose.

Apdirbant iki remonto dydžio matmens atkuriamos kinematinės poros: velenas – įvorė, stūmoklis – cilindras ir kt. Sudėtingiausia ir brangiausia poros dalis paprastai apdirbama iki remonto matmens, o antroji pakeičiama nauja arba taip pat atkurta iki remonto matmens.

Pavyzdžiui, susidėvėję variklio cilindrai ištekinami ir šlifuojami iki didesnio dydžio (padidėja skersmuo), tada šiems cilindrų parenkami nauji didesnio skersmens stūmokliai. Naujieji stūmokliai turi būti tokio dydžio, kad tarp cilindro sienelės ir stūmoklio būtų normalus tarpelis. Tam yra iš anksto nustatyti cilindro ir stūmoklių kapitalinio remonto matmenys.

Dėl darbinio paviršiaus nusidėvėjimo cilindrų atsiranda ovalumas ir kūgiškumas, taip pat gali atsirasti subraižymų. Išsidėvėję variklio cilindrai ištekinami ir šlifuojami iki didesnio skersmens (padidėja skersmuo), tada šiems cilindrų parenkami nauji didesnio skersmens stūmokliai. Naujieji stūmokliai turi būti tokio dydžio, kad tarp cilindro sienelės ir stūmoklio būtų normalus tarpelis. Tam yra iš anksto nustatyti cilindro ir stūmoklių kapitalinio remonto matmenys. Cilindrų ištekinimas gali būti atliekamas ant įvairių staklių.

Automobilių variklių cilindrai yra apdirbami labai tiksliai. Po ištekinimo cilindrai honinguojami. Cilindrų galutiniam išdirbimui naudojamos honingavimo galvutės – honai. Keturi, penki ar šeši smulkiagrūdžiai abrazyviniai strypeliai tvirtinami ratu (5.1 pav., a). Honas šarnyru sujungtas su staklių sukliu. Honingavimo staklės gali būti stacionarios arba nešiojamos. Honas sukasi aplink cilindro ašį ir pirmyn – atgal juda išilgai savo ašies (5.1 pav., b).



5.1 pav. Cilindrų bloko honingavimas: a – honas, b – hono judėjimo kryptys, c – cilindras po honingavimo [55]

Strypai montuojami cilindre pagal jo skersmenį, sukant pastūmos žiedą. Radialinė strypų pastūma, kai pašalinama užlaida ir jie susidėvi, atliekama automatiškai spiruline spyruokle.

Apdirbimo metu pasiekiamas aukštas apdirbtų cilindro paviršių šiurkštumas ($Ra=1,6-0,1$), paliekant įrėžų tinklę geresniam variklio cilindro tepimui darbo metu (5.1 pav., c). Detalių apdirbimas pagal remonto matmenį plačiai naudojamas remontuojant automobilį, nes jis užtikrina aukštą kokybę ir yra paprastas būdas. Taip remontuojami alkūninių velenų pagrindiniai ir švaistikliniai kakliukai, paskirstymo velenų guolių laikikliai ir kitos susijusios automobilio dalys.

Reikia paminėti, kad rekomenduojama honiguoti prie cilindrų bloko prisukus cilindrų bloko galvos imitatorių. Tada cilindrų skylių pradžia nepasidaro kūgiška dėl pasikeitusio įveržimo. Ypač tai aktualu remontuojant cilindrų blokus, pagamintus iš aliumino lydinio.

Naudojami dviejų tipų remonto matmenys – kategoriniai ir laisvi. Kategorinius remonto matmenis ir jų leistinus nuokrypius nustato gamintojas. Kategorinių matmenų detales gamina pramonė. Joms priskiriami stūmokliai, stūmoklių žiedai, stūmoklių pirštai, alkūninio veleno plonasieniai guolių indėklai ir kt. Pasiremdamos šiais matmenimis, remonto įmonės remontuoja pagal atitinkamus iš anksto nustatytus remonto matmenis įvairias susijusias detales: variklio bloko cilindrų, skyles viršutinėje švaistiklio galvutėje, alkūninių velenų kakliukus. Derinant tokių matmenų detales, išlaikoma tikslumo klasė ir darbo brėžiniuose numatyti suleidimai.

Laisvais detalės remonto matmenimis vadinami tokie, kurie nustatyti atsižvelgiant į užlaidą detalės apdirbimui „vietoje“. Tokiu atveju remontuojama detalė yra apdirbama tik tol, kol bus gauta tinkama geometrinė forma ir reikalingas paviršiaus šiurkštumas.

Tokio remonto pavyzdys – variklio bloko vožtuvų lizdų išdilimo pašalinimas, o remontas baigiamas pritrinant vožtuvus „vietoje“. Detalių apdirbimas iki remonto matmens turi tokius privalumus: pailginamas sudėtingų ir brangių detalių tarnavimo laikas; padidinama remonto darbų kokybė.

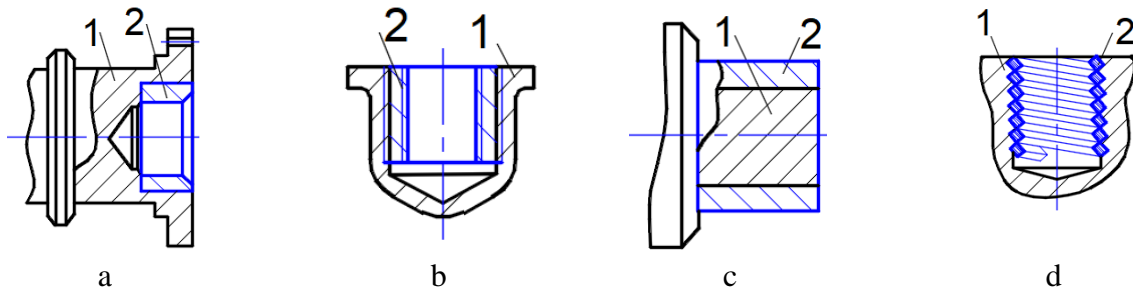
Tačiau šis būdas turi ir trūkumų. Jiems galima priskirti ribotą suremontuotų detalių suderinamumą, sunkinantį remonto darbus ir didinantį atsarginių detalių nomenklatūrą; dėl pašalinto metalo paviršiaus sluoksnio sumažėjusį kai kurių detalių atsparumą dilimui.

5.2.2. Detalių atnaujinimas panaudojant papildomas detales

Remontas naudojant papildomas detales atliekamas tuo atveju, kai susidėvėjusios detalės negalima apdirbti iki remonto matmens. Remontuojamos detalės yra apdirbamos mechaniškai, o po to ant jų montuojamos papildomos detalės. Tada remontuojamos detalės apdirbamos iki nominalaus ar remonto matmens. Tokiu būdu remontuojami variklio blokų cilindrai, kai išnaudojami visi

nustatyti remonto matmenys ir nebeįmanoma toliau didinti cilindro skersmens; taip pat remontuojamos pavarų dėžių karterio, galinių tiltų, ratų stebulių riedėjimo guolių guoliavietės; išsiplakusios srieginės skylės ir kt.

Priklausomai nuo atkuriamo paviršiaus tipo, papildomos detalės gali būti gilzių formos, tarp jų yra ir žiedų, poveržlių, plokščių, krumplių vainikų, srieginių įvorių arba spiralių (5.2 pav.).



5.2 pav. Papildomos remontinės detalės: a, c – įvorė, b – srieginė įvorė, d – srieginė spiralė (1 – remontuojama detalė, 2 – papildoma detalė)

Remontuojant variklio cilindrų bloką, į cilindrų įpresuojami įdėklai, kurie ir apdirbami iki nominalaus arba remonto matmens. Cilindro įdėklai įstatomi tokia seka:

- cilindrai ištekinami iki išorinio įdėklo skersmens, naudojant tą pačią įrangą, kaip ir ištekinant cilindrų iki remonto matmens;
- hidrauliniu presu įpresuojami įdėklai;
- hidrauliškai patikrinamas sandarumas esant 294–392 kN/m² slėgiui;
- įdėklų galai, išsikišę virš cilindro bloko plokštumos, yra apdirbami iki vieno lygio su plokštuma;
- įdėklų darbinis paviršius apdirbamas iki nominalaus arba remonto matmens;
- darbinis paviršius pabaigiamas honinguojant;
- atliekama remonto darbų kokybės kontrolė (patikrinamas skersmuo, kūgiškumas, ovalumas ir paviršiaus apdirbimo šiurkštumas).

Kitos automobilio dalys (skylės pavarų dėžių guolių išoriniams žiedams, rutulinių guolių guoliavietės alkūninių velenų flanšuose, guoliavietės ratų stebulėse ir kt.) taip pat remontuojamos naudojant papildomas detales. Pasitelkiant įdėklų įpresavimą, praktiškai galima remontuoti bet kurią skylę.

Suremontuotų detalių ilgaamžiškumas, panaudojus papildomas detales, turi būti ne mažesnis kaip 80 proc. naujos detalės ilgaamžiškumo.

5.3. Plastinis deformavimas

Metodas naudojamas apdirbant ruošinius iš plastiškų medžiagų (plieno, aliuminio lydinių, bronzos ir kt.). Jis naudojamas ir ruošiniams, pagamintiems iš trapių medžiagų, kurios, pakaitinus arba visapusiškai suspaudus, padaromos plastiškesnės. Plastinė medžiagos deformacija yra pagrįsta jos plastiškumu, kuris priklauso nuo medžiagos cheminės sudėties ir struktūros, taip pat nuo jos deformacijos sąlygų.

Metalo deformacijos procesas restauruojant detales remiasi tais pačiais dėsniais, kuriais pagrįstas metalų apdirbimas spaudimu gaminant ruošinius. Skirtumas tik tas, kad restauruojant apdirbamas ne ruošinys, o baigta detalė, turinti konkrečius matmenis ir formas.

Apdirbimas spaudimu yra toks technologinis procesas, kai detalės arba jų ruošiniai gaunami plastiškai deformuojant šaltus arba karštus metalus. Apdirbimas spaudimo būdu yra ekonomiškasis ir našus medžiagų apdirbimo būdas.

Plastinio deformavimo ypatumai:

1. Dideliu greičiu iš karto apdirbamas visas detalės tūris arba tam tikra jo dalis.

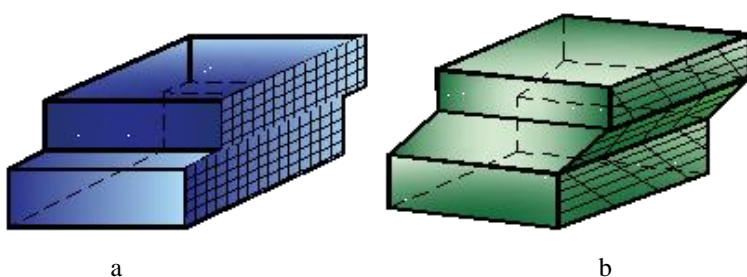
2. Spaudimo būdu apdirbtos detalės pasižymi geromis mechaninėmis savybėmis, todėl smūgine apkrova apkrautų detalių (automobilių, lėktuvų važiuoklių ir kt.) ruošiniai visuomet apdirbami spaudimo būdu.

3. Šaltai apdirbant spaudimu, metalas sukietinamas. Dėl to padidėja jo stipris ir kietis, tačiau sumažėja plastiškumas.

4. Mažai atliekų.

Apdirbant metalą spaudimu, jis plastiškai deformuojamas ir negrįžtamai pakeičia savo formą ir matmenis. Plastinės deformacijos metu atomai pasislenka vienas kito atžvilgiu, neišeidami iš tarpusavio jėgų sąveikos zonos (5.3 pav., a). Slydimas vyksta metalo grūdelių (kristalitų) viduje ir pagal ribas kristalografinėmis plokštumomis. Tos plokštumos turi didžiausią atomų tankį ploto vienetu.

Deformacija gali įvykti ir dvigubo perlinkio (dvilinkio) būdu, kai kristalitų dalys persislenka lygiagrečiose plokštumose, tangentiniams įtempiams pasukus vidurinę sluoksnį (5.3 pav., b). Dvilinkio greitis artimas 10^{-6} s [3].



5.3 pav. Plastinio deformavimo schema: a – slydimo, b – dvilinkio

Šaltasis deformavimas. Šaltai deformuojant metalus, keičiasi jų fizikinės, cheminės ir mechaninės savybės. Didėjant deformacijai, didėja kietis, stipris, trapumas (vyksta deformacinis sukietinimas), tačiau mažėja plastiškumas, elektrinis laidis (aiškinamas gardelės iškraipymu, tarpatominių ryšių pasikeitimu, kristalinės sandaros netobulumų pagausėjimu ir komponentų chemine sąveika), atsparumas korozijai (suardoma oksidų plėvelė).

Daugeliui spalvotųjų metalų lydinių sukietinimas yra vienintelis sustiprinimo būdas, tačiau tolesniam deformavimui ir apdirbimui plovimu jis nepageidautinas. Šaltai deformuoto metalo plastiškumui atkurti (kiečiui ir stipriui sumažinti) taikomas rekristalizacinis atkaitinimas (vietoj deformuotų ištemptų grūdelių susidaro nauji, smulkūs, be vidinių įtempimų ir dislokacijų pertekliaus grūdeliai).

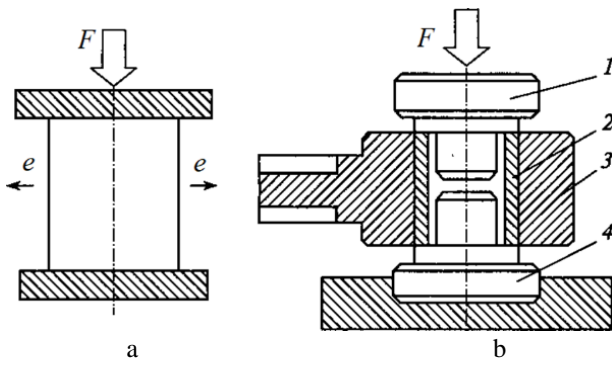
Šaltai deformuojant gaunami tikslūs matmenys ir kokybiškas paviršius.

Karštasis deformavimas. Kuo pliene daugiau anglies, tuo sunkiau jį apdirbti šaltą. Karštai deformuojamas metalas yra plastiškesnis, todėl šiuo būdu apdirbami sunkiai deformuojami, ne tokie plastiški metalai ir jų lydiniai, ruošiniai iš luitų.

Trūkumai: ruošinio paviršiuje susidaro nuodegų sluoksnis, kuris deformuojant įspaudžiamas į metalo paviršių. Dėl to pablogėja paviršiaus kokybė ir matmenų tikslumas, padidėja užlaidos apdirbimui. Nuodegos yra kietesnės už karštą metalą, todėl greičiau dyla deformavimo įrankis. Nedideli ir ploni gaminiai greitai ataušta, todėl būtina palaikyti reikiamą temperatūrą.

Atkuriami susidėvėję detalių paviršių matmenys. Išdilusių detalių paviršių matmenys atkuriami perkeliant dalį medžiagos iš detalių nedarbinių zonų ant susidėvėjusių paviršių. Priklausomai nuo išorinės veikimo krypties jėgos ir deformacijos krypties galima išskirti šiuos atkūrimo metodus: susodinimas, išplėtimas, apspaudimas, įspaudimas, įridinimas.

Susodinimas naudojamas norint padidinti išorinį skersmenį pilnavidurėms detalėms ir vidinio skersmens padidinimui tuščiavidurėms detalėms. Atskirais atvejais (susodinant įvoves) galimas abiejų skersmenų pakeitimas tuo pačiu metu. Susodinant spaudimo jėga F yra statmena deformacijų kryptiai e (5.4 pav., a).



5.4 pav. Plastinė deformacija susodinant: a – principinė schema, b – švaistiklio viršutinės galvutės įvorės susodinimas (1, 4 – puansonas, 2 – įvorė, 3 – švaistiklis)

Susodinimo jėga niutonais apskaičiuojama:

$$F = \sigma_y \cdot \left(1 + \frac{0,166d}{h}\right) \cdot A; \quad (5.1)$$

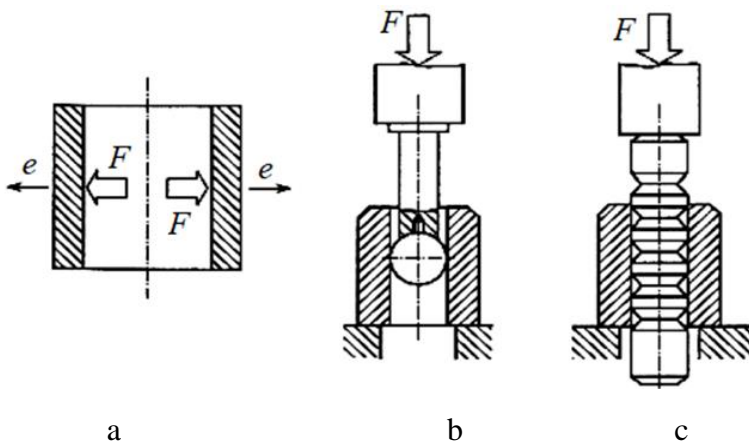
čia σ_y – medžiagos takumo riba, Pa; d – detalės skersmuo iki susodinimo, m; h – detalės aukštis iki susodinimo, m; A – detalės skerspjūvio plotas iki susodinimo, m².

Susodinimo metu detalė sutrumpėja. Leidžiamas 8–15 proc. nominalaus matmens įvorės ilgio sumažėjimas. Apytiksliai leidžiamas 8–10 proc. lengvai apkraunamos įvorės aukščio sumažėjimas. Labai apkrautų detalių aukščio sumažėjimas galimas iki 2 proc. Tikslios įvorės ilgio sumažėjimo ribos yra apskaičiuojamos. Jos priklauso nuo restauruojamos detalės darbo sąlygų.

Vidinės restauruojamos detalės ertmės nuo matmenų pokyčio apsaugomos įstatant plieninius įdėklus.

Susodinant restauruojamos tokios detalės kaip įvorės, pirštai, trumpos ašys, krumpliaračiai ir pan.

Išplėtimas (5.5 pav., a) naudojamas tuščiavidurių detalių (įvorių, stūmoklių pirštų, diferencialų dėžučių taurių ritininiams guoliams montuoti, vairo kolonėlių vamzdžių, kardanų kryžmių ir kt.) išoriniam skersmeniui padidinti praktiškai nekeičiant detalės aukščio. Išorinis detalės skersmuo padidinamas padidinant vidinį skersmenį. Išplečiama pro vidinį skersmenį prastumiant rutuliuką (5.5 pav., b) arba specialų plėstuvą (5.5 pav., c). Skersmens padidinimas priklauso nuo detalės medžiagos, temperatūros, išdilimo dydžio ir matmens. Vis tik galimas detalės aukščio sumažėjimas ir įtrūkimų atsiradimas. Veikiančių jėgų kryptis sutampa su deformacijų kryptimi.



5.5 pav. Plastinis deformavimas išplečiant: a – principinė schema, b – išplėtimas rutuliuku, c – išplėtimas plėstuvu.

Spaudimo jėga apskaičiuojama:

$$F = 1,15\sigma_y \cdot \ln (D/d); \quad (5.2)$$

čia D – detalės išorinis skersmuo; d – vidinis detalės skersmuo.

Išplėtimas gali būti atliekamas tiek šaltai, tiek pakaitintai detalei. Šaltai restauruojamos detalės, kurios yra apdorotos chemiškai-termiškai. Tačiau prieš išplėtimą detalės yra atkaitinamos arba atleidžiamos. Po išplėtimo detalei atkuriamos cheminės-terminės savybės (cementuojama, grūdinama, atleidžiama ir kt.), o po to dar ir apdirbama mechaniškai (pvz., šlifuojama).

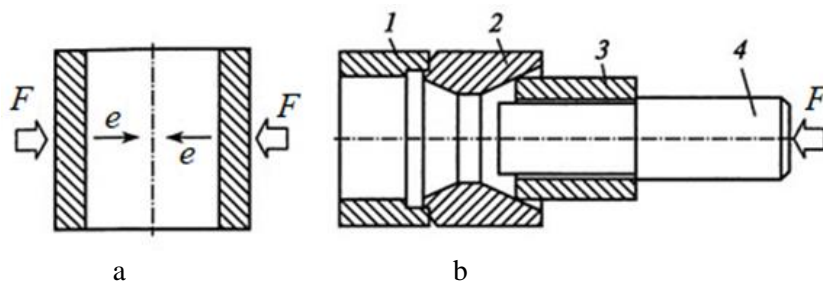
Apdirbant karštu spaudimu fizikinėms-mechaninėms savybėms didelę įtaką daro įkaitinimo temperatūra, kuri priklauso nuo detalės medžiagos cheminės sudėties. Detalės paviršiaus kokybei įtakos turi įkaitinimo greitis ir temperatūra. Apdirbimo pradžios temperatūra negali sukelti medžiagos perkaitimo. Reikia apsaugoti detalės paviršinį sluoksnį nuo anglies išdegimo, ypač tokiu atveju, jei detalė yra cementuota. 5.3 lentelėje pateiktos įkaitinimo temperatūros apdirbant karštu spaudimu.

5.3 lentelė. Karšto spaudimo apdirbimo temperatūros

Cheminė lydinio sudėtis	Apdirbimo pradžios temperatūra, °C	Apdirbimo pabaigos temperatūra, °C
Anglinis plienas		
C iki 0,35 proc.	1200–1150	800–850
C 0,3–0,5 proc.	1150–1100	800–850
C 0,5–0,9	1100–1050	800–850
Mažai legiruotas plienas	1100	825–850
Vidutiniškai legiruotas plienas	1100–1150	850–875
Labai legiruotas plienas	1150	875–900
Lydinys vario pagrindu		
Bronza	850	700
Žalvaris	750	600

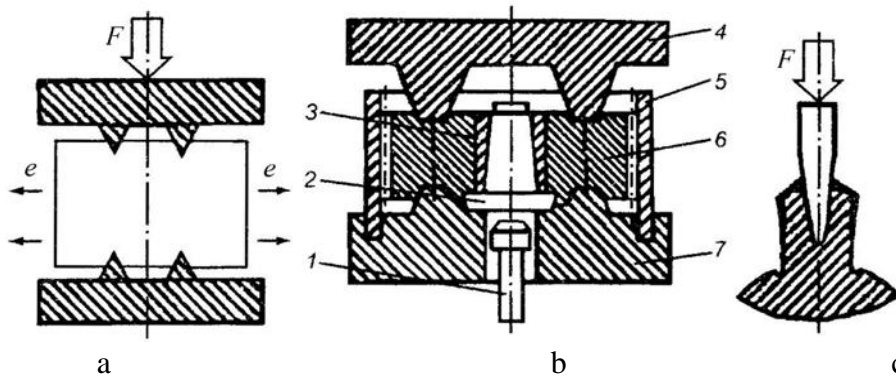
Priklausomai nuo išdilimo vietos ir dydžio, taip pat nuo detalės formos, galimas visos detalės arba vietinis kaitinimas. Antruoju atveju kaitinama tik detalės restauruojama vieta. Visos detalės kaitinimui naudojamos krosnys, o vietiniam – aukšto dažnio srovės. Taip pat pakankamai plačiai vietiniam įkaitinimui taikomas metodas naudojant trintį.

Apspaudžiant veikiančių jėgų ir deformacijų kryptys taip pat sutampa, tik šiuo atveju jos nukreiptos į restauruojamą detalę (5.6 pav., a). Apspaudimas naudojamas restauruojant vidinius tuščiavidurių detalių skersmenis sumažinant jų išorinius matmenis. Paprastai šie išoriniai matmenys neturi didelės įtakos detalės funkcionavimui (hidraulinės sistemos siurblių korpusai, svirčių prielajos, šakutės ir kt.). Apspaudimas atliekamas presais naudojant specialų įtaisą (5.6 pav., b), reikalinga žema temperatūra. Įvorė prastumiama pro matricos skylę, kuri turi 7–8° susiaurėjimą, kalibruojančią dalį ir 18–20° išplatėjantį išėjimą. Kalibruojanti matricos dalis sumažina vidinį restauruojamo detalės skersmenį iki norimo. Reikia nepamiršti palikti užlaidos mechaniniam apdirbimui. Po restauracijos reikia patikrinti, ar detalėse neatsirado įtrūkimų.



5.6 pav. Plastinis deformavimas apspaudžiant: a – principinė schema, b – įtaisas įvorių apspaudimui (1 – atraminė įvorė, 2 – matrica, 3 – restauruojama įvorė, 4 – pirštas)

Įspaudimas turi ir susodinimo, ir išplėtimo savybių. Dažniausiai veikianti jėga yra nukreipta kampu į norimos deformacijos kryptį (5.7 pav., a). Vienu metu vykstantys apspaudimas ir išplėtimas leidžia išlaikyti restauruojamos detalės ilgį. Šiuo būdu atnaujinamos įvairios tipinės detalės: vožtuvai, krumpliaraičiai (5.7 pav., b), išdrožiniai velenai (5.7 pav., c), sferiniai pirštai ir kt. Įspaudimas atliekamas štampuose restauruojamą detalę įkaitinus iki aukštos temperatūros (plienines detales iki 680–920 °C).

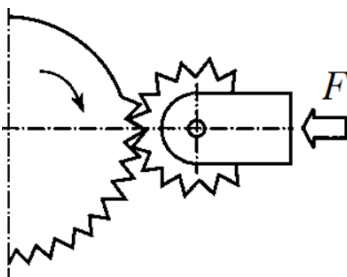


5.7 pav. Plastinis deformavimas įspaudžiant: a – principinė schema, b – krumpliaraičio restauracija (1 – išstumtuvas, 2 – centravimo kūgis, 3 – spyruokliuojanti kūginė įvorė, 4 – puansonas, 5 – žiedinis ribotuvas, 6 – restauruojamas krumpliaratis, 7 – matrica), c – restauruojama išdrožos dalis

Išdrožos restauruojamos įspaudžiant ritinėlių išilgine išdrožų ašimi. Metalą galima išplėsti į šoną iki 1,5–2 mm. Įspaudimo ritinėlių skersmuo būna iki 60 mm, o užaštrinimo spindulys – 0,4 mm. Ritinėlis spaudžiamas 2,0–2,5 kN jėga.

Po restauracijos detalės apdirbamos mechaniškai.

Įridinimas – tai plastinio deformavimo įspaudžiant atmaina. Detalės paviršius spaudžiamas dantytu ritinėliu (5.8 pav.). Metalas išspaudžiamas ir restauruojamos detalės skersmuo gali padidėti 0,3–0,4 mm. Dažnai šiuo būdu atnaujinami ne tokių apkrautų (iki 7 MPa) velenų ir kitų detalių suleidimai, guoliavietės, taip pat švinine bronzą aplieti guoliai ruošiant juos tolimesniam naudojimui.



5.8 pav. Įridinimo principinė schema

Įridinamos detalės be terminio apdirbimo. Kontakto vieta gausiai aušinama alyva. Detales, kurių kietumas HRC < 32, galima apdirbti šaltas.

5.4. Suvirinimas ir aplydymas

5.4.1. Fizikinė suvirinimo proceso esmė

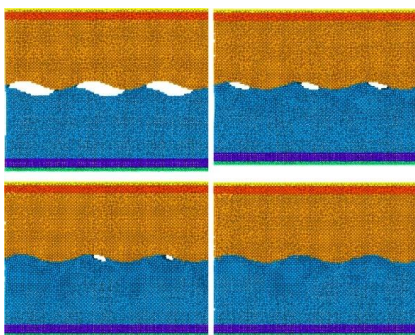
Suvirinimas yra detalių neišardomo sujungimo technologinis procesas. Pramonėje suvirinimas plačiai taikomas gaminant ir remontuojant įvairias detales ir konstrukcijas.

Suvirinami metalai, nemetalinės medžiagos (plastikai, stiklas, keramika ir kt.), taip pat skirtingos prigimties medžiagos. Pramonėje daugiausia suvirinama detalių iš metalo, todėl toliau ir bus kalbama apie metalų suvirinimą.

Suvirinimas yra vienas iš pagrindinių technologinių procesų, pramonėje naudojamų detalių ir įvairių konstrukcijų gamybai. Suviriniu galima pagaminti konstrukcijas iš įvairių metalų ir lydinių, taip pat galima sumontuoti konstrukcijas iš detalių, gautų kitais apdirbimo metodais (valcavimu, šampavimu, liejimu, kalimu ir t. t.). Palyginti su kitais metalinių konstrukcijų gamybos metodais, suvirintos konstrukcijos lengvesnės. Pasiekama 10–50 proc. metalo ekonomija. Kai kurias konstrukcijas galima pagaminti tik suvirinimu, kai kurias naujas medžiagas galima panaudoti naudojant suvirinimą.

Suvirinant medžiagas reikia suartinti taip, kad tarp jų atomų imtų veikti tarpusavio traukos jėgos. Šis atstumas yra gardelės parametro dydžio ($3\div 5 \cdot 10^{-8}$ cm). Realiomis sąlygomis medžiagoms susijungti trukdo paviršiaus nelygumai, oksidai, dujos, tepalai ir įvairūs kiti nešvarumai. Paviršiai gali būti suartinami spaudimu, paveikus juos šiluma arba spaudimu ir šiluma.

Šiuolaikiniais būdais (poliruojant ir honinguojant) apdirbti paviršiai yra tokie tikslūs, kad juos galima suartinti $10^{-4}\div 10^{-5}$ cm atstumu. Šie paviršiai liečiasi kai kuriuose taškuose, o tai sudaro tik labai mažą jų dalį.

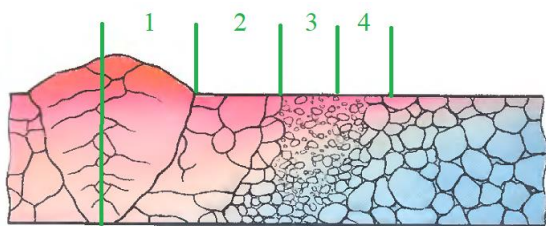


5.9 pav. Slėginio suvirinimo schema [56]

Slegiant kūną, kontakto zonoje nelygumai plastiškai deformuojasi, paviršiai suartėja ir susijungia (suvirinimas slėginiu būdu) (5.9 pav.).

Plastiškai deformuojantis nelygumams, suvirinimo zonoje vyksta atomų difuzija. Kaitinamos medžiagos lengviau susivirina. Kaitinant suvirinimo zoną, metalas pasidaro plastiškesnis, greičiau vyksta atomų difuzija, susidaro geresnės sąlygos perkristalizacijai. Čia gaunama patikima suvirinimo zona, kurios savybės mažai skiriasi nuo suvirinamo metalo savybių. Jeigu kaitinimo temperatūra aukštesnė už suvirinamo metalo lydymosi temperatūrą, išorinis slėgis nereikalingas, tuomet bus suvirinimas lydymuoju būdu.

Suvirinant lydymuoju būdu, detalių briaunos apsilydo, susidaro skysto metalo vonelė. Skystis susiliečia su neišsilydžiusiu metalu, atsiranda bendras išsilydžiusio ir neišsilydžiusio metalų metalinis ryšys. Nustojus kaitinti, skystas metalas kristalizuojasi: pirmiausia skystos ir kietos fazių zonoje, t. y. susidaro bendri kristalai, paskui kristalizuojasi likusi dalis. Susikristalizavus skysto metalo vonelei, atskiros metalo dalys sujungiamos bendra siūle (5.10 pav.).



5.10 pav. Lydomojo suvirinimo schema: 1 – siūlė, 2 – perkaitimo zona, 3 – persikristalizacijos zona, 4 – rekristalizacijos zona.

5.4.2. Elektrolankinis suvirinimas

Elektros lankas yra stabilus elektros išlydis jonizuotose dujose tarp elektrodų, kurių vienas dažniausiai yra pats suvirinamasis gaminys. Lankui uždegti elektrodas trumpam priliečiamas prie gaminio ir atitraukiamas per 3–6 mm nuo jo. Prilietus elektrodą, įvyksta trumpasis jungimas. Padidėjus srovės tankiui, kontakto vietoje išsiskiria daug šilumos, metalas lydosi. Atitraukus elektrodą, skystas metalas ištišta ir, sumažėjus stulpelio skerspjūviui, elektros varža padidėja, metalas įkaista iki virimo ir išgaruoja. Tarpas tarp elektrodų prisipildo metalo garų, įkaitusių jonizuotų dalelių, susidaro elektros išlydis, t. y. dega lankas (5.11 pav.).

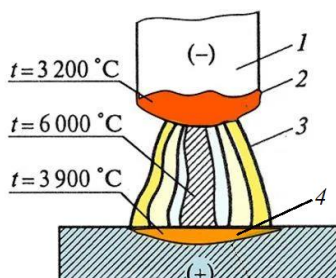


5.11 pav. Lanko uždegimo etapai: 1 – trumpasis jungimas, 2 – skysto metalo sluoksnio susidarymas, 3 – skysto metalo stulpelio susidarymas, 4 – lanko degimas [57]

Suvirinimo lanko sudedamosios dalys yra šios: lanko stulpas; anodinė sritis; katodinė sritis. Degant lankui, prie anodinės ir katodinės srities susidaro anodinė ir katodinė dėmės. Suvirinimo srovė teka visų šių dėmių plotu, todėl jose temperatūra būna labai aukšta. Tokią temperatūrą katodinėje dalyje sukelia termoemisija. Elektronai dideliu greičiu lekia į lanko stulpą, susiduria su neutraliais dujų atomais ir juos jonizuoja. Susidarę teigiami jonai lekia prie katodo, neigiami jonai prie anodo.

Teigiami jonai katodinėje srityje sukuria tūrinį teigiamą potencialą, todėl čia labai sumažėja įtampa. Anodinėje srityje taip pat sumažėja įtampa, nes joje susidaro didelė neigiamų jonų koncentracija. Neigiami jonai ir elektronai, susidūrę su anodu, savo kinetinę energiją paverčia šiluma, dėl to anodinė dėmė labai įkaista. Lanko stulpas tarp anodinės ir katodinės sričių yra pilnas teigiamų ir neigiamų jonų, taip pat neutralių atomų. Teigiamai ir neigiamai jonizuotų dalelių skaičius yra vienodas, todėl lanko stulpas elektrinio krūvio neturi – jis yra kvazineutralus. Tokios pakankamai jonizuotos ir kvazineutralios dujos vadinamos *plazma*.

Elektros lankas yra koncentruotas aukštos temperatūros šilumos šaltinis. Lanko stulpo temperatūra siekia 6000–7000°C. Katodinėje dėmėje išsiskiria apie 36 proc. lanko šilumos, stulpe apie 21 proc., anodinėje dėmėje apie 43 proc. (5.12 pav.).



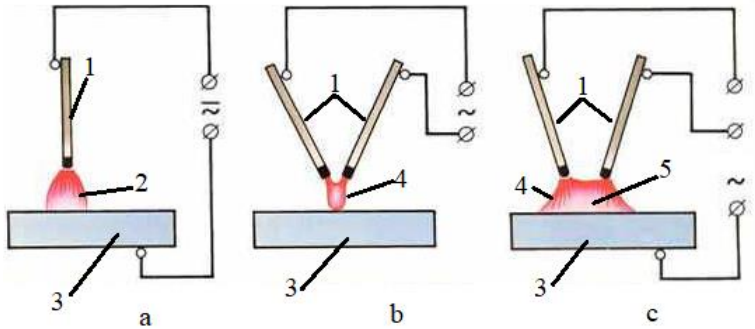
5.12 pav. Suvirinimo lanko schema: 1 – elektrodas, 2 – katodinė dėmė, 3 – lanko stulpas, 4 – anodinė dėmė

Suvirinimo lankas skirstomas pagal tokius požymius:

- 1) pagal aplinką, kurioje vyksta lankinė iškrova (ore – atviras lankas, po flisu – uždaras lankas, lankas apsauginėse dujose);
- 2) pagal lanką maitinančios srovės rūšį (kintamosios ir nuolatinės srovės lankas);
- 3) pagal elektrodų tipą (lankas su lydžiuoju elektrodu, lankas su nelydžiuoju elektrodu);
- 4) pagal degimo trukmę (nepertraukiamas ir impulsinis lankas);

5) pagal darbo principą (tiesioginis, netiesioginis, sudėtinis).

Tiesioginis lankas dega tarp elektrodo ir gaminio, netiesioginis – tarp dviejų elektrodų, sudėtinis – tarp dviejų elektrodų ir gaminio (vartojama trifazė srovė) (5.13 pav.). Metalų suvirinimui plačiausiai vartojamas tiesioginis lankas. Suvirinant nuolatine srove, lankas būna tiesioginio poliškumo ir atvirkščio poliškumo. Tiesioginio poliškumo lankas esti tuomet, kai teigiamas polius jungiamas prie gaminio, neigiamas – prie elektrodo. Esant atvirkščiam poliškumui, prie gaminio prijungiamas neigiamas polius, prie elektrodo – teigiamas.



5.13 pav. Suvirinimo lankas: a – tiesioginis, b – netiesioginis, c – sudėtinis (1 – elektrodas, 2 – lankas, 3 – ruošinys, 4 – netiesioginis lankas, 5 – trifazis lankas) [57]

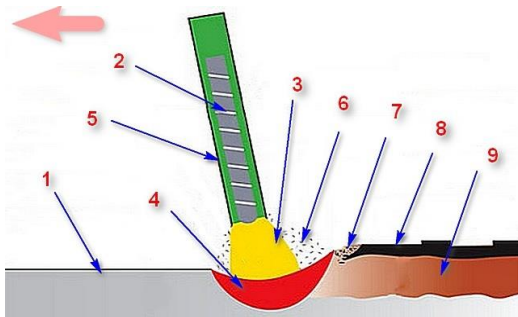
Suvirinant lydžiaisiais elektrodais, siūlę sudaro išsilydęs elektrodo ir gaminio metalas. Suvirinant nelydžiaisiais elektrodais (angliniu, volframinu), lydosi gaminio metalas ir pridėtinis metalas, kuris reikalingas didesnėms siūlėms sudaryti.

Ne visa lanko šiluma sunaudojama suvirinimo siūlei sudaryti. Dalį šilumos lankas išspinduliuoja į aplinką, dalis šilumos sunaudojama elektrodų glaistui ar fliusui išlydyti, dalį šilumos nusineša išsitaškęs metalas ir kt.

Rankinis lankinis suvirinimas (MMA) glaistytais elektrodais yra daugiausiai naudojamas suvirinimo būdas pramonėje, statyboje ir kitose srityse. Pagrindinės technologijos operacijos, gaminant konstrukcijas suvirinimu, yra šios: ruošinių paruošimas suvirinimui, surinkimas, sukabinimas, suvirinimas.

Virinant šiuo būdu, tarp lydaus glaistu dengto elektrodo ir suvirinamo metalo sukuriama elektros lankas, kuris tirpdo ir elektrodą, ir metalą. Kadangi sudėtis yra labai panaši į suvirinamo metalo sudėtį, tirpdamas jis susilydo su baziniu metalu. Elektrodai gali būti dengti baziniu, rutilo ir celiuliozės glaistu. Glaistas tirpdamas sukuria apsauginę dujų aplinką.

Suvirinant rankiniu lankiniu būdu, visus judesius elektrodai suteikia suvirintojas. Elektrodas traukiamas išilgai siūlės. Kad lankas būtų pastovaus ilgio, jis tolygiai artinamas prie gaminio, o kad siūlė būtų plati, elektrodo galas judinamas skersai siūlės.



5.14 pav. Rankinio lankinio suvirinimo schema: 1 – pagrindinis metalas, 2 – elektrodo strypas, 3 – elektrolankas, 4 – skysto metalo vonelė, 5 – glaistas, 6 – dujų debesis, 7 – skystas šlakas, 8 – kietas šlakas, 9 – siūlė

5.14 paveiksle parodyta suvirinimo glaistytais elektrodais schema. Suvirinimo procese, degant elektros lankui, lydosi pagrindinio metalo 1 briaunos, elektrodo strypas 2 ir elektrodo glaistas 5. Apsilydžius gaminio briaunoms, susidaro skysto metalo vonelė 4, kurią papildo išsilydžiusio elektrodo metalo lašai. Lydantis glaistui išsiskiria dujos 6, sudarydamos apie elektros lanką apsauginę dujinę aplinką. Taip pat susidaro skystas šlakas 7, kuris skystą siūlės metalą apsaugo nuo atmosferos oro žalingo poveikio, išoksidina, išvalo nuo žalingų priemaišų, legiruoja. Kai yra šlako, lėčiau aušta siūlės metalas, gaunama geresnėmis savybėmis pasižyminti siūlė. Nutolus elektros lankui, skysto metalo vonelė sustingsta, susidaro suvirinimo siūlė 9 padengta kietu šlaku 8. Kietas šlakas yra trapus, dėl to lengvai pašalinamas nuo gaminio.

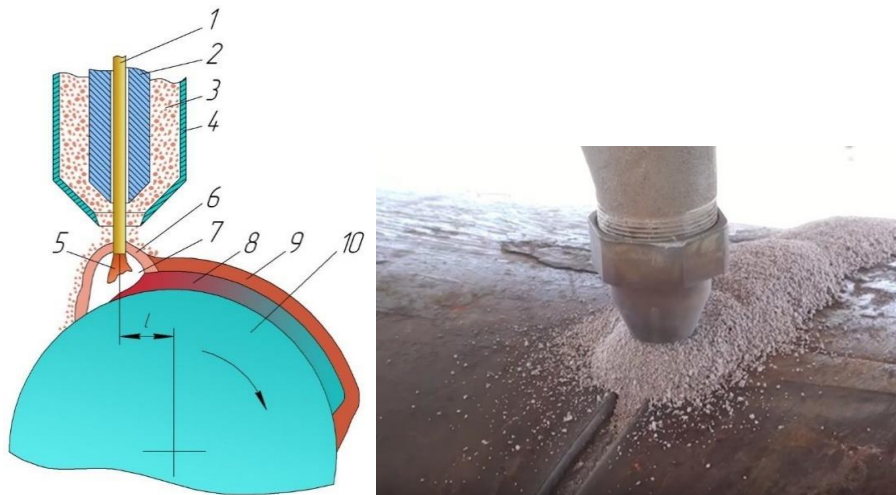
5.4.3. Aplydymas

Automatiniu vadinamas toks aplydymas, kai tiek elektrodo viela tiekiami į lanko degimo zoną, tiek remontuojamoji detalė pastumiama elektrodo vielos (aplydymo galvutės, dujinio ar elektrinio degiklio) atžvilgiu arba elektrodo viela detalės atžvilgiu stumiama mechanizuotai.

Pusiau automatiniu vadinamas toks aplydymas, kai mechanizuotas tik elektrodo vielos tiekimas į lanko degimo zoną, o elektrodo viela (aplydymo galvutės, dujinis ar elektrinis degiklis) remontuojamosios detalės atžvilgiu arba atvirkščiai – remontuojamoji detalė elektrodo vielos (aplydymo galvutės, dujinio ar elektrinio degiklio) atžvilgiu – pastumiama rankomis.

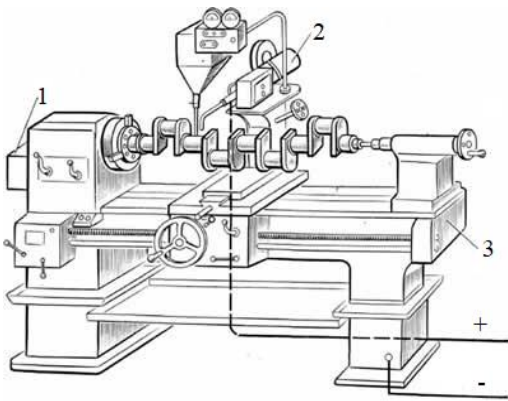
Detalės remontuojamos šiais mechanizuoto suvirinimo ir aplydymo būdais: automatiniu ir pusiau automatiniu aplydymo ir suvirinimo po fliuso sluoksniu; pusiau automatiniu ir automatiniu aplydymo anglies dvideginio dujų apsauginėje aplinkoje; automatiniu vibrolankinio aplydymo; plazminio-lankinio aplydymo; indukcinio aplydymo aukštojo dažnio srovėmis.

Automatinis ir pusiau automatinis aplydymas po fliuso sluoksniu. Būdo esmė tokia: tarp aplydomosios detalės 10 ir elektrodo vielos 1 susidaro elektros lankas 5 (5.15 pav.). Į lanko degimo zoną iš bunkerio įtaisu tiekiamas sausas grūdelių pavidalo fliusas 3, kuris storu sluoksniu uždengia aplydomosios detalės paviršiaus dalį. Šiluma, išsiskirianti degant lankui, išlydo elektrodo vielą, pagrindinį metalą ir dalį fliuso. Virš išlydyto metalo vonios susidaro ertmė 7 (pūsle), kurią užpildo lanko degimo metu išsiskiriančios dujos ir garai.



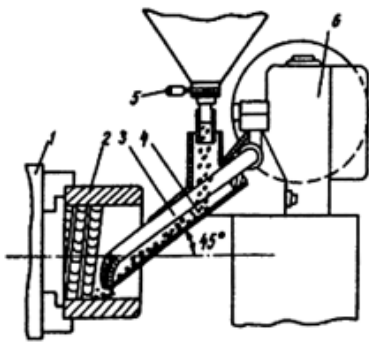
5.15 pav. Detalės automatinio aplydymo po fliuso sluoksniu schema: 1 – elektrodo viela; 2 – antgalis; 3 – fliusas; 4 – fliuso tiekimo vamzdelis; 5 – elektros lankas; 6 – išlydytas fliusas; 7 – dujų pūslelė; 8 – aplydytas metalas; išlydytas metalas; 9 – šlako pluta; 10 – aplydomoji detalė [58]

Detalėms atnaujinti, automatiškai aplydant po fliuso sluoksniu, naudojamas įrenginys, parodytas 5.16 pav. Jį sudaro tekimo staklės 3 su reduktoriu 1 suklio apsisukimų skaičiui sumažinti iki 1,5–2,3 aps./min (atsižvelgiant į technologinį procesą), aplydymo galvutės 2, kasetė su elektrodo viela, spinta su elektros skirstymo įtaisu ir suvirinimo keitikliu.



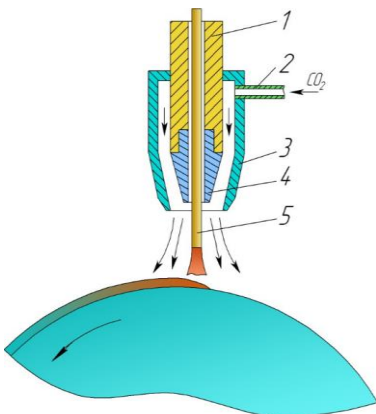
5.16 pav. Įrenginys detalėms automatiškai aplydyti po fluoso sluoksniu: 1 – reduktorius, 2 – aplydymo galvutė, 3 – tekinimo staklės

Automatiškai aplydant po fluoso sluoksniu galima atnaujinti skylių paviršius (5.17 pav.).



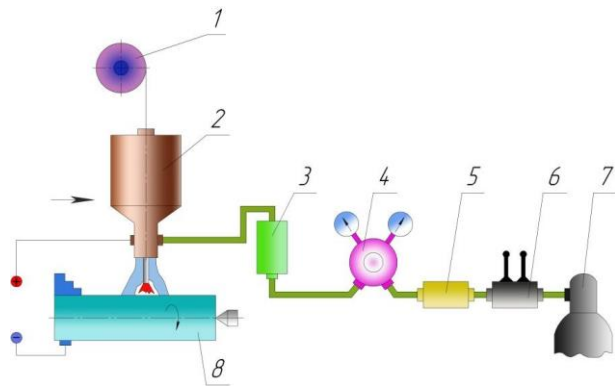
5.17 pav. Skylės paviršiaus aplydymo po fluoso sluoksniu schema: 1 – griebtuvas; 2 – aplydomoji detalė; 3 – antgalis vielai tiekti; 4 – antvamzdis flusui tiekti; 5 – bunkerio sklendė; 6 – aplydymo galvutės pagrindinis mechanizmas [1]

Pusiau automatinis ir automatinis *aplydymas anglies dvideginio dujų aplinkoje*. Šis būdas paremtas tuo, kad elektros lankas dega anglies dvideginio dujų aplinkoje, kuri, išstumdama orą, apsaugo nuo žalingo jo poveikio suvirinimo vonioje esantį ištirpusį metalą. Elektrodo viela ir anglies dvideginio dujos (0,05–0,2 MPa slėgiu) tiekiamos į lanko degimo zoną (5.18 pav.) pro dujų ir elektros degiklį.



5.18 pav. Suvirinimo apsauginėje anglies dvideginio aplinkoje proceso schema: 1 – kontaktinis vamzdelis; 2 – dujų padavimo vamzdelis; 3 – dujų tūta; 4 – antgalis; 5 – suvirinimo viela [58]

Įrenginio detalėms aplydyti pusiau automatiniu būdu apsauginėje anglies dvideginio dujų aplinkoje schema pateikta 5.19 pav.



5.19 pav. Įrenginio detalėms aplydyti pusiau automatiniu būdu apsauginėje CO₂ dujų aplinkoje schema: 1 – elektrodinės vielos kasetė; 2 – dujinis ar elektrinis degiklis; 3 – dujų skaitliukas; 4 – reduktorius; 5 – sausintuvas; 6 – šildytuvas; 7 – CO₂ balionas; 8 – aplydoma detalė [58]

Šis metodas taikomas remontuojant kabinas, kėbulus ir kitas iš lakštinio plieno pagamintas detales. Taip pat norint panaikinti sriegių, ašių, krumpliaračių dantų, pirštų, velenų kakliukų ir pan. detalių defektus.

Cilindrinų detalių aplydymo režimai pateikti 5.4 lentelėje, o plokščių – 5.5 lentelėje.

5.4 lentelė. Cilindrinų detalių aplydymo režimai

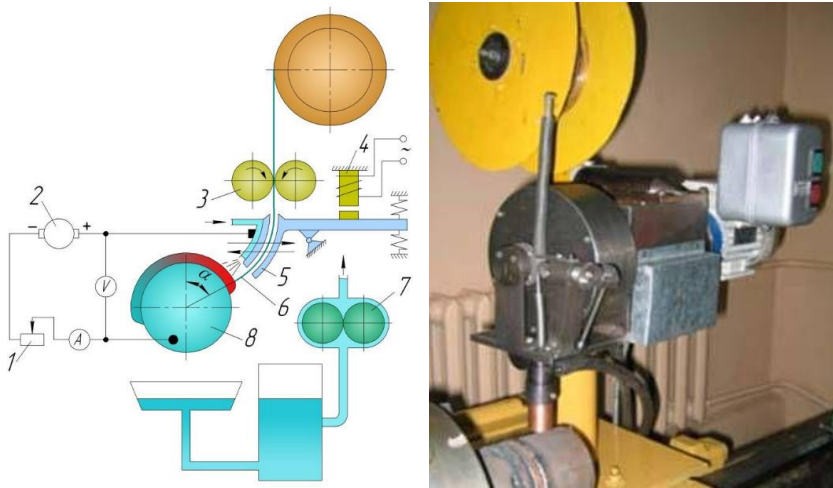
Detalės skersmuo, mm	Aplydomo sluoksnio storis, mm	Elektrodo skersmuo, mm	Srovės stipris, A	Įtampa, V	Aplydymo greitis, m/h	Aplydymo žingsnis, mm	Elektrodo išsikišimas, mm	Anglies dvideginio sanaudos, l/min
10–20	0,5–0,8	0,8	70–90	16–18	40–45	2,5–3,0	7–10	6–8
20–30	0,8–1,0	1,0	85–110	18–20	40–45	2,8–3,2	3–11	6–8
30–40	1,0–1,2	1,2	90–150	19–23	35–40	3,0–3,5	10–12	6–8
40–50	1,2–1,4	1,4	110–180	20–24	30–35	3,5–4,0	10–15	8–10
50–60	1,4–1,6	1,6	140–200	24–28	20–30	4,0–6,0	12–20	8–10
60–70	1,6–2,0	2,0	280–400	27–30	15–20	4,5–6,5	18–25	10–12
70–80	2,0–2,5	2,5	280–450	30–38	11–20	5,0–7,0	20–27	12–15
80–90	2,5–3,0	3,0	300–480	28–32	10–20	5,0–7,5	20–27	14–18
90–100	0,8–1,0	1,0	100–300	18–19	70–80	2,8–3,2	10–12	6–8
100–150	0,8–1,0	1,2	130–160	18–19	70–80	3,0–3,5	10–13	8–9

5.5 lentelė. Plokščių detalių aplydymo režimai

Detalės storis, mm	Elektrodo skersmuo, mm	Srovės stipris, A	Įtampa, V	Aplydymo greitis, m/h	Anglies dvideginio sanaudos, l/min
1,5	0,8	120	19	150	6
1,7	1,0	150	20	200	7
2,0	1,2	170	21	250	10
3,0	1,4	200	22	490	12
4,0–5,0	1,6	250	25	680	14
6,0 ir daugiau	1,6	300	30	700	16

Automatinis vibrolankinis aplydimas. Elektrolankiniu būdu detalės paviršius aplydomas vibruojančiu elektrodu, naudojantis aplydymo galvute. Lydoma skysčio, anglies dvideginio sraute arba ore.

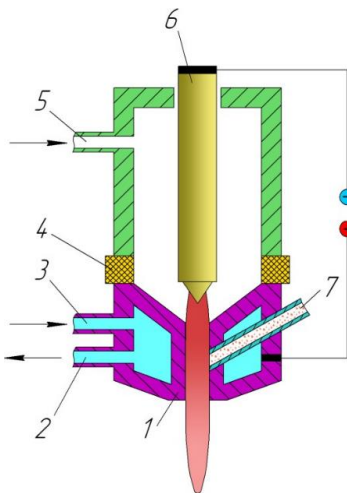
Automatinio vibrolankinio metalo aplydymo įrenginio principinė schema pavaizduota 5.20 pav.



5.20 pav. Įrenginio metalui aplydyti vibrolankiniu būdu schema: 1 – droselis; 2 – srovės keitiklis; 3 – elektrodinės vielos padavimo mechanizmas; 4 – vibratorius; 5 – antgalis; 6 – elektrodinė viela; 7 – aušinimo skysčio padavimo siurblys; 8 – aplydoma detalė [58]

Plazminis lankinis suvirinimas ir aplydymas pagrįstas tuo, kad virinant ir aplydant šiuo būdu naudojamas plazminis lankas. Plazma – tai jonizuotos dujos, kurios yra elektriškai neutralus teigiamai įkraudų ir neutralių dalelių mišinys. Plazmai būdingas didelis elektrinis ir šiluminis laidumas. Kadangi plazma yra didelio elektrinio laidumo, ji aplink save sukuria magnetinį lauką.

Plazminiam lankui sudaryti skirti įtaisai vadinami plazmotronais. Šilumos šaltinis plazmai susidaryti juose yra elektros lankas. Plazmotrono schema pavaizduota 5.21 pav.



5.21 pav. Plazmotrono schema: 1 – tūta – anodas; 2, 3 – skylės vandeniui įtekėti ir ištekėti; 4 – izoliacinis tarpiklis; 5 – skylė plazmą sudarančioms dujoms įleisti; 6 – volframinis katodas; 7 – skylė pridedamai medžiagai (milteliams) [58]

Indukcinis aplydymas aukšto dažnio srovėmis. Ant išdilusio detalių paviršiaus uždedama speciali pastos arba presuotų briketų pavidalo įkrova, kuri paskui išlydoma induktoriuje aukšto dažnio srovėmis. Susidaro aplydyto metalo sluoksnis.

5.4.4. Dujinis suvirinimas

Dujiniam suvirinimui reikalingos šios medžiagos: deguonis, degiosios dujos, suvirinimo viela, fliusai.

Deguonis normaliomis sąlygomis yra bespalvės, bekvapės dujos, nedega, bet aktyviai palaiko degimą. Žemoje temperatūroje deguonis virsta skysčiu ir net kietu kūnu. Deguonis yra chemiškai aktyvus ir jungiasi beveik su visais metalais. Alyva ir riebalai deguonyje intensyviai oksiduojasi, dėl to išsiskiria šiluma. Todėl dirbant su deguonimi reikia žiūrėti, kad ant baliono ir aparatūros nepatektų tepalų ir riebalų ir nenutekėtų deguonis. Priešingu atveju gali įvykti sprogimas. 1 litro skysto deguonies masė 1,14 kg. Išgaravus 1 litrui skysto deguonies, susidaro 860 l dujinio deguonies.

Degiosios dujos (MAF) arba skystųjų degalų garai, susimaišę su deguonimi arba oru, degdami sudaro suvirinimo liepsną. Parenkant degiąsias dujas, reikia žinoti jų liepsnos temperatūrą, nes suvirinant liepsnos temperatūra turi būti maždaug du kartus aukštesnė už metalo lydymosi temperatūrą. Karščiausia yra acetileno (C_2H_2) ir deguonies liepsna ($3100\text{--}3200^\circ\text{C}$). Kitų dujų ar skystųjų degalų liepsna vėsesnė, pavyzdžiui, metano ir deguonies – $2400\text{--}2700^\circ\text{C}$, propano ir deguonies – $2600\text{--}2750^\circ\text{C}$, propano, butano ir deguonies – $2500\text{--}2700^\circ\text{C}$, vandenilio ir deguonies – $2100\text{--}2300^\circ\text{C}$, benzino garų ir deguonies – $2500\text{--}2590^\circ\text{C}$.

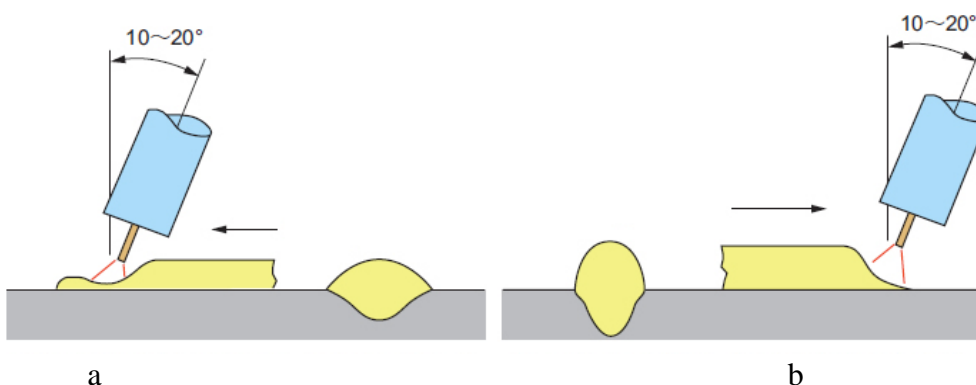
Acetilenas (C_2H_2) yra svarbiausios degiosios dujos, naudojamos suvirinimui, nes acetileno ir deguonies mišinio degimo temperatūra aukščiausia (3200°C). Techninis acetilenas yra bespalvės, aštraus kvapo, lengvesnės už orą dujos. Skystas ir kietas acetilenas technikoje nenaudojami, nes labai pavojingi sprogimo atžvilgiu. Dujinis acetilenas ir deguonis taip pat gali sudaryti sprogų mišinį. Sprogimo atžvilgiu pavojingiausias mišinys susideda iš 30 proc. acetileno ir 70 proc. deguonies, arba acetileno ir oro mišinys, kuriame yra 7–13 proc. acetileno. Liečiantis drėgnam acetilenui su variu, susidaro lengvai sprogstantis junginys. Todėl acetilenui naudojamą aparatūrą leidžiama gaminti iš vario lydinių, kuriuose yra ne daugiau kaip 70 proc. vario.

Techninis acetilenas gaunamas iš kalcio karbido (suvirinant plačiausiai naudojamas) arba iš angliavandenilių, kurių yra gamtinėse dujose, naftoje ir kt.

Labai smulkus kalcio karbidas (smulkesnis kaip 2 mm) intensyviai reaguoja su vandeniu, staiga pakyla slėgis. Kad nesprogtų, miltelinio kalcio karbido negalima naudoti generatoriuose, skirtuose gabaliniam karbidui.

Acetilenas yra brangiai kainuojančios ir deficitinės dujos. Todėl suvirinant, kai nereikalinga labai aukšta temperatūra, naudojamos pigesnės dujos: propanas, butanas ir jų mišinys.

Suvirinant dujomis, detalės sulydomos panaudojant pridėtinį metalą arba be jo. Galima suvirinti vamzdžius, lakštus, konstrukcijas iš plonų ir vidutinio storio plieno profilių. Žinomi du suvirinimo būdai – kairinis ir dešininis būdas (5.22 pav.). Suvirinant kairiniu būdu, pridėtinė viela yra prieš degiklio liepsną, o liepsna nukreipiama į nesuvirintą metalą. Suvirinimas vyksta iš dešinės į kairę.



5.22 pav. Suvirinimas dujomis: a – kairinis suvirinimas; b – dešininis suvirinimas

Kairinis suvirinimo būdas naudojamas iki 3 mm storio metalui suvirinti. Suvirinant dešiniu būdu pridėtinė viela yra už degiklio liepsnos, o liepsna nukreipta į suvirintą metalą. Dešininis suvirinimas naudojamas storesniam kaip 3 mm metalui suvirinti. Suvirinimo liepsna laikoma tol, kol suvirinimo viela padaromas ovalinis judesys skysto metalo vonelėje.

Dujomis galima suvirinti žemutines, horizontalias, vertikalias ir lubines siūles. Siūlės gali būti vienasluoksnės ir daugiasluoksnės. Kai plieno storis 8–10 mm, siūlė daroma dviejų sluoksnių. Storesnės kaip 10 mm detalės suvirinamos trimis ir daugiau sluoksnių. Prieš klojant naują sluoksnį nuo ankstesnio sluoksnio reikia vieliniu šepėčiu nuvalyti šlakus ir storas apdagas. Horizontalios ir lubinės siūlės suvirinamos dešiniu būdu. Vertikalios siūlės suvirinamos iš apačios į viršų kairiniu būdu.

Suvirinant dešiniu būdu, suvirinimo vielos skersmuo turi būti lygus pusei suvirinamo metalo storio, bet ne didesnis kaip 6 mm. Suvirinant kairiniu būdu, vielos skersmuo turi būti 1 mm didesnis negu suvirinant dešiniu būdu. Iki 3 mm storio lakštai paprastai suvirinami normalia liepsna. Storesni lakštai suvirinami silpnai oksiduojančia liepsna. Tokia liepsna giliau įvirina metalą, o suvirinimo greitis padidėja. Tačiau reikia naudoti pridėtinę vielą, legiruotą siliciu ir manganu, kad būtų geriau pašalinamas suvirinimo vonelėje susidarantis geležies oksidas.

Dujinio suvirinimo defektai (5.23–5.25 pav.). Defektu vadinami bet kokie nukrypimai nuo valstybinių standartų, normatyvinių dokumentų, techninių sąlygų, brėžinių. Defektai (5.6 lentelė) sumažina suvirinto sujungimo stiprumą, eksploatacinį patikimumą.

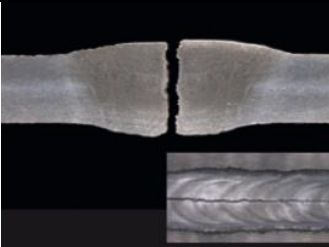
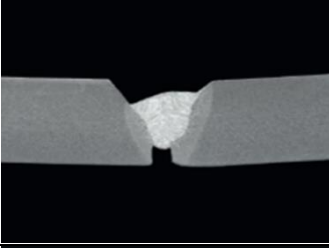
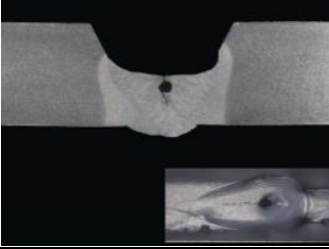
Pagrindinės defektų atsiradimo priežastys:

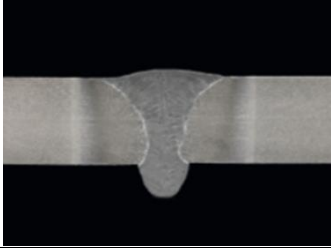
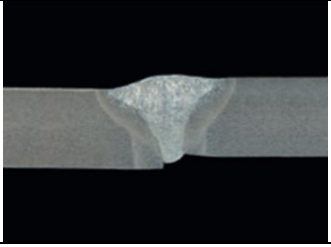
- Netinkamai parinktas suvirinimo režimas.
- Netvarkinga suvirinimo aparatūra.
- Nepakankama suvirintojo kvalifikacija.

Norint išvengti defektų, reikia:

- Pasirinkti tinkamo skersmens vielą.
- Naudoti tinkamą suvirinimo būdą – kairinį arba dešinį.
- Pakankamai išlydyti detalių briaunas.
- Parinkti degiklio antgalį pagal metalo storį.
- Kruopščiai paruošti detales suvirinimui.

5.6 lentelė. Siūlės defektai

Defekto vaizdas	Siūlės defekto pobūdis
	Įtrūkimai, karštieji įtrūkimai.
	Neįvirinimas. Per silpna liepsna, per didelis suvirinimo greitis.
	Siūlės pabaigos krateris ir įtrūkimas.

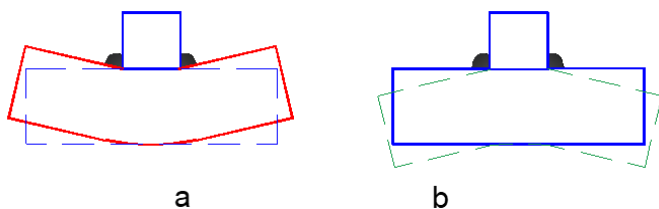
Defekto vaizdas	Siūlės defekto pobūdis
	<p>Pradegimas. Per didelė liepsna per mažas suvirinimo greitis.</p>
	<p>Persislinkusios detalių briaunos [59].</p>

Suvirinimo deformacija vadinamas bet koks konstrukcijos geometrinės formos ir matmenų pasikeitimas, nenumatytas brėžiniuose ir atsirandantis dėl šiluminio liepsnos veikimo.

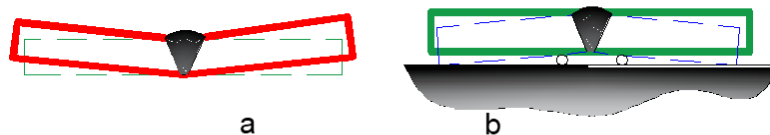
Suvirinimo vietoje metalas įkaista ir plečiasi, tolimesni nuo suvirinimo vietos šalti metalo sluoksniai neleidžia įkaitusiems sluoksniams plėstis. Susidaro vidiniai įtempimai, kurie ir deformuoja konstrukciją. Visiškai išvengti deformacijų neįmanoma, tačiau jas galima sumažinti.

Būdai deformacijoms sumažinti:

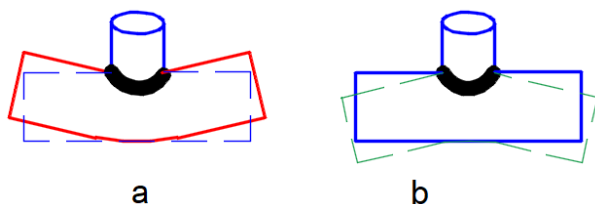
- Suteikti detalėms priešingos krypties deformacijų.
- Įtvirtinti detales, kad jos negalėtų judėti.
- Prieš suvirinimą pakaitinti detales iki 400–500°C temperatūros.
- Prieš suvirinimą detales sukabinti trumpomis siūlėmis.



5.23 pav. Tėjinio sujungimo deformacija: a – tėjinio sujungimo atveju susitraukimo jėga horizontalią detalę traukia į viršų, b – norint pasipriešinti susitraukimo jėgai horizontalią detalę galima atitinkamai palenkti į priešingą pusę



5.24 pav. Sandūrinio sujungimo deformacija: a – laisvai padėtų plokščių sandūrinio sujungimo atveju ir tais atvejais, kai suvirinimo metu pakaitinta sritis viršutinėje dalyje yra platesnė nei apatinėje, lakšto briaunos užlinksta į viršų; b – norint pasipriešinti susitraukimo jėgai, lakštus galima padėti atitinkamu kampu, priešingu galimo išlinkio kampui



5.25 pav. Vamzdžių sujungimo deformacija: suvirinant atsišakančius vamzdžius, kaip pavaizduota piešinyje, susitraukimo jėgos pagrindinį vamzdį lenkia į viršų (a). Norint pasipriešinti šioms jėgoms, pagrindinį vamzdį galima atitinkamai palenkti į priešingą pusę (b)

5.4.5. Metalų lydinių suvirinimas

Ketaus suvirinimas. Ketis blogai suvirinamas, yra trapus, linkęs užsigrūdinti ir kt. Dažniausiai virinamas pilkasis ketis, rečiau – kalusis ir stiprusis. Ketaus gaminiai suvirinami įkaitinti (karštasis ir pusiau karštasis suvirinimas) ir neįkaitinti (šaltasis suvirinimas). Suvirinant taisomi ketaus liejinių defektai, remontuojamos eksploatuotos detalės, kuriose yra plyšių. Dėl didelio anglies kiekio siūlėje gali susidaryti kieta ir trapi baltojo ketaus struktūra, terminio poveikio srityje – martensitinė struktūra. Šios kietos ir trapios struktūros, veikiamos suvirinimo įtempių, lengvai įtrūksta. Suvirinimo metu iš vonelės skiriasi daug dujų, todėl siūlėje gali susidaryti dujų tuštumų.

Parinkus suvirinimo medžiagas, siūlės metalas gali įgauti neanglingojo plieno, spalvotųjų metalų ir specialiųjų lydinių struktūrą. Elektrodei tinka ir neanglingojo plieno viela, tačiau glaiste turi būti pakankamai grafitizuojančių elementų – silicio ir anglies. Suvirinant gali būti naudojamos miltelinės vielos.

Karštasis ir pusiau karštasis suvirinimas. Suvirinant karštuoju būdu, ketis iš anksto kaitinamas iki 500–800 °C, suvirinant pusiau karštuoju būdu – iki 300–450 °C temperatūros. Prieš suvirinimą kaitinama, kad padidėtų plastiškumas ir lėčiau auštų siūlės metalas, vienodžiau auštų suvirintoji jungtis ir neatsirastų plyšių. Be to, prieš suvirinant detalėse iškapojamos defektinės vietos ir nusklembiamos jų briaunos.

Karštai suvirintame ketuje nėra sukietėjusių arba užgrūdintų zonų, tačiau karštasis suvirinimas yra brangus, daug darbo reikalaujantis procesas.

Dujiniu būdu suvirinama neutraliaja arba įanglinančiąja liepsna po fliusu, įkaitinus ruošinius iki 450–600 °C temperatūros.

Oksiduojančioji liepsna išdegina silicį, siūlės metale atsiranda baltojo ketaus grūdelių. Fliusas (maltas boraksas arba mišinys, kurį sudaro 56 proc. borakso, 22 proc. natrio karbonato ir 22 proc. kalio karbonato) tirpdo sunkiai lydžius geležies oksidus, silicį ir manganą, paverčia juos lydžiais šlakais, oksiduoja ir iš dalies tirpdo grafitinius intarpus, saugo vonelę nuo oksidacijos, didina šlako ir vonelės lydalo takumą.

Nuo briaunų šepėčiu nuvalomi nešvarumai, degiklio liepsna įkaitinamos briaunos. Ilgai ir tolygiai kaitinant, metale geriau grafitizuojasi anglis, aplink siūlę susidaro mažiau baltojo ketaus ir įtrūkių. Gerai įkaitintas metalas greitai suvirinamas žemutinėje padėtyje. Strypelio galas įkaitinamas iki šviesiai raudonos spalvos ir panardinamas į vonelę, kad, pasiekus grūdinimo temperatūrą, ketis neišbaltų. Vonelės lydalas maišomas strypelio galu (naudojami 4, 6, 8, 10, 12 mm skersmens ir 400–700 mm ilgio pridėtiniai ketaus strypeliai), kad greičiau išsiskirtų dujos ir siūlė netaptų koryta.

Jeigu metalas labai įkaitęs, liepsnos branduolys truputį nukreipiamas nuo vonelės, bet vonelė visą laiką turi būti apimta neutraliosios liepsnos. Per ilgai laikant liepsną, vonelėje išdega anglis ir silicis, gali susidaryti baltasis ketis.

Lankiniu būdu ketis suvirinamas:

- angliniu elektrodu ir ketaus pridėtinu metalu;
- elektrodais, kurių didžiąją dalį sudaro nikelis (gerai susilydo su geležimi, nereaguoja su anglimi) arba varis (geras grafitizatorius, todėl ketis neišbala);
- plieniniais elektrodais, apvyniotais varine viela arba pritvirtintomis žalvarinėmis

juostomis;

– glaistytaisiais ketaus elektrodais, kurių glaistas gali būti sudarytas iš 25 proc. kreidos, 41 proc. grafito, 25 proc. putnago (lauko špato, arba feldšpato), 9 proc. feromangano, sujungtų skystu stiklu. Glaisto sluoksnio storis – 0,2–0,3 mm.

Šaltasis suvirinimas. Šaltuoju būdu suvirinami dideli ir tikslių matmenų ketaus gaminiai, nes kaitinant jie deformuojasi. Šaltą metalą virinant glaistytaisiais elektrodais lankiniu būdu, suvirintųjų jungčių kokybė nėra aukšta. Siūlėje ir pereinamoje srityje gaunama baltojo ketaus struktūra, o aplink siūlę esančioje srityje – grūdintas metalas. Labai kieta ir grūdinta struktūra panaikinama ilgai atkaitinant aukštoje temperatūroje.

Suvirintos mažos detalės aušta greičiau, todėl kai kurie elementai (anglis, silicis), keičia ketaus struktūrą. Kad siūlėje nesusidarytų įtrūkių, joje anglies ir silicio turi būti daugiau negu pagrindiniame metale.

Šaltuoju būdu ketui suvirinti naudojami:

– nikelio elektrodai – jais virinant sumažėja galimybė susidaryti įtrūkiams. Nikelio ir ketaus šiluminio plėtimosi koeficientai panašūs. Nikelis yra plastiškesnis už kitas pridėtines medžiagas, be to, jis lengvai apdirbamas pjovimu. Nikelis naudojamas ertmėms užpildyti ir bendriesiems remonto darbams. Elektrodai nerekomenduojami ketui, turinčiam daug sieros ir fosforo, suvirinti.

– plieniniai elektrodai – tai stabilizuojamuoju arba kokybišku glaistu glaistyti mažaanglio plieno nedidelio skersmens elektrodai (vonelei prilydyti, iš pagrindinio metalo į siūlę patenkančiai angliai ir sunkiai tirpiems karbidams sujungti) arba elektrodai be specialaus glaisto (kai suvirintosios jungtys neapdirbamos, nesvarbus jų stipris arba kai suvirinama naudojant į gaminį įsukamas smeiges).

– geležies ir vario elektrodai – juos sudaro varinis strypelis, apvyniotas mažaanglio plieno skarda, arba pluoštas varinių ir plieninių strypelių. Elektrodai glaistyti specialiais arba stabilizuojamaisiais glaistais. Geležies kiekis prilydytajame siūlės metale neturi viršyti 10–15 proc.. Suvirinus gaunama pakankamo stiprio metalo siūlė. Siūlės struktūra labai netolygi, ją sudaro minkšta vario matrica ir labai kieto geležies ir anglies lydinio intarpai.

– vario ir nikelio elektrodai – pagaminti iš monelio (70 proc. Ni, 28 proc. Cu, kita dalis Fe) arba melchioro (80 proc. Cu, 20 proc. Ni) ir glaistyti stabilizuojamuoju glaistu. Gaunamos plastiškos siūlės, suvirintoji jungtis nėra labai stipri. Elektrodai yra brangūs.

– ketaus elektrodai – jais taisomi ketaus liejinių defektai. Siūlės metalo sudėtis beveik atitinka pagrindinį metalą. Suvirinama žemutinėje padėtyje. Austenitiniiais labai legiruoto ketaus elektrodais (nikelio, nikelio silicio ir kt.) suvirintos vietos lengvai apdirbamos mechaniškai.

– geležies ir nikelio elektrodai – pagaminti nikelio ir geležies pagrindu. Naudojami norint pasiekti didesnę suvirintosios jungties stiprį arba ketų jungiant su plieniu. Dėl geležies suvirintas metalas yra stipresnis nei gautas vien gryno nikelio pagrindu, taip pat lengvai apdirbamas. Šios rūšies elektrodai yra ne tokie jautrūs sierai ir fosforui, palyginti su elektrodais, pagamintais gryno nikelio pagrindu.

– specialieji elektrodai – jų glaiste yra vanadžio ar titano. Skystajame siūlės metale šie elementai jungiasi su anglimi ir sudaro dispersiškus, geležyje netirpius karbidus. Siūlės metale sumažėja anglies kiekis, todėl kietų ir trapių ledeburito ir cementito struktūrų nebesusidaro, o siūlės metalas būna gana plastiškas. Geresni elektrodai tie, kurie turi vanadžio, nes titanas, aktyviai jungdamasis su O₂ ir N₂, labai užteršia siūlę nemetaliniais intarpais.

– miltelinė viela – ketaus liejinių defektams taisyti [3].

Aliuminio ir jo lydinių suvirinimas. Aliuminis labai laidus šilumai, todėl aliuminiui suvirinti reikalingas didelės galios ir sutelktos šilumos šaltinis. Aliuminio lydymosi temperatūra yra žema (apie 660 °C), bet jo paviršiuje yra sunkiai lydus oksido Al₂O₃ (*T_m* ≈ 2072 °C) plėvelė, dėl kurios sunku suvirinti. Ši plėvelė padengia išlydyto metalo lašus, todėl juos labai sunku sulydyti vieną su kitu ir su pagrindiniu metalu. Prieš suvirinant reikia pašalinti oksido plėvelę ir neleisti jai susidaryti suvirinimo procese. Aliuminio oksidas pašalinamas trimis būdais: ištirpinant glaiste arba fliuse esančiomis medžiagomis, suardant elektros srove ir mechaniškai. Aliuminio oksidą gerai tirpina šarminių metalų chloridinių ir fluoridinių druskų mišiniai (NaCl, KCl, LiF ir kt.).

Ištirpę oksidai iš suvirinimo vonelės pereina į šlaką, pagerėja siūlės metalo kokybė, padidėja suvirintos konstrukcijos patikimumas. Kvalifikuoti suvirintojai aliuminį suvirina be fliusų. Oksidus jie pašalina mechaniškai.

Aliuminyje vandenilis tirpsta, bet, siūlei auštant, nespėja išsiskirti, todėl siūlėje susidaro porų, silpnėja konstrukcijos stipris, plastiškumas ir sandarumas. Didesnio stiprio aliuminyje dažnai susidaro šaltųjų plyšių. Todėl metalą reikia iš anksto kaitinti iki 250–400 °C temperatūros, kad siūlės metalas kristalizuotųsi lėčiau ir vandenilis suspėtų išsiskirti į aplinką. Kristalizacinių plyšių susidaro, kai aliuminyje būna daugiau silicio. Pridėjus geležies, jo kiekis sumažėja. Įtrūkių gali susidaryti ir dėl to, kad oksido plėvelės šiluminio plėtimosi koeficientas yra apie tris kartus mažesnis negu aliuminio. Ne visada aliuminio lydinius galima kaitinti.

Aliuminis labai deformuojasi, todėl virinant reikia jį gerai pritvirtinti. Aliuminio lydiniai būna deformuojamieji ir liejamieji. Jie gali būti termiškai stiprinami ir termiškai nestiprinami. Aliuminio lydinių suvirinamumas priklauso ne tik nuo legiruojančiųjų elementų, bet ir nuo jų kombinacijos. Todėl, virinant aliuminio lydinius, ypač svarbu naudoti pridėtines medžiagas, kurių cheminė sudėtis atitinka lydinių cheminę sudėtį.

Aliuminis ir jo lydiniai suvirinami glaistytaisiais elektrodais, elektrodinėmis vielomis ir pridėtiniais strypeliais. Iki 5 mm storio metalas suvirinamas be nuosklembų. Tarpelis tarp jų turi būti ne didesnis kaip 0,5–1 mm. Iki 15 mm storio metalo nuosklembos daromos *U* formos, storesnio kaip 15 mm – *X* formos.

Aliuminio ir jo lydinių suvirinimo būdai:

– *MMA* būdu dažniausiai suvirinamas techniškai grynas aliuminis, siluminas, aliuminio lydiniai, kuriuose yra < 5 proc. magnio. Rankiniam lankiniam suvirinimui naudojami elektrodai yra tos pačios sudėties kaip ir suvirinamas metalas, o glaistą sudaro chloro ir fluoro druskos. 10 mm ir didesnio storio metalas iš anksto kaitinamas iki 100–400 °C temperatūros. Dažniausiai suvirinama iš abiejų pusių.

– Lankinis suvirinimas apsauginėse dujose. Lakštai, kurių storis 0,5–10 mm, suvirinami nelydžiuoju volframo elektrodu, naudojant pridėtinę medžiagą, o storesni lakštai – lydžiuoju elektrodu. Storus lakštus ir stambius liejinius rekomenduojama kaitinti iki 400 °C temperatūros. Suvirinant apsauginėse dujose gaunama aukštesnės kokybės siūlė negu suvirinant kitais lankinio suvirinimo būdais. *TIG būdu* dažniausiai virinama argone. Volframo elektrodu suvirinama su pridėtinu strypeliu arba be jo. Suvirinimo viela arba pridėtinis strypelis turi atitikti pagrindinio metalo cheminę sudėtį. *MIG būdu* priešingo poliarumo nuolatine srove ant padėklo suvirinami storesni kaip 4 mm gaminiai. Kai aliuminis ir jo lydiniai virinami *MIG* ir *TIG* būdais, į vonelę įmaišoma oksidatorių. Argoną geriausia maišyti su 1,5 proc. deguonies.

– Automatinio būdu po fliusu dažniausiai suvirinami 8–25 mm storio ruošiniai. Išsilydęs fliusas praleidžia elektros srovę, todėl lankas dega ne po fliusu, o virš jo. Nuo siūlės sunku nuvalyti šlaką.

– Mikroplazminiu būdu impulsine srove virinami ploni 0,2–2,0 mm storio lakštai. Kad siūlė ir pagrindinis metalas prie siūlės nesioksiduotų, naudojamos apsauginės dujos. Priešingo poliarumo impulso amplitudė ir jos trukmė turi būti tokia, kad suirtų susidarę oksidai.

– Dujinio suvirinimo metu oksido plėvelė šalinama fliusu (50 proc. *KCl*, 28 proc. *NaCl*, 14 proc. *LiCl*, 8 proc. *NaF*), kuris tepamas ant briaunų ir pridėtinio strypelio galo. Baigus darbą fliuso liekanos kruopščiai nuvalomos, nes per mėnesį jos gali suardyti 10 mm storio gaminį. Iki 2 mm storio aliuminis suvirinamas be nuosklembų ir pridėtinio metalo. Virinant storesnes detales, briaunos nusklembiamos 60–70° kampu, tarp jų paliekamas 2–5 mm tarpelis. Virinti šiuo būdu sunku, nes nuo arti degančios liepsnos metalas labai deformuojasi. Kai liepsnos galia per didelė, aliuminio oksidas uždengia vonelę, nematyti, kada metalas ima lydėtis. Tada metalas pradeginamas, šį defektą sunku ištaisyti. Ataušusią siūlę galima šiek tiek pakalti.

– Kontaktiniu būdu aliuminis ir kai kurie jo lydiniai suvirinami patenkinamai. Kontaktiniu taškiniu būdu suvirintas aliuminis išlieka laidus elektrai ir šilumai. Suvirinant reikalinga stipri trumpalaikė elektros srovė [3].

Duraliuminis, arba deformuojamasis *Al-Cu-Mg-Mn* aliuminio lydinys, yra termiškai

sustiprintas (užgrūdintas ir po to sendintas). Sendinti lydiniai yra daug stipresni ir kietesni. Kai įkaitinimo temperatūra viršija 500 °C, apsilydo ir oksiduoja grūdelių paviršiai, labai pablogėja mechaninės savybės. Perkaitinto duraliuminio savybių negalima atkurti jokių terminio apdorojimo būdu, todėl po duraliuminio suvirinimo jo terminio poveikio sritis susilpnėja 40–50 proc. Suvirinant apsauginių dujų aplinkoje sumažėja duraliuminio stipris, kurį galima atkurti iki 80–90 proc. po terminio apdorojimo. Duraliuminiui virinti, jei jis paskui termiškai neapdorojamas, geriausiai tinka aliuminio strypeliai arba lydinys, panašus į duraliuminį. Šie lydiniai papildomai legiruojami geležimi ir nikeliu, todėl būna atsparūs aukštesnėje kaip 200–250 °C temperatūroje.

5.5. Metalizacija

Metalizacija vadinamas dangos sudarymo procesas, kai išlydytas metalas suslėgtu oru arba inertinėmis dujomis užpurškiamas ant specialiai paruošto detalės paviršiaus.

Metalo lydymas ir užpurškiamas aparatais – metalizatoriais. Priklausomai nuo užpurškiamo metalo išlydymo būdo metalizacija skirstoma į elektrinę, dujinę ir plazminę-lankinę. Metalizuojant naudojamos vielos arba miltelių pavidalo metalas.

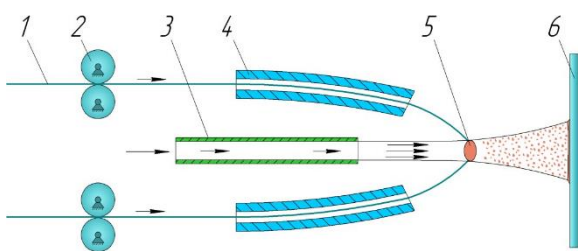
Užpurškiamo metalo dalelės gali būti įvairaus didumo – nuo 2 iki 100 μm. Metalo dalelės gali lėkti 85–190 m/s greičiu, o judėjimo iki detalės trukmė – ne daugiau kaip 0,003 s. Taip greitai skriedamos dalelės per trumpą laiką nespėja labai ataušti ir detalių paviršių pasiekia būdamos plastiškos. Stipriai atsitrenkusios dalelės deformuojasi ir tarpusavyje užsipleišėja. Veikiamos atomų ir molekulių tarpusavio sukibimo jėgų, kontakto vietose dalelės stipriai susijungia su detalės metalu ir su anksčiau užpurkštomis dalelėmis.

Kad sukibimas būtų geras, detalės paviršius turi būti šiurkštus.

Metalizuotas sluoksnis esti kietesnis negu vielos metalas. Tai paaiškinama greitu dalelių ataušimu ir užsigrūdinimu, kai viela labai anglinga, dalelėse esančiais oksidais, taip pat sukietinimu, kurį sukelia nusėdančios dalelės, atsitrenkdamos į anksčiau nusėdusias. Kadangi metalizuotos dangos yra korėtos struktūros ir kartu labai kietos, jos ypač atsparios dilimui, kai dirbama su tepalu.

Elektrinė metalizacija. Priklausomai nuo naudojamos energijos elektrinė metalizacija gali būti dviejų rūšių: elektrolankinė ir aukšto dažnio.

Elektrolankinė metalizacija pagrįsta tuo, kad užpurškiamam metalui išlydyti naudojama elektros lanko šiluma. Į metalizatoriaus korpusą (5.26 pav.) tiekiamos dvi viena nuo kitos izoliuotos 1,2–2,5 mm skersmens vielos, kurios ir yra elektrodai.



5.26 pav. Elektrolankinio metalizatoriaus schema: 1 – viela; 2 – vielos tiekimo mechanizmo ritinėliai; 3 – suslėgtas oras; 4 – antgalis; 5 – elektrinis lankas; 6 – detalė [58]

Metalizatoriaus išpurškimo galvutėje tarp elektrodų, kuriuose yra įtampa, susidaro elektros lankas, jo veikiami elektrodai lydosi. Išlydyto metalo dalelės oro srove užpurškiamos ant paruošto detalės paviršiaus.

Elektrolankiniai metalizatoriai gali dirbti tiek nuolatine, tiek kintamąja srove.

Lankinio purškimo trūkumai:

- purškiamą medžiagą perkaista ir, jei vielos padavimo greitis yra mažas, oksiduoja;
- išdega dalis legiruojančiųjų elementų, esančių vieloje;
- galima purkšti tik elektrai laidžias medžiagas.

Daugiausia šis procesas taikomas antikorozinėms aliuminio ir cinko dangoms gauti bei

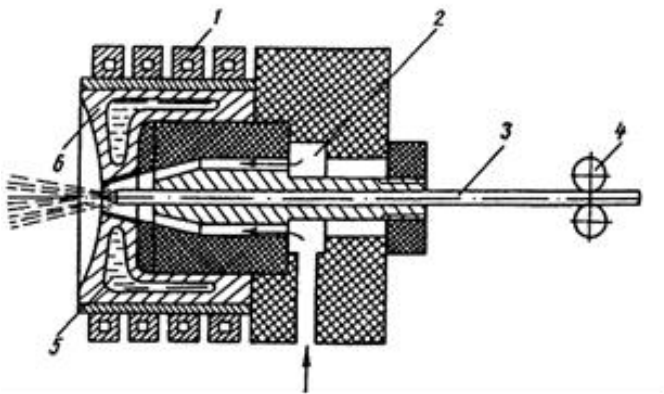
dideliems paviršiams padengti.

Aukšto dažnio metalizacija pagrįsta tuo, kad metalizuojant panaudojama šiluma, susidariusi indukciniu būdu įkaitinant metalą aukšto dažnio srovėmis.

Aukšto dažnio metalizatoriaus galvutėje (5.27 pav.) yra sūkurinių aukštadažnių srovių koncentratorius, skirtas magnetiniam laukui sukelti ties vielos išėjimo vieta, kad ji akimirksniu įkaistų ir aptirptų.

Į išpurškimo galvutės koncentratoriaus skylę vielos tiekimo mechanizme be pertraukos tiekama 4–5 mm skersmens viela (vielos ruošinių ilgis 3,5–5 m). Vieloje indukuojama aukštadažnė srovė aplydo jos galą, o suslėgto oro čiurkšlė, išeinanti iš galvutės tūtos, nuo vielos galo nupučia išlydytą metalą ir užpurškia jį ant detalės paviršiaus.

Aukšto dažnio metalizacija, palyginti su elektrolankine, turi daug pranašumų. Galima lengvai valdyti vielos įkaitinimo režimą ir šitaip kelis kartus sumažinti cheminių elementų išdegimą ir metalo oksidaciją. Daug geresnės fizinės mechaninės dangų savybės (kietumas, stiprumo riba tempiant) ir dalelės stipriau sukimba tarpusavyje, taip pat su pagrindiniu metalu.



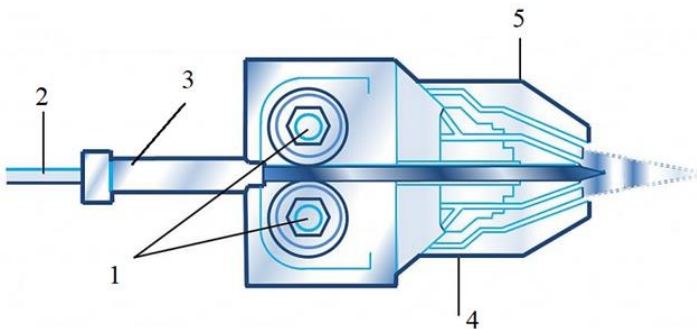
5.27 pav. Aukšto dažnio metalizatoriaus išpurškimo galvutė: 1 – induktorius; 2 – suslėgto oro kamera; 3 – viela; 4 – ritinėliai vielai tiekti; 5 – aušinimo kamera; 6 – sūkurinių srovių koncentratorius [1]

Dujinė metalizacija. Šiuo būdu dengiant detalės paviršius, lydoma metalo viela arba užpurškiami išlydyti metalo milteliai.

Taip detalės atnaujinamos vis dažniau. Metalą lydant acetileno ir deguonies dujų liepsnoje, sumažėja legiruojančiųjų priemaišų (anglies, mangano). Užpurkštą sluoksnį būna tolygesnis.

Dujiniame metalizatoriuje viela lydoma veikiamą šilumos, išsiskiriančios degant degiosioms dujoms (acetileniui, gamtinėms dujoms ir kt.) deguonies čiurkšlėje. 1,2–3,0 mm skersmens viela tiekama dujų liepsnos viduje išilgai jos ašies (5.28 pav.). Išlydytos vielos metalo lašai išpurškiami suslėgtu oru arba inertinių dujų srautu.

Dujine metalizacija dažniausiai atnaujinami įvairūs velenai, alkūninių velenų kakliukai.

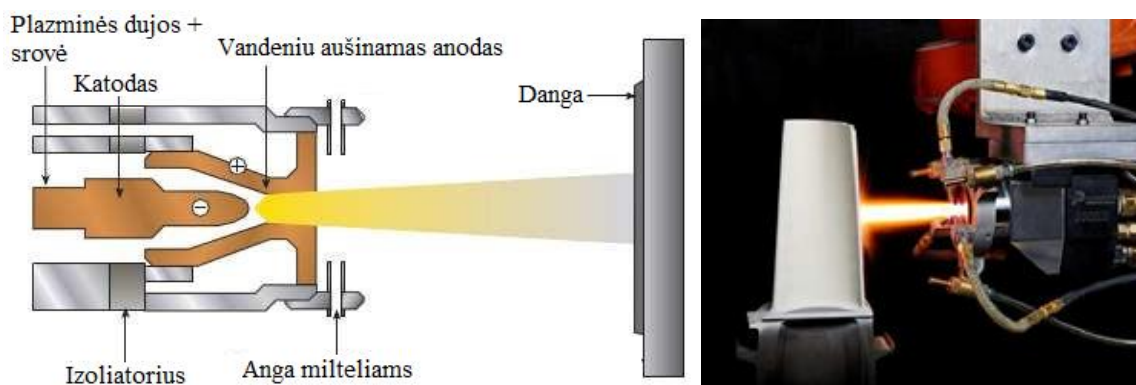


5.28 pav. Dujinio metalizatoriaus purškimo galvutės įrengimas: 1 – ritinėliai vielai tiekti; 2 – viela; 3 – antvamzdis; 4 – dujų ir deguonies mišinys; 5 – suspaustas oras [67]

Dujinio purškimo trūkumai, palyginti su plazminiu:

- ribotas medžiagos panaudojimas vielos ar lankstaus elektrodo pavidalu;
- dangoje būna oksidų;
- danga nėra tanki ir gerai sukibusi su substratu;
- negalima puršti metalo keraminių miltelių.

Plazminė metalizacija. Metalizuojant plazmą, į plazmotrono tūtą dujomis (azotu) tolygiai tiekiami metalo milteliai. Didžiausias išsilydžiusio metalo greitis (150–200 m/s) būna 50–80 mm atstumu nuo plazmotrono tūtos galo (5.29 pav.).



5.29 pav. Plazminio metalizatoriaus galvutė [60]

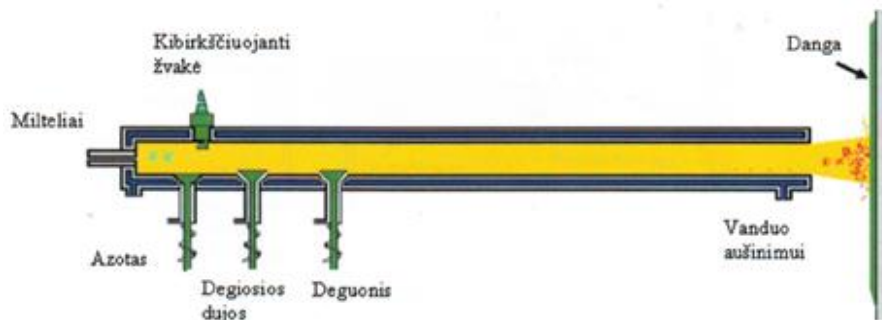
Plazmine metalizacija galima išlydyti įvairias, net sunkiai lydomas medžiagas ir padengti įvairios formos, įvairių matmenų detales; aplink aplydymo zoną galima sudaryti neutralią, oksiduojančią ar redukuojančią aplinką; galima lengvai reguliuoti aplydymo šiluminį režimą; be to, procesas lengvai automatizuojamas.

Plazminio purškimo privalumai:

- aukšta plazmos temperatūra leidžia purkšti sunkiai lydžias medžiagas;
- galima reguliuoti plazmos temperatūrą ir srauto greitį atitinkamai parenkant tūtos formą, skersmenį ir purškimo režimą;
- galima purkšti įvairias medžiagas (metalu, keramiką ir kt.);
- plazmos sraute purškiamos medžiagos dalelės chemiškai nesiskaido ir neišgaruoja;
- gautų dangų eksploatacinės savybės yra geros, nes jų didelis tankis ir jos būna gerai sukibusios su substratu.

Detonacinis užpurškimas. Taikant šį būdą, metalo milteliai įkaitinami ir pernešami detonacinių bangų energija.

Detonacinį įrenginį sudaro vamzdis (5.30 pav.), į kurį įleidžiama dujinio mišinio (pvz., propano ir butano, deguonies) ir tam tikru momentu tiekiamas dozuotas metalo miltelių kiekis. Dujoms sprogu, detonacinė banga įkaitintus miltelius užmeta ant dengiamojo paviršiaus. Gaunama danga, kurios tankis artimas monolitinės medžiagos tankiui (97–99 proc.).



5.30 pav. Detonacinis įrenginys [58]

Dilimui atsparios dangos gaunamos užpurškiant titano, aliuminio oksidų, chromo, volframo karbidų mišinius su metalais.

Šio proceso trūkumai: dangą galima užpurkšti tik ant tokių medžiagų, kuriose nelieta liekamųjų deformacijų, veikiant sprogo bangai; didelis triukšmas (iki 140 dB), todėl reikalingos gerai izoliuotos purškimo kameros.

5.6. Galvaninės dangos

Kai detalė padengiama galvaniniu būdu, ant iš anksto paruošto jos paviršiaus elektrolitiškai nusodinamas metalas. Metalai paprastai vadinami pirmos rūšies elektros srovės laidininkais, o vandeniniai šarmų, rūgščių ir druskų tirpalai – antros rūšies elektros srovės laidininkais arba elektrolitais. Tirpinant vandenyje šarmus, rūgštis ir druskas, jų molekulės suskyla į atomus arba atomų grupes (jonus), pernešančius teigiamus (katijonai) ir neigiamus (anijonai) elektros krūvius. Cheminių junginių skaidymasis į jonus, veikiant tirpikliui (vandeniui), vadinamas elektrolitine disociacija.

Kad metalą būtų galima nusodinti elektrolitiniu būdu, į elektrolitą įkišami elektros laidininkai, sujungti su elektros srovės šaltiniu – elektrodai. Elektrodas, sujungtas su teigiamu srovės šaltinio poliumi, vadinamas anodu, o sujungtas su neigiamu – katodu.

Elektrolizėje, kai norima gauti metalinę dangą, katodas yra padengiamasis dirbinys, o anodas dažniausiai yra metalinės plokštės arba strypai.

Vienas iš svarbiausių galvaninėms dangoms keliamų reikalavimų – kad nusodintas metalas tolygiai pasiskirstytų, t. y. danga būtų vienodo storio visame detalės paviršiuje.

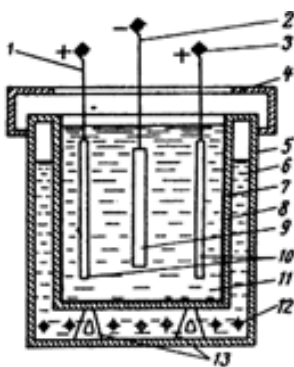
Galvaninėmis dangomis padengiami išdilę detalių paviršiai, kai norima padidinti jų atsparumą dilimui, taip pat apsauginiams ir dekoratyviniams tikslams. Labiausiai paplito chromavimas ir plienavimas. Autoremontu įmonėse galvaniniu būdu padengiama variu (variavimas) ir nikeliumi (nikeliavimas). Tai ne savarankiški, o pagalbiniai detalių atnaujinimo būdai.

Chromavimas. Tai vienas labiausiai paplitusių galvaninio dengimo būdų, tinkamų tiek detalių išdilimui kompensuoti, tiek antikorozei ir dekoratyvinei dangai. Elektrolitinio chromo kietumas $H_{\mu} = 4000-12000 MPa$. Be to, chromo atsparumas dilimui 1,5–2,0 kartus didesnis nei grūdinto plieno 45.

Atsparios dilimui chromo dangos gali būti dviejų rūšių: glotnios ir korėtos. Pastarosiomis padengiamos detalės, dirbančios didelių lyginamųjų apkrovų ir ribinės trinties sąlygomis (variklių stūmokliniai žiedai).

Apsauginės-dekoratyvinės dangos yra ilgaamžės, todėl jomis padengiamos detalės siekiant paviršių apsaugoti nuo korozijos ir suteikti gražią išvaizdą.

Detalės galvaniniam padengimui paruošiamos šlifavimo ir poliravimo staklėmis. Jos chromuojamos voniose (5.31 pav.).



5.31 pav. Chromavimo vonia: 1 – katodinis strypas; 2 – pakabinimo įtaisas; 3 – anodinis strypas; 4 – kraštinis ventiliacijos siurbtuvas; 5 – vonios gaubtas; 6 – vanduo; 7 – vonios klojinys; 8 – vonios korpusas; 9 – katodas (detalė); 10 – anodas (švino plokštės); 11 – elektrolitas; 12 – šildytuvai; 13 – atramos [61]

Nikeliavimas. Nikelis yra sidabriškai baltos spalvos metalas. Nikelio dangos atsparios korozijai rūgščių ir mineralinių druskų, taip pat bet kokios koncentracijos šarmų tirpaluose. Tačiau šios dangos korėtos ir dėl to neapsaugo plieninių detalių nuo korozijos atmosferos sąlygomis ir agresyviose terpėse, nes galvaninėje poroje geležis ir nikelis yra katodas. Nikelio dangos gerai poliruojamos, jos naudojamos kaip posluoksnis apsauginei-dekoratyvinei chromo dangai.

Plienavimas. Tai galvaninis procesas, kurio metu geležies druskų tirpalu tekant 6–12 V įtampos nuolatinei srovei ant detalės nusodinama elektrolitinė geležis.

Geležis, nusodinta ant katodo elektrolizės būdu, yra sidabriškai baltos spalvos, smulkiakristalės struktūros metalas. Pagal sudėtį elektrolitinė geležis panaši į mažaanglį plieną, kuriame yra 0,03–0,06 proc. anglies.

Galvaninei plieno dangai būdingas didelis atsparumas dilimui, kuris, esant sausajai slydimo trinčiai, yra didesnis nei plieno 45, užgrūdinto aukštadažnėmis srovėmis, taip pat aplydytų ir metalizuotų dangų.

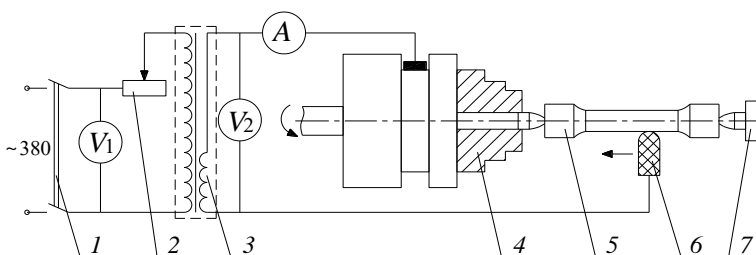
Detalių plienavimo technologinis procesas susideda iš paruošiamųjų, padengimo ir baigiamųjų operacijų.

5.7. Paviršiaus sukietinimas

5.7.1. Elektromechaninis sukietinimas

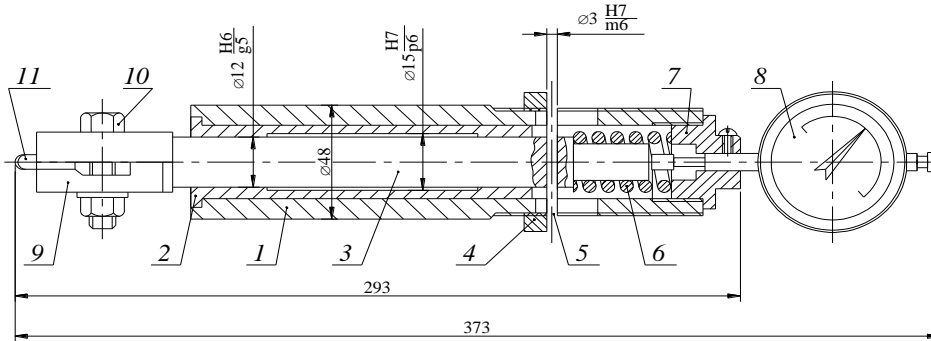
Per paskutinius keliolika metų, sparčiai besivystant kvantinei elektronikai, jonų ir elektronų spinduliavimo, plazminiams, elektrofiziniams procesams, sukurti ir vis plačiau naudojami praktikoje nauji metalų paviršių sukietinimo būdai koncentruotu energijos srautu. Dauguma šių būdų yra brangūs. Tačiau yra ir paprastesnių. Vienas iš tokių būdų – elektromechaninis paviršiaus sukietinimas. Elektromechaniškai sustiprinant paviršių, jis veikiamas koncentruotu šiluminiu srautu ir deformuojamas plastiškai. Toks kompleksinis paviršiaus poveikis yra elektromechaninio apdirbimo (EMA) technologijos esmė. Koncentruotas šilumos srautas gaunamas tekant elektros srovei kontaktų įrankis–detalė. Dėl didelio kintamosios srovės stiprio (100 ... 1200 A) paviršius gali būti įkaitinamas iki daugiau nei 900°C temperatūros. Kaitinant ir deformuojant paviršių labai susmulkinama plieno mikrostruktūra. Kadangi procesas spartus, nespėja pasireikšti rekristalizacija, gaunamas specifinis smulkiagrūdis sustiprinto paviršiaus sluoksnis – „baltasis“ sluoksnis (bestruktūrinis martensitas). Stiprinant kintama elektros srove, gaunamas sustiprintas segmentinės makrostruktūros sluoksnis – periodiškai besikeičiantys sukietinto ir termiškai atleisto metalo ploteliai. Toks paviršius pasižymi geromis tribologinėmis savybėmis. EMA sustiprintų gaminių paviršius yra daug kietesnis ir atsparesnis dilimui bei nuovargiui, jei lyginsime su sustiprintų paviršių įprastiniu terminiu apdirbimu. EMA sukietinto paviršiaus atsparumas dilimui padidėja 1,6–2,6 karto. EMA plačiai taikomas stiprinti gaminamų ir naujinamų mašinų detalių paviršiams. Didelis efektas pasiekiamas stiprinant naujintų detalių aplydytas, užpurkštas ir elektrolitines dangas.

EMA metu naudojama įranga. Detalių EMA dažniausiai naudojamos tekinimo staklės (atsižvelgiant į paviršiaus formos pobūdį, gali būti naudojamos ir kito tipo staklės). Principinė įrenginio schema pavaizduota 5.32 paveiksle.



5.32 pav. EMA tekinimo staklėse elektromechaninė schema: 1 – įtampos jungiklis, 2 – reostatas, 3 – įtampą žeminantis transformatorius, 4 – griebtuvas, 5 – apdirbama detalė, 6 – specialus kietlydinio T15K6 plokštelės prispaudimo įtaisas, 7 – arklukas

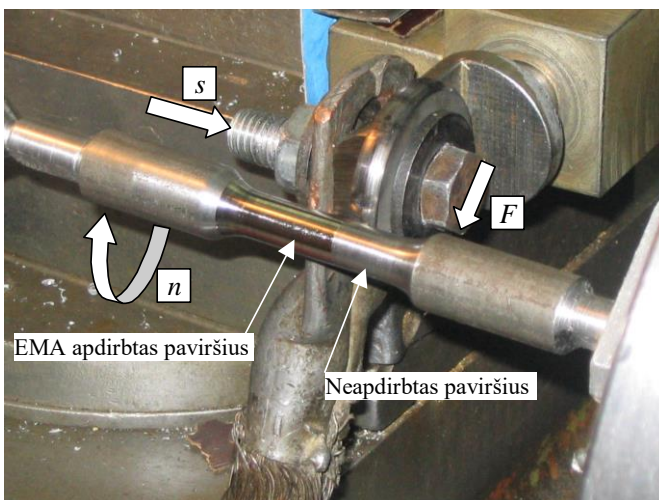
Elektros srovė teka per transformatoriaus antrinę apviją 3, kurios viena grandinės šaka prijungta prie staklių griebtuvo 4. Srovė per griebtuvą perduodama į apdirbamą ruošinį 5. Tuo tarpu kita grandinės šaka prijungta prie apdirbimo įrankio 6. Srovės stipris antrinėje grandinėje reguliuojamas, atsižvelgiant į įrankio ir apdirbamosios detalės lietimosi vietas varžą ir apdirbto paviršinio sluoksnio kokybės keliamus reikalavimus. Srovės stipris gali būti keičiamas nuo 100 iki 1000 A, o įtampa – 0,25 ... 8 V. EMA naudojamas specialus kietlydinio plokštelės prispaudimo įtaisas pavaizduotas 5.33 paveiksle.



5.33 pav. Specialus įtaisas EMA prispaudimo jėgai parinkti ir matuoti

Įtaisas sudarytas iš korpuso 1, kreipiančiosios įvorės 2, strypo 3, atraminės veržlės 4, kaiščio 5, cilindrinės spyruoklės 6, veržlės indikatoriumi tvirtinti 7, indikatoriaus 8, plokštelės tvirtinimo gnybtų 9, varžto 10 ir kietlydinio plokštelės 11. Plokštelės 11 prie detalės apdirbamo paviršiaus prispaudimą užtikrina spyruoklė 6.

Sukietinimo metu įtaisas tvirtinamas tekimo staklių apkaboje. Nuo staklių jis izoliuojamas tekstolitinėmis plokštelėmis. Apdirbama detalė tvirtinama tekimo staklėse tarp centrų. Sukimo judesys perduodamas nuo staklių griebtuvo. Įrankio laikiklis prie detalės yra prispaudžiamas naudojant staklių skersinės pastūmos mechanizmą. Įrankio prispaudimo jėga F reguliuojama prispaudimo įtaiso indikatoriumi 8. Prieš darbą prispaudimo įtaisas taruojamas dinamometru. Apdirbimo metu įrankiui suteikiama pastovi išilginė staklių pastūma S mm/aps., todėl visas detalės paviršius apdirbamas vienodu režimu. Kadangi įrankio prispaudimo jėga, išilginė pastūma ir detalės sukimosi greitis yra pastovūs, tai šie veiksniai įgalina deformuoti ir sulyginti detalės paviršiaus nelygumus. Naudojant EMA, vienu metu vyksta du procesai: paviršinio sluoksnio sukietinimas ir paviršiaus nelygumų sulyginimas. 5.34 paveiksle pavaizduota EMA schema.



5.34 pav. EMA schema

5.7.2. Kiti sukietinimo būdai

Mechaninis sukietinimas. Prie mechaninių paviršinio sluoksnio apdirbimo būdų, kai pakeičiama paviršinio sluoksnio struktūra, galima priskirti deimantinį jėginį šlifavimą, jėginį tekimą, paviršiaus apridenimą, kietinimą sprogimu, paviršiaus apdaužymą. Šie būdai pakankamai pigūs, nesudėtingi, o sukietinto sluoksnio charakteristikos priklauso nuo apdirbimo režimų ir sąlygų.

Lyginant deimantu, apdirbimo procese vyksta plastinė deformacija, ir paviršinis sluoksnis sukietinamas. Kiečiausias paviršinis sluoksnis gaunamas, kai prispaudimo jėga yra didesnė, negu ji reikalinga glotniausiam paviršiui gauti. Po apdirbimo negrūdintų plienų paviršinis mikrokietumas padidėja 10–20 proc., grūdintų plienų 25–40 proc. Taikant optimalius apdirbimo režimus gaunamas sukietinto sluoksnio gylis 0,2–0,4 mm, o kietumas siekia iki 65 HRC. Po deimantinio lyginimo paviršiniame metalo sluoksnyje sudaromi gniuždymo įtempiai, kurių dydis artimas medžiagos tamprumo ribai. Nuo tokių įtempių padidėja detalių atsparumas nuovargiui ir kontaktinis stipris.

Vienas iš mechaninių išorinių cilindrinų paviršių sukietinimo būdų yra *apridenimas*. Apridento paviršiaus kokybė priklauso nuo apdirbamosios detalės medžiagos, matmenų, formos, apridenimo režimų, darbinio elemento pavidalo ir nuo tepimo sąlygų. Apridenimo jėga (ritinėlio ar rutuliuko spaudimas) priklauso nuo apdirbamojo metalo savybių, apridenimo paviršiaus būklės, mikrogeometrijos, detalės formos, jos matmenų ir nuo darbinio apridenimo įrankio elemento.

Apridenus optimaliais režimais, apdirbamasis paviršius pasidaro glotnesnis, paviršinio sluoksnio kietumas padidėja 40–50 proc. Metalo sluoksniai neperpjaunami, todėl nesusidaro įtempių koncentracijos. Paviršiuje susidaro gniuždymo įtempiai, o apridentų plieninių detalių patvarumo riba padidėja 25–80 proc. Labai efektyvus defektuotų (su iškilimais, užvartom, intarpais) paviršių apridenimas. Po tokių paviršių apdirbimo padidėja detalių atsparumas cikliniam apkrovimui. Apridenus paviršių, atsparumas dilimui padidėja 1,5–6 kartus, atsparumas korozijai – 2–2,5 karto.

Sprogimu padidinamas paviršinio sluoksnio kietumas, atsparumas dilimui, stiprumo riba ir ilgaamžiškumas. Šiuo būdu sustiprinamos detalės iš įvairių plienų, aliuminio, titano ir kitų metalų, lydinių. Metodas paprastas, labai našus. Juo galima labai pakeisti metalo savybes palyginti dideliame gylyje. Metalas sustiprėja dėl pagrindinių ir atspindžio smūgių bangų, kurios susidaro sprogo metu. Po apdirbimo sprogimu padidėja austenitinio plieno stiprumo charakteristikos. Ypač padidėja takumo riba. Po sukietinimo sprogimu padidėja suvirintų sujungimų ilgaamžiškumas. Suvirinimo vietose vietoj liekamųjų tempimo įtempių susidaro gniuždymo liekamieji įtempiai.

Rutuliukais, šratais, ritinėliais, žiedais, adatinių guolių adatomis, ekscentrikais apdaužyti ypač efektyvu detales, kurios ilgai dirba apkrautos kintama apkrova, t. y. nuovargio sąlygomis. Po apdaužymo metalo paviršius sukietėja. Vidutiniškai plieno 25 kietumas padidėja 54 proc., ketaus – 30–60 proc. Sukietinto sluoksnio storis siekia iki 3 mm. Po apdirbimo sudaromi gniuždymo įtempiai (– 400...– 800 MPa), kurie padidina atsparumą nuovargiui. Paviršiaus glotnumas padidėja 2...3 glotnumo klasėmis. Šio apdirbimo būdu įmanoma sumažinti šiurkštumą iki $R_z = 20$. Po apdaužymo detalės matmenys pasikeičia nedaug ir neperžengia tolerancijų ribų. Dažniausiai apdaužomos grūdintos detalės: lingės, spyruoklės, švaistikliai, alkūniniai velenai, krumpliaračiai, suvirintos siūlės.

Prie *fizikinių-terminių paviršinio sluoksnio apdirbimo* būdų, kai pakeičiama paviršinio sluoksnio struktūra, galima priskirti sukietinimą lazeriu, impulsiniu magnetiniu lauku, elektronų srautu, jonų srautu, radiacija, plazma. Šie būdai reikalauja sudėtingos ir brangios aparatūros, bet jie yra pranašesni už kitus apdirbimo būdus, kai reikia sukietinti sudėtingos formos detales.

Vienas iš paviršiaus sukietinimų būdų yra *sukietinimas lazeriu*. Lazerio spindulys (kaip įrankis) pasižymi universalumu. Labiausiai sukietinamo sluoksnio savybės priklauso nuo lazerio spindulio tankio ir apšvitos laiko. Prieš sukietinimą labai dažnai padidinama kietinamo paviršiaus absorbcija. Dėl to paviršius geriau sugeria lazerio spindulius ir tolygiau įkaista. Sukietintas sluoksnis paprastai būna ne storesnis kaip du milimetrai. Apdirbant paviršių lazeriu, galima gerokai padidinti jo atsparumą dilimui. Ypač efektyvu lazerio spinduliais sukietinti ilgus ir mažo skersmens plieninius velenus. Mašinų gamyboje lazeriniu kietinimu padidinamas paskirstymo velenėlių, krumpliaračių, vožtuvų darbinių paviršių atsparumas dilimui. Taip pat dažnai šiuo būdu sukietinami šampai, presformos. Po šio apdirbimo padidėja detalių atsparumas kavitacijai. Vidaus degimo variklių

paskirstymo velenėlius geriausiai sukietinti galingu nuolatinės veikos lazeriu, nes apdirbamas didelis paviršius. Lazerinis sukietinimas, išlydant paviršių, stūmoklių mikrokietumą padidina 1,5–2 kartus. Sustiprinto paviršiaus mikrokietumas priklauso nuo anglies ir legiruojančių elementų kiekio pliene. Apdirbant vožtuvų įvoves, įmanoma gauti 0,6 mm gylio sukietintą sluoksnį, kurio mikrokietumas 5000–8400 MPa (kai pradinis buvo 3000–4200 MPa). Apdirbus anglinį plieną lazerio spindulių srautu, galima pasiekti iki 10000–12000 MPa mikrokietumą, o apdirbus tradiciniais apdirbimo būdais – tik iki 3800 MPa. Bet sukietinimas lazeriu turi ir minusą, nes po paviršiaus sukietinimo, jį išlydant, reikia palikti apie 0,1 mm užlaidą tolimesniam mechaniniam apdirbimui. Po to paviršių reikia šlifuoti.

Magnetiniu impulsiniu sukietinimo būdu galima sustiprinti įvairių medžiagų ir lydinių detales, tačiau praktikoje naudojamos tik gero elektrinio laidumo medžiagos (Al, Cu ir jų lydiniai). Šio metodo pranašumas yra tas, kad stiprinamo metalo sluoksnis, palyginti su plastiniu deformavimu, būna gerokai storesnis. Metalas sustiprinamas pagrindinėmis ir atsispindėjusiomis smūgio bangomis, tačiau stiprinimo efektas susidaro ne dėl plastinės metalo deformacijos. Liekamoji plastinė deformacija yra gerokai mažesnė nei ta, kuri būna stiprinant statinio deformavimo metodu. Po statinio deformavimo iš esmės keičiasi metalo grūdelių forma, deformacijos vyksta dėl grūdelių slydimo. Po stiprinimo liekamoji deformacija būna nedidelė (iki 1 proc.), o kietumas padidėja 40–46 proc., takumo riba – 50 proc. Naudojant šį metodą galima suvienodinti suvirinimo siūlių ir pagrindinio metalo mechanines savybes.

Kietinant šiuo būdu, elektronų srautas nukreipiamas į apdirbamą detalės paviršių, didelės energijos mikroimpulsų veikiamas paviršius įkaista tiksliai nustatytame plote. Susidaro austenitinė struktūra. Nutraukus kaitinimą, paviršius savaime užsigrūdina ir sukietėja. Kad jis neperkaistų ir neišsilydytų, reguliuojama kaitinimo trukmė, spindulio energija, spindulio srovė, didėjanti įtampa ir kiti parametrai. Nuo aušimo greičio priklauso faziniai virsmai. Jei greitis bus didesnis už kritinį, tai austenitas virst martensitu. Virsmas į martensitą, taip pat maksimalaus kietumo ir kietinamo sluoksnio storis priklauso nuo detalės masės, anglies kiekio metalo, pagrindinės metalo masės būsenos. Be to, martensito formavimasis paviršiuje sukelia liekamuosius gniuždymo įtempius, todėl padidėja atsparumas dilimui. Šiais spinduliais termiškai galima apdirbti įvairias detales: kumštelius, rotorius, tvirtinimo detales, darbinus guolių paviršius, cilindrų gilzes, vožtuvus, alkūninius velenus ir kt.

Kietinant *elektronų srautu*, gaunamas 0,2 mm sukietintas metalo sluoksnis. Paviršiaus kietumas padidėja dvigubai.

Plazma galima sukietinti įvairių detalių paviršius ypač tada, kai reikia termiškai apdirbti sunkiai prieinamas vietas. Šiuo būdu kietinamos detalės matmenys nepasikeičia. Apdirbimo metu tarp volframinio elektrodo ir antgalio sukuriama plazmos spindulys. Jis nukreipiamas į apdirbamą detalės paviršių. Plazma veikiamas paviršius įkaista nustatytame plote, o staigiai atvėsus – užsigrūdina. Visi terminiai ir struktūriniai procesai panašūs, kaip ir apdirbant lazeriu. Apdirbimo parametrai priklauso nuo plazmos antgalio skersmens, plazmos dujų srauto, apdirbimo greičio ir kt. Sukietinimas plazma naudojamas retai, dažniausiai ja virinama. „Baltasis sluoksnis“ gautas iki 0,1 mm storio. Nustatyta, kad po apdirbimo plazma sukietinti bandiniai mažiau nusidėvi ne tik kambario, bet ir iki 200 °C temperatūroje.

5.8. Remontas klėjais

Klijai pirmiausia buvo pradėti naudoti aviacijos, automobilių, laivų statyboje, chemijos pramonėje. Iki 1990 m. Lietuvoje technikos remontui dažniausiai naudotos rusiškos medžiagos – epoksidinės dervos, *BΦ-2*, *BΦ-4*, *BC-10T* ir kt. Lyginant su Vakarų šalimis, kuriose gaminami klijai išsiskiria įvairove, puikiomis savybėmis ir galimybėmis, Nepriklausomų valstybių sandraugos šalyse gaminamų klijų asortimentas skurdus. Į Lietuvą šiuo metu įvežami Japonijoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose, Vokietijoje ir kt. šalyse pagaminti įvairių firmų klijai. Buityje dažniausiai naudojami momentiniai klijai, pramonėje – garsių gamintojų *Loctite*, *Weicon*, *Henkel*, įvairiausi mažiau žinomų firmų *Lely-Turbo*, *Bostik* produktai. Didžiausią spektrą klijų, fiksavimo, sandarinimo ir kitų nebrangių remonto medžiagų Lietuvos rinkoje sudaro firmų *Loctite* ir *Weicon* produktai. Tai įvairiausių rūšių ir paskirčių fiksatoriai, konstrukciniai ir cianoakriliniai klijai, sandarikliai, tvirtikliai,

„skysti“ metalai. Ištirta, kad su 14 pavadinimų *Loctite* produktų galima patenkinti 85 proc. techninių poreikių. *Weicon* ir *Loctite* medžiagomis pasiekiamas įvairus stiprumo lygis. Jų klampa ir kietėjimo trukmė skirtinga, pasirenkama pagal poreikį. Produktai fasuojami taip, kad būtų patogų naudoti – į plastikinius indelius, tūbeles, dvigubus švirkštus arba aerozolio balionėlius. Tai ekologiškos medžiagos. Jos kietėja kambario temperatūroje, o sukietėjusios pasidaro chemiškai neutralios, atsparios karščiui, drėgmei ir tirpikliams. Vartotojo patogumui (kontrolėi) klėjai dažniausiai yra spalvoti, o kai kurie šviti ultravioletiniuose spinduliuose.

5.8.1. Bendrosios žinios apie klėjus, apkrovų ir sujungimų rūšis

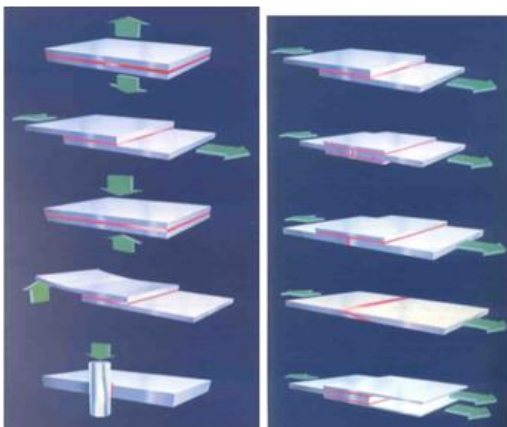
Šiuolaikinių klijų pagrindas dažniausiai yra stambiamolekulių junginių kompozicijos nedidelės mechaninės masės polimerai (oligomerai), kurie suklijavus detales virsta klijų sluoksnio polimerine medžiaga.

Klijai yra skirti vienodoms ar skirtingoms medžiagoms neardomai sujungti. Sujungimą sudaro dvi klijuojamos medžiagos ir klijų sluoksnis. Medžiagas jungia dėl adhezijos – kietų kūnų, kieto kūno ir skysčio, nesimaišančių skysčių kontaktinių paviršių sukibimo dėl kūnų dalelių sąveikos. Adhezijos teorijų yra daug:

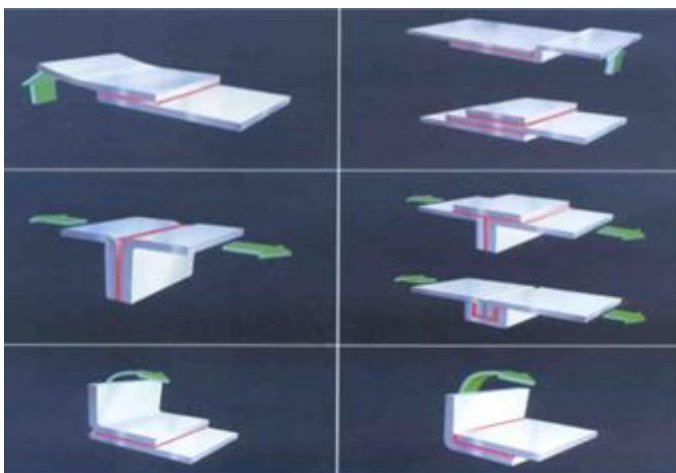
- mechaninė (medžiagų paviršiaus mikroreljefo įtaka);
- cheminė (susidaro tarpfaziniai ryšiai);
- adsorbcinė (klijų sorbcija);
- difuzinė (polimerų suderinamumas kontakto zonoje);
- reologinė (ribinių sluoksnių kohezinis stiprumas);
- mikroreologinė (klijų patekimas į paviršiaus mikrodefektus);
- molekulinė (išvardintų teorijų sujungimas adsorbcinės teorijos pagrindu) ir kitos.

Klijų adhezija nustatoma mechaniniais bandymais. Bandymais nustatyta, kad sujungimas klijais tuo stipresnis, kuo plonesnis klijų sluoksnis (0,05–0,25). Pagrindinis klijuotų sujungimų stiprumo rodiklis – kirpimo stiprumas (DIN 53283). Klėjai parenkami atsižvelgiant į fizikines ir chemines klijuojamų medžiagų ir klijų sluoksnio savybes, darbo temperatūrą, įtempimų lygį (kuriam esant dirbs sujungimai) ir kt. Stiprumas priklauso nuo klijuotos siūlės apkrovos rūšies (mažėjimo tvarka): tolygus gniuždymas, tolygus tempimas, kirpimas su gniuždymu, kirpimas, netolygus tempimas, atplėšimas.

Galimos apkrovų ir sujungimų rūšys parodytos 5.35 ir 5.36 paveiksluose. Parenkant klėjus pirma sprendžiama, kaip suklijuoti, o po to – kuo.

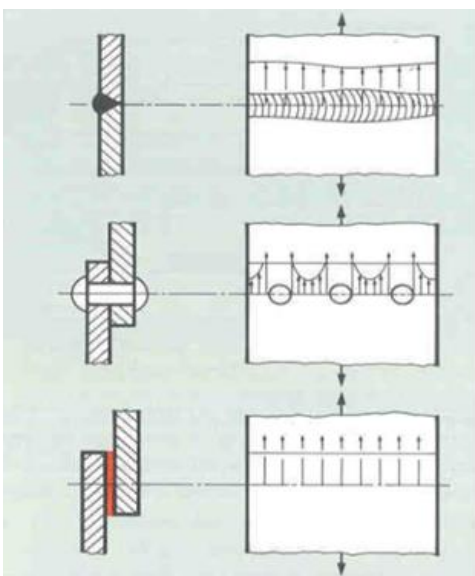


5.35 pav. Apkrovų ir sujungimų rūšys (kairėje) ir kirpimo stiprumo didinimo galimybės (dešinėje) [2]



5.36 pav. Klijuotų sujungimų nepalankios apkrovos (kairėje) ir geresnės konstrukcijos (dešinėje) [2]

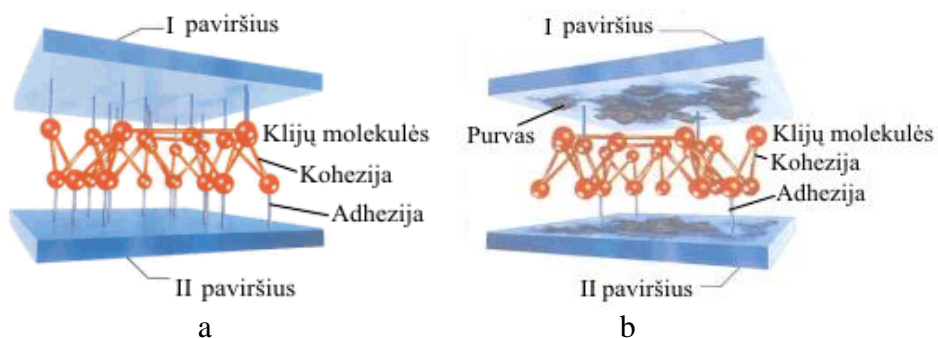
Dalies *Weicon* ir *Loctite* anaerobinių, ciano akrilinių gaminių techniniai parametrai pateikti priede (1 ir 2 lentelėse). Klijuoti sujungimai turi daugiau privalumų negu kniedyti, suvirinti ir varžtiniai (5.37 pav.): galima sujungti įvairias medžiagas, tolygesnis įtempimų pasiskirstymas (nėra skylių kniedėms ir varžtams), atsparesni korozijai, didesnis konstrukcijų hermetiškumas, paprasta klijavimo technologija, nes dabar dažniausiai naudojami tik šaltieji klijai, yra galimybė klijuoti žemesnėje temperatūroje, vandenyje.



5.37 pav. Įtempiai suvirintame, kniedytame ir klijuotame sujungimuose [2]

5.8.2. Klijuojamų paviršių paruošimas

Paviršių reikia paruošti, kad dėl adhezijos tarp klijų ir klijuojamų paviršių susidarytų pakankamas stiprumas. Kuo geriau nuvalyti paviršiai, tuo stipresnis klijuotas sujungimas (5.38 pav.). Adhezijos jėgos padidėja nuvalius kitų medžiagų sluoksnius arba mechaniškai apdirbus detalę ir cheminiu būdu padengus nauju, aktyvesniu sluoksniu.



5.38 pav. Paviršių klijavimas: a) švaraus, b) iš dalies užteršto [2]

Riebalinių ir sintetinių dervų, kaučiuko, sieros, asfalto ir kt. dėmėms nuvalyti geriausiai tinka chloruoti ir fluoruoti-chloruoti angliavandeniliai (*Weicon* „Sprühreiniger S“, *Loctite* „Super Clean 7061“ aerosolinis valiklis, trichloretilenas, dichloretnas ir kt.). Itin aprūdijusiems paviršiams nuvalyti prieš demontuojant ar klijuojant naudotini „Rostlöser-Kontaktspray“ arba „Rost-Schock“ aerosoliai. Reikia turėti omenyje, kad dichloretno garai labai nuodingi.

Gerai nuvalyti paviršius galima naftos (alifaniniais) angliavandeniliais – skiedikliu, vaitspiritu (tik kokybiškais) arba ketonais – *Loctite* valikliu „Metall Reiniger“, acetonu ir kt. Aerosolinis „Metall Reiniger“ valiklis dažytus paviršius tirpina! Pakankamai nuvalo ir spiritai (izopropilo, izobutilo).

Metalo paviršių dengia oksidai. Valant oro srautu su abrazyvinėmis dalelėmis galima pašalinti ne tik teršalus, rūdis, bet kartu ir ploną metalo sluoksnį. Paviršius taip pat galima nušlifuoti abrazyviniais diskais, besisukančiais vieliniais šepečiais. Lakuotus paviršius reikia nušlifuoti arba nuėsdinti. Klijuojant presuotą gumą arba vulkanizuotą sluoksnį reikia pašalinti mechaniškai.

Norint stipriai suklijuoti įvairius plastikinius dirbinius iš polipropileno, polietileno, politetrafloretileno, silikono ir daugelio termoplastinių elastomerų, be mechaninio apdorojimo, dažniausiai tenka paviršius ėsdinti įvairiomis cheminėmis medžiagomis. *Loctite* „770“ gruntu (*Loctite* „770 Polyolefin Primer“) apdorojus minėtus plastikus, juos galima klijuoti. Palyginti su mechaniniais-cheminiais klijuojamų paviršių paruošimo būdais, *Loctite* „770“ gruntas supaprastina klijavimo technologiją. Gruntą pakanka išpurkšti arba plonai užtepti ant švarių abiejų klijuojamų paviršių, 15–60 s džiovinti. Po to reikia užtepti 406 cianoakrilinius klijus ir 10–120 s laikyti detales suspaustas. Geriausia suklijuoti ne vėliau kaip po 1 val. po grunto užtepimo. Suklijuojama per 30 s, po 24 h pasiekiamas didžiausias stiprumas.

Loctite aktyviekiliai „736“, „764“ ir kt. naudojami norint spartinti klijų ir kitų gruntų („Primer“), sutvirtinančių sujungimus, kietėjimą. Priklausomai nuo klijuojamų medžiagų naudojami šie gruntai: „7250 Visorite“ / „7252 Glas Primer“ – automobilių stiklams / stiklui, „7251 Plastik Primer“ – plastikinėms dalims, „7253 Metall Primer“ – metalams [2].

5.8.3. Srieginių sujungimų fiksavimas

Didžiausią firmų *Weicon* ir *Loctite* gaminių grupę sudaro anaerobiniai produktai. Jie nesukietėja, kol turi kontaktą su deguonimi. Kai sujungiamos detalės izoliuojamos nuo oro, prasideda cheminis virsmas iš skystos būklės į tamprią-kietą polimerinę medžiagą. Sujungimai stiprūs, atsparūs vibracijoms ir korozijai. Klijų perteklius nesukietėja ir lengvai nuvalomas. Anaerobiniai klijai klijuoja metalus, metalą ir stiklą, daugelį plastikų, tačiau jie gali sukelti odos alergiją, todėl reikia vengti kontakto arba rankas plauti vandeniu.

Loctite 200-osios serijos anaerobinių gaminių grupė naudojama srieginiams sujungimams fiksuoti („222“ – silpnai, „242“ ir „243“ – vidutiniškai, „262“ ir „271“ – stipriai fiksuoti). Fiksuotų sujungimų darbo temperatūra -55...+150°C. Šios medžiagos apsaugo sujungimus nuo savaiminio varžtų, veržlių ir smeigių atsisukimo geriau negu įprastos mechaninės priemonės, be to, praktiškai nepastebimos (panaudojimo pavyzdys pateiktas 5.39 pav.). Svarbiausia, kad užsandarinamas ir nuo

korozijos apsaugomas srieginis sujungimas, todėl ardant lengva atsukti varžles, smeiges arba varžtus. Klėjai atsparūs vandeniui, alyvoms, tepalams ir degalams. Fiksatoriais galima tvirtinti įvoves, pleištus, kaiščius. „290“ produktu sandarinami vamzdiniai sriegiai, mikroįtrūkimai, suvirintos siūlės.

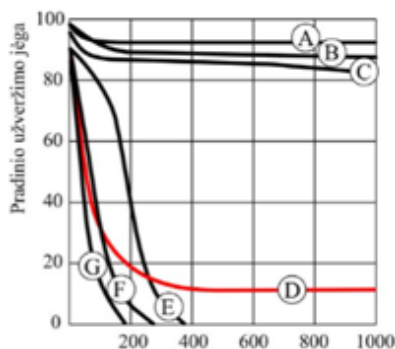


5.39 pav. Sriegių fiksuojamųjų panaudojimo pavyzdys [13]

Weicon ir *Loctite* firmų fiksuojančių gaminių serija pakeičia kontraveržles, vielokaiščius, dantytas ir spyruoklines poveržles, fiksavimo skardeles ir kitas mechanines detales. Išardomiems (taip pat ir sunkiai) srieginiams sujungimams fiksuoti tinka 500 ir 600-osios serijos anaerobiniai produktai. Dažniausiai srieginiams sujungimams fiksuoti naudojami klėjai pristatomi priede (P1 ir P2 lentelėse).

Labai tvirtais klėjais fiksuojami sriegiai, kai mažai tikėtina, kad sujungimas bus išardomas arba kai reikia garantuoti tvirtumą. Norint išardyti tokius sujungimus, reikia naudoti pailgintus raktus, blogiausiu atveju kaitinti dujiniu degikliu.

Tipinės kreivės, rodančios srieginio sujungimo atsilaisvinimą priklausomai nuo fiksiacijos tipo, gautos *Loctite* laboratorijoje atlikus testus Junker'ės sistemos smūgių ir vibracijos stende, pateiktos 5.40 pav.



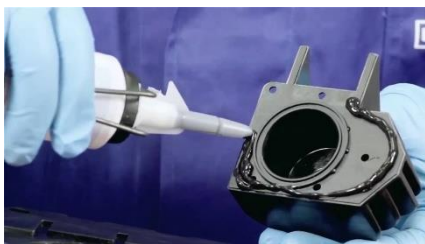
5.40 pav. Srieginio sujungimo tipinės kreivės: A – įprastas varžtas, užfiksuotas *Loctite* priemone; B – varžtas su rifliuota junge (ji dar vadinama *flanšu*); C – varžtas su dantyta junge; D – varžtė su poliamidiniu žiedu; E – varžtas su dantyta poveržle (DIN 679A); F – varžtas su spyruokline poveržle (DIN 127A); G – įprastas neužfiksuotas varžtas [2]

5.8.4. Jungiamųjų plokštumų sandarinimas

Paviršių sandarinimo produktai užpildo sujungiamų paviršių makro- ir mikronelygumus, gerai sukimba ir garantuoja visišką sandarumą. Jie pakeičia kietas specialios formos tarpines. Skystą, bet klampų sandariklį galima tepti plokštumai esant bet kurioje padėtyje. Ten, kur slėgis nedidelis, užsandarinama akimirksniu. Taip be papildomų paruošiamųjų darbų sandarinami sugadinti ir rievėti paviršiai. Pakanka paviršių nuvalyti acetonu arba *Loctite* „Super Reiniger“ valikliu, sandarinimo masę išspausti iš tūbelės ant įvairių matmenų ir formų paviršių, netgi nenaudojant tarpinių, kai nelygumai $Rz < 16 \mu\text{m}$. Sandarinant popierinėmis tarpinėmis rekomenduojama glotniau apdoroti paviršius ($Rz = 0,8 - 1,6 \mu\text{m}$). Sandarikliai taip pat padidina senų ir pažeistų kietų medžiagų tarpinių

sandarumą. Sandarinant pakartotinai, detalių paviršius nuvalomas metaliniu šepėčiu arba *Loctite* „7061“ valikliu [2].

Jungiamosioms plokštumoms sandarinti mechaniniu būdu paruoštos (tekintoms, frezuotoms), standžiai sujungtoms dalims, didelių tarpelių elastingiems sujungimams tinkamų 500-osios serijos ir kitų klijų pavadinimai surašyti priede – 1 ir 2 lentelėse. „Ultra Black“, „Ultra Grey“, „Ultra Blue“, „Ultra Copper (*Loctite*)“, „Silicon“, „Silmate“, „HT 300“ (*Weicon*) plokščių paviršių sandarikliai naudojami vidaus degimo variklių įsiurbimo, aušinimo, alyvos (tepimo) sistemoms, priekiniams dangteliams, skirstymo velenų guolių dangteliams, termostatų korpusams, karteriams, pavarų dėžės dangčiams, transmisijos velenų dangčiams sandarinti. Plokštumų sandarinimo pavyzdys pateiktas 5.41 pav.



5.41 pav. Plokštumų sandariklių panaudojimo pavyzdys [13]

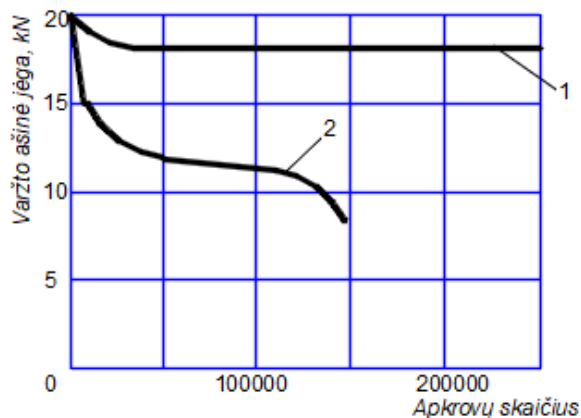
Šių sandariklių (5.6 lentelė) greitai tvirtėjanti, tačiau visiškai nesukietėjanti masė užpildo iki 6 mm tarpus, labai atspari alyvoms ir glikolio mišiniams, aukštomis temperatūroms. Pavyzdžiui „Ultra Copper“ sandariklis skirtas darbui iki +315°C, trumpalaikiam darbui – iki +350°C, „HT 300“, atitinkamai, +230°C (+300°C).

5.6 lentelė. Jungiamųjų plokštumų sandarikliai [2]

Naudojimo temperatūra °C	Iki +205 (320)	Iki +180 (250)	Iki +120	Iki +315 (350)	40...+180 (+260)	-60...+205 (+260)	-40...+320 (+300)
Sandarinamų paviršių medžiagos	Visi metalai				Metalai, stiklas, keramika, plastikai, mediena ir kt.		
Didžiausias tarpas, mm	6,0	6,0	5,0		Nuo 5,0 iki 12,0		
Atsparumas	Neatsparus degalams		Atsparus degalams		Atsparus degalams, alyvai, naudotoms dujoms, silpnoms rūgštims, druskoms		
Montavimo trukmė, min					18±3	10	7±2
Visiškas sukietėjimas, h	24	72	7 paros				
Sandarikliai	ULTRA BLACK	SUPER-FLEX	FLEXI-BOND	ULTRA COPPER	SILICON	SILMATE	HT 300
	LOCTITE				WEICON		

„Superflex“ (silikoninį sandariklį RTV) galima naudoti vietoje kietų tarpinių varikliuose ir transmisijos agregatuose, įvairių medžiagų šiurkštiems paviršiams išlyginti, tuštumoms, plyšiams, įtrūkimams ir įduboms užpildyti. Jis atsparus daugumai pramoninių medžiagų, dujoms, įvairioms alyvoms ir sūriam vandeniui, netrūkinėja, nelūžta, atsparus vibracijai, turi labai geras elektros izoliacines savybes, savaime tvirtėja kambario temperatūroje, nenaudojant jokių aktyviklių. Kietėjimo laikui įtakos turi sluoksnio storis ir oro drėgmė. Svarbu, kad sujungiami paviršiai būtų suspausti per 10 minučių, nes susidariusi plėvelė neleis gerai sukibti. Jungiamosios dalys turi būti sausos ir neriebaluotos. Sukibimą galima padidinti papildomai naudojant „709“ *Loctite* gruntą.

Dinaminio apkrovos kitimo ciklų skaičiaus įtaka varžtų atsilaisvinimo jėgos dydžiui, kai tarpinės skirtingų medžiagų, parodyta 5.42 pav.



5.42 pav. Dinaminės apkrovos įtaka skirtingų medžiagų tarpinėms: 1 – anaerobinis sandariklis; 2 – kietas sandariklis

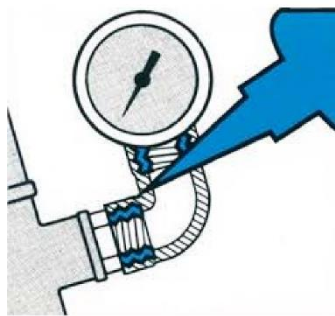
Kai naudojama įprastinė popierinė tarpinė, rekomenduojamas sandarinamų paviršių $Rz=0,8-1,6 \mu\text{m}$, o su *Loctite* sandarikliais – $Rz=1,6-16 \mu\text{m}$.

„Flexibond“ (naudojimo temperatūra iki $+120^{\circ}\text{C}$) yra universali vienkomponentė stipri sandarinimo-sujungimo masė: elastinga, lengvai mechaniškai apdorojama, ilgai nesenstanti ir atspari atmosferos poveikiui. Tinka gaminiams iš plieno, aliuminio, kitų spalvotų metalų, cinkuotos skardos, daugumos plastikų, stiklo, medžio, mūro, betono, akmens, marmuro, akytų medžiagų sandarinti ir sujungti. Naudojama remontuojant transporto priemonių kėbulus, vėdinimo, kondicionavimo įrenginiams izoliuoti ir kt. Nedideli sandarinimo paviršiai užtepami, dideli – apipurškiami.

Automobilių stiklams klijuoti ir sandarinti naudojami *Loctite* „Visorite 3950“ rinkiniai. Automobilių veidrodėliams prie stiklo klijuoti naudojami *Loctite* „Ruckspiegel klebeset“ komplektai, kuriuos naudojant nesusidaro žalingų stiklo įtempimų, jis nesuskyla.

5.8.5. Srieginių vamzdžių sujungimų sandarinimas

Dujotiekių, šildymo sistemų vamzdynų, hidraulinių ir pneumatinių sistemų vamzdžių srieginiams sujungimams (įskaitant stambius) sandarinti tinka *Weicon* ir *Loctite* gaminiai, jų pavadinimai pateikti priede – 1 ir 2 lentelėje. Sandarikliai pakeičia linų pluoštą, dažus, teflono juostą, kontraveržles (5.43 pav.). Nenaudojami tik plastikiniams vamzdžiams, kuriais tiekiamas deguonis, nes sandarikliai neatsparūs grynam deguoniui. Naudojant 500 serijos sandariklius nereikalingi linai ir dažai, spartėja ir paprastėja vamzdynų montavimas, garantuojamas sandarumas, mažėja darbo savikaina. Jei naudojant senąją sandarinimo (linai ir dažai) ar teflono juostos technologijas surenkant detales galima tik jas suveržti, tai naudojant skystus sandariklius galima sandarinamas detales bet kaip pasukti, kol medžiaga pradės tvirtėti. „518“/„AN 30518“ produkto savybės leidžia sandarinamų detalių padėtį koreguoti ir praėjus kelioms paroms po sumontavimo.

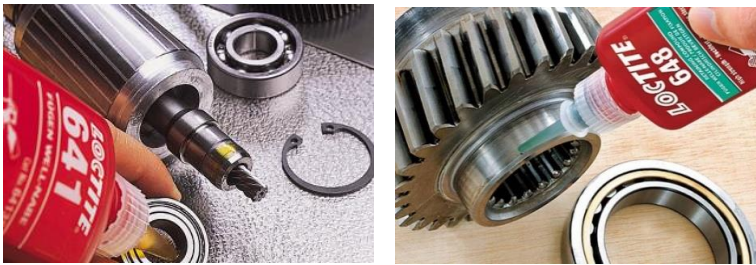


5.43 pav. Srieginių vamzdinių sujungimų sandarinimas [13]

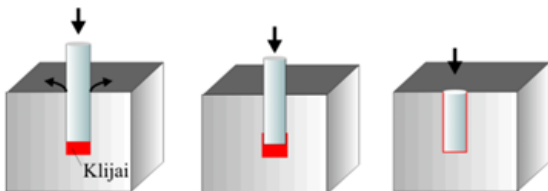
Detales galima demontuoti įprastais įrankiais. Sandarinant tepaluotas detales reikia nuvalyti valikliais (pvz., *Weicon* „Sprühreiniger S“, *Loctite* „Super Clean 7061“). Sandariklius reikia užtepti plonu ištisiniu sluoksniu išilgai vienos iš pirmųjų išorinio ir vidinio sriegio vijų taip, kad sujungimas būtų visiškai padengtas klėjais. Sujungimai atsparūs korozijai ir vibracijai. Su sandarikliais sujungti coliniai sriegiai gali išlaikyti iki 20 MPa slėgį.

5.8.6. Velenų, frikcinių sujungimų ir guolių tvirtinimas

Loctite gaminių serija veleno ir stebulės sujungimams tvirtinti pristatoma priede – 1 ir 2 lentelėse. 600 serijos medžiagos (klėjai-tvirtikliai) užtikrina greitą ir lengvą detalių montavimą. Nebūtina suleisti presuojant, o sujungimų stiprumas prilygsta ar netgi yra tvirtesnis nei panaudojant įprastus sujungimo būdus. „603“ naudojama guoliams ir suleidžiamiems cilindriniams elementams, kurių negalima kruopščiai nuvalyti, tvirtinti, kai suleidimo tarpelis ne didesnis kaip 0,15 mm. *Loctite* „638“, „660“ tvirtina, kai tarpelis 0,05...0,25 mm, *Loctite* „603“, „638“ ir „660“ veikia iki +150°C. *Loctite* „620“ fiksuoja ir sandarina ir srieginius sujungimus (M8...M36) iki +230°C. „648“ stipriai tvirtina suleidžiamus guolius, krumpliaračius, įvores, kaiščius (5.44 ir 5.45 pav.), pleištus ir kt., kai tarpelis ne didesnis kaip 0,1 mm, o temperatūra ne didesnė kaip +175°C [2].

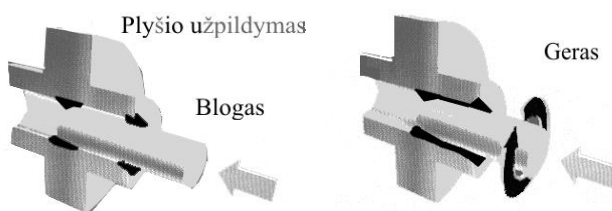


5.44 pav. Cilindrinųjų paviršių sujungimo pavyzdžiai [13]



5.45 pav. Cilindrinės detalės įtvirtinimo pavyzdys (tarpelis tarp skylės ir veleno turi atitikti tvirtiklio klampą) [2]

Norint sujungimus gerai sutvirtinti, jų paviršius reikia kruopščiai nuvalyti, nuriebindi, paviršiai turi turėti nuožulas (5.46 pav.). Tvirtiklius užtepti tolygiai ant abiejų detalių paviršių ir, jungiant detales, sukti į priešingas puses. Galutinai detalės sutvirtėja po 12 ir daugiau valandų. Kuo storesnis tvirtiklio sluoksniu, tuo ilgiau sujungimas tvirtėja. Priede (1 ir 2 lentelėse) pavaizduoti tvirtikliai metalinėms (600) ir plastikinėms (400) dalims tvirtinti.



5.46 pav. Plyšio tarp cilindrinųjų paviršių užpildymas: blogas (sujungiamos detalės be nuožulų) ir geras (su nuožulomis, sujungiant detalės sukamos) [2]

Daugelyje cilindrinų sujungimų naudojami metalai, kurių šiluminio plėtimosi koeficientai skirtingi. Dažnai sujungimų detalės dirba esant labai skirtingoms temperatūroms. Presuojant mechanškai būdingos dvi problemos: esant vienoms ekstremalioms temperatūroms įvarža sumažėja ir sujungimas atsilaisvina, esant kitoms – įvarža padidėja tiek, kad detalės gali trūkti. *Loctite* atlikti tyrimai rodo, kad visų klijuotų jungčių rodikliai geresni negu presuotų sujungimų. Klijuotas ir presuotas sujungimas truputį tvirtesnis, bet ne tiek, kiek klijuoti sujungimai. Standartinio klijuoto sujungimo be įvaržos rodikliai geresni ir jo konstrukcija paprastesnė. Klijuotas sujungimas su tarpu priimtinesnis, nes klijų įtempimai silpnesni. Tokius sujungimus surinkti paprasta ir pigu. Tik tvirtėjimo ir galutinio sukietėjimo trukmė yra ilgesnė. Ši technologija turėtų būti naudojama guoliams, įvorėms ir kt. detalėms tvirtinti. Sunkiai apkrautiems guoliams ar transmisijos dalims tokia technologija gali netikti.

Iš *Loctite* išbandytų būdų geriausias „skersinis klijavimas“, t. y. skersinio presavimo su tarpeliu būdas. Sujungimas surenkamas įkaitinant įvorę ir jai traukiantis apie ašį, padengtą tvirtikliu. Šie sujungimai stipriausi esant įvairioms temperatūroms. Tai brangesnis sujungimas – didesnės energijos sąnaudos, bet didelis stiprumas ir tikslumas.

Anaerobiniai tvirtikliai (600-oji serija) transmisijų sujungimuose gali padidinti perduodamą sukimo momentą. Frikciniuose jungių sujungimuose perduodamas sukimo momentas yra trinties tarp jungių paviršių, suveržimo jėgos ir jungių paviršiaus dydžio funkcija. Užtepus didelio stiprumo anaerobinių klijų ant jungių paviršių prieš juos surenkant, po jų polimerizacijos jungties tvirtumas gerokai padidėja. Gerai žinoma, kad tipiškuose jungių sujungimuose realus metalo-metalo kontaktas sudaro palyginti mažą visos kontakto zonos jungties dalį, ši dalis priklauso nuo paviršių šiurkštumo jungėse. Anaerobiniai klijai įsiskverbia į mikrotarpelius tarp paviršių ir tuomet polimerizuodamiesi sudaro stiprią, vientisą jungtį visoje jungės zonoje. Šlyties jėga padidėja dėl adhezijos ir mechaninio sukibimo efektų [2,13].

Konstruojant klijai naudojami tada, kai reikia padidinti frikcinio sujungimo tvirtumą su minimaliais jungties konstrukcijos pokyčiais. Tai daroma, kai jungtis neišlaiko apkrovų bandant ar modifikavus įrengimą didesnio sukimo momento perdavimui. Tvirtumą didinant tradiciniais metodais, reikėtų padidinti suveržimo jėgą arba jungės matmenis, o tai didintų gabaritus, masę ir išlaidas. Panaudoti tvirtiklius gerokai efektyviau. Nustatyta, kad klijuoti jungių sujungimai gali pasiekti reikiamą stiprumą esant mažesnėms suveržimo jėgoms negu tokių pat matmenų frikcinė jungtis. Todėl tikslinga naudoti klijų privalumus konstruojant pigesnes, lengvesnes ir mažesnes jungtis, naudojant mažiau varžtų negu ekvivalentiško stiprumo frikciniuose sujungimuose.

Tvirtikliai naudotini guoliams tvirtinti visur, kur darbo temperatūra yra ne didesnė kaip +150°C. Jei gaminant ar remontuojant mašinas suleidimų tolerancijos neišlaikytos, patikimai detalių nesujungsime, bet tvirtikliai yra efektyvūs. Tinkamiausi rutuliniams guoliams tvirtinti yra tvirtikliai „603“/„AN 306-03“. Juos naudojant sujungiamas detales pakanka nuvalyti skudurėliu. Tvirtikliai nebijo alyvos ir emulsijų liekanų, įsiskverbia į ploną teršalų sluoksnį ir neutralizuoja jį išskaidydami polimerinėje struktūroje.

Priklausomai nuo sujungimo tarpelio, temperatūros ir medžiagos anaerobinis kietėjimas vyksta gana greitai, dalys gali būti transportuojamos arba apdirbamos jau po kelių minučių. Esant aplinkos temperatūrai 20°C maksimalus stiprumas pasiekiamas po 12 valandų. Aukštesnė temperatūra greitina kietėjimo procesą. Esant 100°C, kietėjimas trunka 1 val. Guolių žiedai, įtvirtinti tik klijais, neveikiami gniuždymo ar tempimo įtempimų. Todėl nemažėja guolio laisvumas – galima naudoti guolius su mažesniu tarpu, t. y. tikslius guolius tvirtinti reikia klijuojant. Tvirtikliui visiškai sukietėjus, sujungimas gali dirbti esant nuo -50 iki +150°C temperatūrai. Didžiausias stiprumas yra esant +20°C. Kylant temperatūrai, stiprumas mažėja [2, 13].

Klijuotam suleidimui be įvaržos rekomenduojamas 0,05...0,08 mm tarpas. Atsižvelgiant į skersmenį, tolerancijos yra tokios: ašių -0,1...-0,16 mm, guoliaviečių +0,09...+0,15 mm. Presuojamų sujungimų paviršių mikronelygumai apie 4 μm, o klijuotų sujungimų ašių ir guoliaviečių paviršių rekomenduojami mikronelygumai $R_z=15-40$ μm. Kad tvirtiklis nenusibrauktų sujungiant, ašis, stebulė ar guoliavietė turi turėti 15–30° nuožulą. Dėl to sujungiami paviršiai visiškai sutepami tvirtikliu. Įklijuoti guoliai nesunkiai išardomi įprastais nuimtuvais. Išardymas lengvėja kaitinant.

Pakartotinai klijuojant guolį toje pačioje vietoje, tvirtiklio likučiai nuo paviršių šalinami valant abrazyviniu popieriumi. Guolių klijavimo privalumai:

- supaprastėja sujungimų konstrukcijos, nereikia velenų ar guoliaviečių įpjovų, fiksavimo žiedų ir t. t.;
- sumažėja gamybos išlaidos – didėja matmenų tolerancijos ir mažėja reikalavimai paviršių šiurkštumui (nereikia tikslaus mechaninio apdirbimo);
- lengviau surinkti (be įvaržos), nekinta guolio radialinis tarpelis (išskyrus temperatūrų poveikį);
- pašalinamas gamybos ar remonto brokas;
- nereikia specialių rinkimo įtaisų (presų, kaitinimo krosnių ir kt.);
- sujungimai išardomi paprastais metodais ir įrankiais;
- sujungimo vieta apsaugoma nuo korozijos ir mažina detalių virpesius, nes klijai užpildo, užsandarina ir izoluoja visą sujungimo zoną.

Klijuojant guolius reikia:

- tvirtiklius tepti kruopščiai, kad jų perteklius nepatektų į guolio vidų;
- atsižvelgti į kietėjimo trukmę (1–12 val.);
- esant dideliems tarpams guolius montuoti preciziškai (naudoti centravimo įtaisus);
- atsižvelgti, kad stiprumas mažėja didėjant darbo temperatūrai (priklauso nuo tvirtiklio).

Klijuoto guolio sujungimo stiprumo skaičiavimas

Maksimali ašinė apkrova, t. y. ašinė jėga, reikalinga išpresuoti guolį nuo ašies ar iš guoliavietės, ir maksimalus sukimo momentas apskaičiuojami pagal šias formules:

$$F_a = \pi \cdot d \cdot b \cdot D_2 \cdot f_b, \quad (5.3) [2]$$

$$M_t = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot d^2 \cdot b}{2} \cdot f_b, \quad (5.4) [2]$$

čia: F_a – maksimali ašinė jėga N; M_t – maksimalus sukimo momentas N·mm; d – vidutinis jungties skersmuo mm; b – jungties ilgis mm; D_2 – statinis kirpimo stiprumas (pagal DIN 54452) MPa; f_b – visų veiksnių įtakos koeficientas (svarbiausių veiksnių įtaka sujungimų darbingumui parodyta 5.47 – 5.50 pav.).

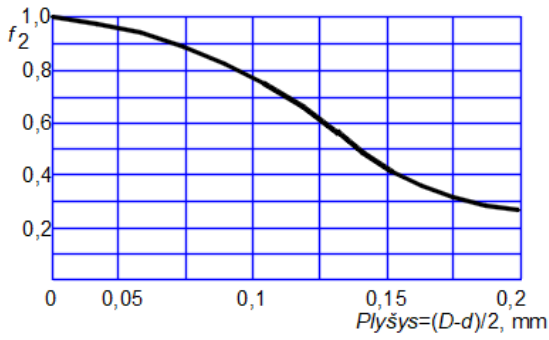
$$f_b = f_1 \cdot f_2 \cdot \dots \cdot f_{10}; \quad (5.5) [2]$$

čia: f_1 – medžiagą įvertinantis koeficientas: aliuminio – 0,5–0,7; ketaus – 0,8; nerūdijančio plieno – 0,8–0,9; plieno – 1,0; vario ir jo lydinių – 0,4; galvaninių dangų – 0,2–0,5;

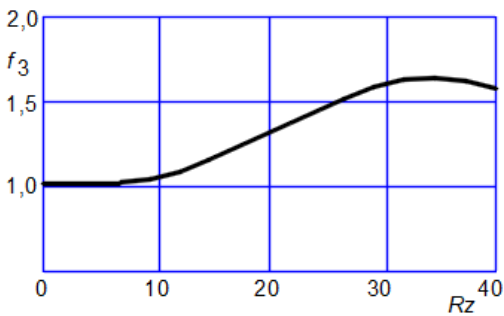
f_2 – tarpelį įvertinantis koeficientas: esant optimaliam tarpeliui 0,05–0,08 mm – $f_2=1$;

f_3 – paviršiaus mikronelygumus įvertinantis koeficientas: esant ašinei apkrovai, kai R_z iki 4μm $f_3=1$; kai $R_z=25-40\mu\text{m}$ – $f_3=1,5-1,7$; esant sukimo momentui $f_3=1$;

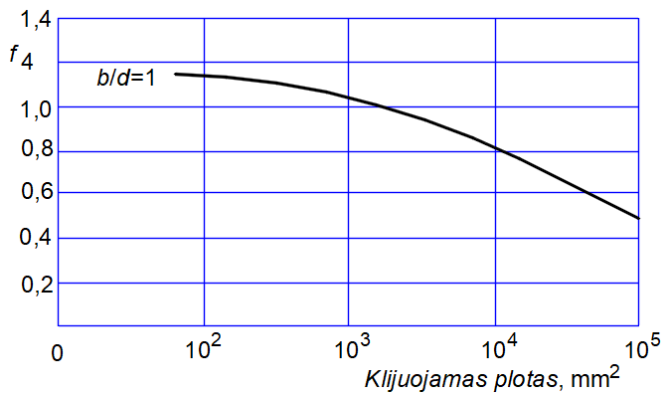
f_4 – jungties plotą ir b/d santykį įvertinantis koeficientas: kirpimo įtempimai veleno-stebulės jungtyje pasiskirsto netolygiai stebulės pločio atžvilgiu ir laipsniškai keičiasi dėl polimero deformacijos. Kai b/d santykis lygus vienetui, įtempiai pasiskirsto optimaliai, ir užtikrinamas geras viso paviršiaus sutepimas klijais. Įtempių rutuliniuose guoliuose galima nevertinti, kai b/d<1;



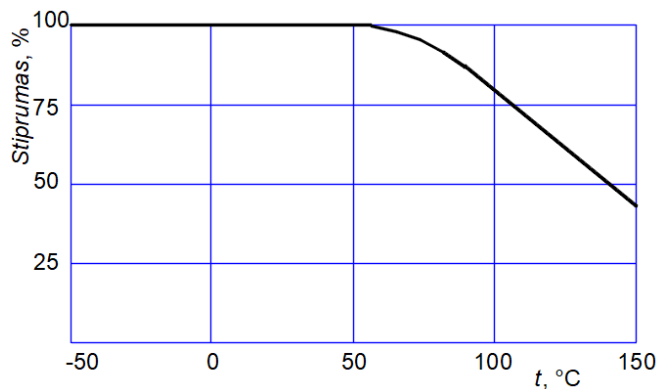
5.47 pav. Tarpo tarp klijuojamų paviršių įtaka sujungimo stiprumui (f_2) [2]



5.48 pav. Paviršių mikronelygumų aukščio Rz įtaka sujungimo stiprumui (f_3) [2]



5.49 pav. Klijuojamo paviršiaus ir b/d santykio įtaka sujungimo stiprumui (f_4) [2]



5.50 pav. Temperatūros įtaka sujungimo stiprumui (f_5) [2]

f_5 – darbo temperatūrą įvertinantis koeficientas: kai darbo temperatūra didesnė nei 60°C, „603“ tvirtiklio stiprumas laipsniškai mažėja. Veiksnių skaitinė reikšmė išrenkama iš klijų techninių duomenų stiprumo, % / 100, esant įvairiai temperatūrai (pvz., 0,75 esant 100°C);
 f_6 – temperatūrinį senėjimą įvertinantis koeficientas: šio veiksnio skaitinė reikšmė priklauso nuo klijų tipo, darbo temperatūros ir darbo trukmės. „603“ f_6 analogiškas f_5 ;
 f_7 – darbo aplinkos veiksnius įvertinantis koeficientas: tepalams anaerobikai yra visiškai atsparūs, todėl $f_7=1$;
 f_8 – sujungimo tipą įvertinantis koeficientas: suleidimo be įvaržos – 1,0; presuoto – 0,5; skersinio presuoto – 1,2;
 f_9 – apkrovos tipą įvertinantis koeficientas: statinės – 1,0; dinaminės – 0,2–0,5;
 f_{10} – kietėjimą įvertinantis koeficientas: kai aplinkos temperatūra 20°C – 1,0; kai 120°C (0,5 val.) – 1,2.

Skaičiavimo pavyzdys [2]

Guolis Nr.208 ($d=40$ mm; $b=11$ mm); ašies paviršiaus mikronelygumai $R_z = 20$ μm; statinis kirpimo stiprumas $D_2 = 15$ N/mm² (pagal DIN) darbo temperatūra 70°C; dinaminė apkrova.

Veiksnių įtakos koeficientai:

$f_1=1$ (medžiaga plienas – plienas);
 $f_2=1$ (tarpas 60 μm);
 $f_3=1,3$ (mikronelygumai $R_z = 20$ μm);
 $f_4=1$ ($b/d = 1$);
 $f_5=0,9$ (darbo temperatūra 70°C);
 $f_6=0,9$ (temperatūrinis senėjimas);
 $f_7=1$ (aplinka – oras);
 $f_8=1$ (suleidimas be įvaržos);
 $f_9=0,3$ (dinaminė apkrova);
 $f_{10}=1$ (kietėjimas aplinkos temperatūroje).

$$f_b = f_1 \cdot f_2 \cdot \dots \cdot f_{10} = 1 \cdot 1 \cdot \dots \cdot 1 = 0,32$$

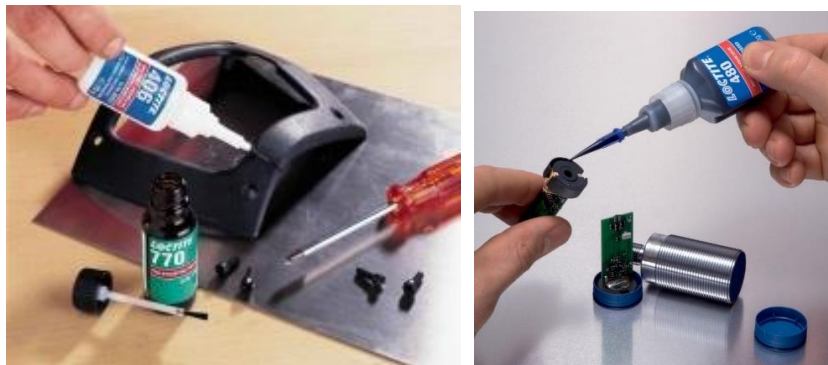
$$\text{Tada } F_a = \pi \cdot d \cdot b \cdot D_2 \cdot f_b = 3,14 \cdot 40 \cdot 11 \cdot 0,32 = 6632 \text{ N}.$$

Pavyzdys rodo, kad klijuotas sujungimas gali išlaikyti dideles ašines apkrovas.

5.8.7. Cianoakriliniai klijai (CAK)

Lietuvoje platinami *Weicon*, *Loctite*, *Bostik*, *Lely-Turbo* ir kitų firmų CAK, kurie labai stipriai ir greitai suklijuoja skirtingas medžiagas. Klijuojami paviršiai turi būti švarūs, sausi ir gerai priglusti vienas prie kito. Klijai polimerizuojasi veikiami oro drėgmės – būtina bent 50–60 proc. oro drėgmė esant 20°C. Suspausti klijuojamus paviršius pakanka kelioms sekundėms. Kuo plonesnis klijų sluoksnis, tuo stipriau ir greičiau detalės sujungiamos. Suklijuotos vietos beveik nesimato (pvz., klijuojant perskilusius indus ar kt.). CAK klijuojamos beveik visos medžiagos (5.8 ir 5.9 lentelės). Universalūs skysti CAK „Super attack“ („401“) tvirtai suklijuoja keramiką, porcelianą, medieną, odą, gumą, dirbtinį pluoštą ir plastikus. CAK „406“ suklijuoja gumą su gumą (pvz., sandarinimo žiedus), daugumą plastikų, mašinų tarpiklius, izoliacines medžiagas, sutvirtina plastikinio veleno ir korpuso sujungimą, esant 0,05–0,1 mm tarpeliui. Naudojimo temperatūra iki +80°C. Tipiškas pritaikymo

pavyzdys parodytas 5.51 paveiksle. CAK „406“ su aktyvikiu „770“ suklijuoja polietilena, polipropilena, elastomerus, kaučiuką ir kitas sunkiai suklijuojamas plastikines dalis. „454“ momentaliai klijuojanti želė („Super attak“ želė) nenuteka nuo vertikalių paviršių, nesigeria į aktytas medžiagas: medieną, betoną, popierių, kartoną ir pan. Panaudojimo temperatūra – iki +100°C. „496“ CAK naudojami smulkioms (pvz., mikrovariklių) detalėms suklijuoti, kai tarpelis 0,05–0,1 mm. Klijuoti sujungimai atsparūs nuovargiui ir vibracijoms [2,13].



5.51 pav. Anaerobinių cianoakrilinių klijų pritaikymo pavyzdys [13]

5.8 lentelė. Cianoakrilinių klijų tipo parinkimo pagal klijuojamas medžiagas lentelė [2]

Klijai WEICON (LOCTITE)	Klijuojamos medžiagos											
	VA 20 (420)	VA 8312 (406)	VA 100 (495/401)	VA 300 (405/414)	VA 1500 (416)	VA 2500 HT (407)	VA 250 Black (480)	GEL (454)	VA 1460 (460)	VM 20 (493/430)	VM 120 (496)	VM 2000 (415/422)
Metalai	+	+	++	+	+	+	+	+	+	++	++	++
Plastikai	++	++	++	++	++	++	++	+	++	+	+	+
Gumos	++	++	++	+	++	++	++	+	++	+	+	+
Elastomerai	+	++	+	+	+	+	+		+			
Medis			+	++	+	+	+	+				
Minkštas medis (aktyta medžiaga)	+	+	+	+	+	+	+	++				
Stiklas, keramika	+		++	++	+	+	+	++	+			
Oda		+	++	++	++	+	+	++	+			
++ labai tinkamas + tinkamas												

Klijų savybės nurodytos priede – P1 ir P2 lentelėse.

5.9 lentelė. CAK tipo parinkimo pagal suklijuojamas medžiagas ir reikiamas savybes lentelė [2]

Klijuojamos medžiagos Būtinės savybės	Guma + guma	Guma + sintetinė medžiaga	Guma + metalas	Sintetinė + sintetinė medžiaga	Sintetinė medžiaga + metalas	Metalas + metalas
	Didelis stiprumas tempiant	VA 8312 (406)	VA 8312 (406)	VM 120 (496)	VA 8312 (406)	VM 120 (496)
Aukštas patvarumas šarmams	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)

Klijuojamos medžiagos Būtinės savybės	Guma + guma	Guma + sintetinė medžiaga	Guma + metalas	Sintetinė + sintetinė medžiaga	Sintetinė medžiaga + metalas	Metalas + metalas
Greitai pasiekiamas stiprumas atplėšimui	VA 8312 (406)	VA 8312 (406)	VA 8312 (406)	VA 8312 (406)	VA 300 (405/414)	VM 120 (496)
Didelis atsparumas drėgmei	VA 8312 (406)	VA 8312 (406)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)	VA 300 (405/414)
Didelis atsparumas tirpikliams	VM 120 (496)	VM 120 (496)	VM 120 (496)	VM 120 (496)	VM 120 (496)	VM 120 (496)
Didelis atsparumas temperatūrai iki +120°C	VA 250 Black (480)	VA 250 Black (480)	VA 250 Black (480)	VA 250 Black (480)	VA 250 Black (480)	VA 2500 HT (407)
Didelis takumas užpildant plyšius	VA 1500 (416)	VA 1500 (416)	VA 1500 (416)	VA 1500 (416)	VA 1500 (416)	VM 2000 (415/422)
Montuojamų detalų klijavimas su padėties korekcijos galimybe	VA 20 (420)	VA 20 (420)	VA 20 (420)	VA 20 (420)	VA 20 (420)	VM 20 (493/430)
Akytų medžiagų klijavimas (medienos)	GEL (454)					
Detalių išdėstymas	GEL (454)					
Nežymiai blukinantis ir minimalus kvapas	VA 1460 (460)					

Loctite, Weicon produktai fasuojami į polietileno indelius po 5, 20, 50, 300, 500 g.

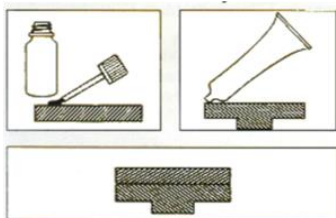
Vartojant CAK reikia saugoti odą ir akis, naudotis polietilenuose pirštinėse arba dozavimo prietaisais. Patalpoje (darbo vietoje) turi veikti ištraukiamoji ventiliacija (klijų garai sunkesni už orą). CAK polimerizuojasi taip greitai ir taip stipriai prisiklijuoja prie odos paviršiaus raginio sluoksnio, kad odos suerzinti nespėja. CAK patekus į akis labiau ištinka emocinis šokas, bet ne fiziškai pakenkiama. Į akį patekęs cianoakrilas susijungia su čia esančiu proteinu ir po keleto valandų suyra. Akių drėgmė ir ašaros pagreitina šį atsiskyrimą, ypač jei papildomai ant akių uždedamas kompresas.

5.8.8. Klijavimas

Weicon konstrukciniai dvikomponentiniai klijai („RK-1300“ ir „RK-1500“) skirti metalams, plastikams, medžiui, keramikai, stiklui suklijuoti (5.52 pav.). Jie užpildo tarpus iki 0,4 mm (kai kuriais atvejais iki 0,8 mm). Stiprumas klijuojant metalus – 23–35 N/mm². Naudojant konstrukcinius klijus, jie tepami ant vienos detalės paviršiaus (geriau akyto, nelygaus), o aktyviklis – ant kitos (5.53 pav.). Per 2–4 minutes pasiekiamas pradinis sujungimo tvirtumas, o po 2 valandų – galutinis (didžiausias) tvirtumas.



5.52 pav. Sujungimas stiklas – plastikas konstrukciniais klijais



5.53 pav. Konstrukcinių klijų panaudojimo pavyzdys [2]

Loctite produktai kietėja veikiami aktyviklių – „326“ su aktyvikliu „764“, o „329“ ir „330“ – atitinkamai su aktyvikliais „737“ ir „738“. Aktyvikliai pagreitina klįjavimą ir padidina stiprumą. Šie klįjai naudojami skirtingoms medžiagoms suklijuoti: metalui, stiklui, akmeniui, medžiui ir daugeliui plastikų (išskyrus polietilena, polipropilena, guma). Klįjai suklijuoja ir nepakankamai rūpestingai nuvalytus paviršius. Jie atsparūs tirpikliams ir drėgmei, gali užpildyti iki 0,5 mm tarpus. Naudojimo temperatūra: „326“ ir „329“ – nuo -55 iki +120°C, o „330“ nuo -55 iki +100°C. Labai stipriai klįjuoja, kai paviršiaus plotas didesnis nei 2 cm². Klijų geros cheminės savybės ir geras sukibimas su sintetinėmis medžiagomis, metalais. Susitraukimas – 5–8 proc. tūrio.

Užliejimas labai seniai ir plačiai taikomas remontuojant mašinas dirbtuvėje arba ekstremaliomis sąlygomis – gedimo vietoje. Įvairios firmos tiekia „Plastik-Stahl“, „Turbometall“, „Unirep“, „Epoxy-Flüssigmetall“, „Metall Set“ ir kitų pavadinimų medžiagas. Pvz., *Loctite* dviejų dalių epoksidinė masė su metalo miltelių užpildu „Flüssigmetall“ dvigubos talpos švirkšte pataiso, užpildo ir klįjuoja geležį, plieną, ketų (5.54 pav.), bronzą, varį, aliuminį, keramiką, porcelianą, medį ir betoną. Šią sutvirtėjusią medžiagą galima gręžti, sriegti, dildyti ar kitaip mechaniškai apdirbti. *Loctite* „Metall-Set“ yra dvikomponentė epoksidinė derva, sumaišyta santykiu 1:1, tinka metalo defektų tuštumoms, įtrūkimams užpildyti; sukietėjusią dervą galima apdirbti kaip metalą.



5.54 pav. Įtrūkimo variklio cilindrų bloke remontas „Metall-Set“ produktu [2]

Gaminių ST (pastos) serija skirta šiems darbams: „ST1“ – detalėms iš geležies junginių glaistyti ir taisyti; „ST2“ – detalių iš geležies lydinių tuštumoms ir įtrūkimams užpildyti tiksliai pagal paviršių formą; „ST3“ detalėms iš geležies lydinių glaistyti ir taisyti, kai reikia, kad greitai sukietėtų, pvz., srieginėms skylėms taisyti; „ST4“ detalių iš geležies lydinių nudilusioms vietoms padengti ir apdirbti mechaniškai; sluoksnis stiprus ir pasižymi tepimosi savybe; aliuminė pasta „Al1“ – aliuminio ir jo lydinių detalių defektams taisyti [2].

Sutaisytos detalės gali dirbti iki +120°C temperatūroje, išskyrus „ST3“ – 100°C. Atsparumas kirpimui tempiant (DIN53283) – 15–22 N/mm².

Firmos *Weicon* medžiagos „Plastik-Stahl“ – tai 12 tipų gaminių serija (epoksidinių dervų pagrindu), skirta pačioms įvairiausioms automobilių, traktorių ir kitų mašinų detalėms remontuoti – variklio cilindrų blokams ir galvutėms, išdėvėtiems siurbliams, rotoriams, velenams, korpusams kreipiamosioms ir kitoms detalėms remontuoti užtepant arba užliejant reikiamos sudėties (savybių ir naudojimo ypatybių) sluoksnį (5.10 lentelė).

5.10 lentelė. Weicon „Plastik-Stahl“ gaminių pagrindinės savybės [2]

WEICON Produkto tipas	Užpildas	Specifinės savybės	Spalva	Darbinė temperatūra °C	Sunaudojimo trukmė paruošus, min	Tankis, g / cm ³	Kietėjimas iki mechaninio apkrovimo, h	Galutinis sukietėjimas, h
„A“	Plienas	Pasta	Tamsiai pilka	-35...+120	60	2,9	16	24
„B“	Plienas	Skystas	Tamsiai pilka	-35...+120	60	2,75	16	24
„BR“	Bronza	Pasta	Bronzos	-35...+120	45	2,94	16	24
„Weidling C“	Al	Skystas, atsparus karščiui	Pilka	-35...+220	60	1,62	14	24
„F“	Al	Pasta	Aliuminio	-35...+120	60	1,6	16	24
„F2“	Al	Skystas	Aliuminio	-35...+120	60	1,45	16	24
„SF“	Plienas	Pasta, greitai kietėja	Tamsiai pilka	-35...+90	5	2,6	3	6
„WR“	Plienas	Skystas, atsparus dilimui	Juoda	-35...+120	45	2,3	16	24
„WR2“	Mineral.	Pasta, atsparus dilimui	Tamsiai pilka	-35...+120	45	1,67	16	24
„Keramik BL“	Mineral.	Skystas, itin atsparus dilimui	Mėlyna	-35...+180	20 / 40	1,85	12	24
„HB 300“	Plienas	Pasta, atsparus karščiui	Tamsiai pilka	-35... +200 (280)	30	2,34	12	24
„Epoxyd-harz-Kitt“	Mineral.	Pasta, atsparus karščiui	Žalia	-35...+200	30	2,0	2	3
„Giessharz MS 100“	Be užpildo	Skystas	Skaidrus	-35...+120	20	1,1	24	36

5.9. Plastikinių detalių remontas

Šiuolaikinė plastiko remonto technologija, kurią dauguma ekspertų pripažįsta kaip vieną efektyviausių ir pigiausių, yra plastiko juostelės, kurias lydant naudojamas karšto oro džiovintuvas. Naudojantis šia technologija galima sutaisyti beveik visus plastikinių detalių pažeidimus. Technologija jau patikrinta praktiškai visame pasaulyje ir gavo atitinkamą pripažinimą.

Buferių remontas su šiomis juostelėmis yra itin efektyvus, o to paties negalima pasakyti apie senuosius metodus – kniedes, klijavimą epoksidine derva, virinimą ir t. t.

Plastikas skirstomas į dvi grupes:

1. Termoreaktyvinis stiklo plastikas arba reaktoplastikas – kaitinamas jis neminkštėja, todėl remontuoti standartinėmis technologijomis negalima.

2. Termoplastiškas plastikas arba termoplastikas – pats pavadinimas sako, kad jis keičia savo formą veikiant temperatūrai – minkštėja ir lydosi.

Automobilio buferis arba motociklo žibintų laikiklis yra pagamintas iš polipropileno plastiko, kuris dar žymimas PP. Ši plastiko rūšis yra labai populiarė, iš jos gaminama net 80 proc. visų automobilizmo pramonėje naudojamų plastikinių detalių. Paprastai informacijos, iš kokios plastiko rūšies pagaminta detalė, galima rasti kitoje detalės pusėje (5.55 pav.).



5.55 pav. Detalės plastiko žymėjimas [11]

Taigi, panaudojant polipropileno plastiko juosteles galima sutaisyti daugumą visų pažeidimų, net jei po eismo įvykio pamestos smulkios dalys. Tokiu būdu sutaisyti buferius žibintus, laikiklius, variklio apsaugas ir kitas plastikines dalis dabar yra nesudėtinga, greita ir efektyvu.

Plastiko juostelėmis remontuojama itin kokybiškai. Po sutaisymo pažeista vieta gali atlaikyti stiprius smūgius, spaudimą, traiškymą. Sutvarkytos vietos sulaužyti antrą kartą beveik neįmanoma.

Plastiko juostelių remontas – nebrangus. Senosios technologijos kainuoja daug pinigų, o plastikiniai elektrodai yra nebrangūs, be to, remontuojant laiko sugaištama mažiau. Meistras per tą patį laiką gali suremontuoti daugiau pažeidimų, todėl bendra kaina yra 2–4 kartus mažesnė nei klijuojant.

Remonto technologija. Pažeidimo vieta yra kruopščiai nuvaloma. Tada nustatoma plastiko rūšis. Kiekvienas plastikinis gaminytis turi savo žymėjimą, kuriuose nurodoma ir plastiko rūšis. Remontuoti galima tik su tuo pačiu plastikumu, nes kitas neturės tokio tvirtumo. Parenkamos plastikinių juostelių rūšys. Imamas karšto oro džiovintuvas, plastiko elektrodas (juostelė) yra kaitinama, kol tampa elastiška. Tada ji uždedama ant pažeidimo vietos ir prilijdoma (5.56 pav.).



5.56 pav. Plastiko remontas naudojant karšto oro džiovintuvą ir plastikines juosteles (strypus) [11]

Sudėtingas remontas būna sunkiai prieinamose vietose, taip pat remontuojant tvirtinimo laikiklius, nes tada reikia numatyti, kurioje vietoje bus metalinės detalės. Remontui naudojamas specialus karšto oro džiovintuvas, kurio galiukas yra 5–7 mm skersmens, todėl galima naudoti itin siaurą juostelę. Darbas reikalauja kantrybės ir kruopštumo, tačiau sutaisyti galima net 99 proc. visų pažeidimų.

Reikia paminėti, kad ne visi plastikai lengvai virinami. Lentelėje 5.11 apibūdintos plačiausiai naudojamų plastikų virinamumo savybės.

5.11 lentelė. Plastikų virinamumo savybės

Plastiko markė	Plastiko virinimosi savybės
PC	Virinamas gerai.
POM	Virinamas gerai.
TEO	Virinamas.

Plastiko markė	Plastiko virinimosi savybės
PUR	Nevirinamas.
GF	Stiklo pluoštas nevirinamas.
EPDM	Gumuota detalė nevirinama.
ASA	Virinamas gerai.
PP	Virinamas gerai.
PP+EPDM	Virinamas, virinimo kokybė priklauso nuo EPDM kiekio.
PE	Virinamas gerai.
PE+EPDM	Virinamas, virinimo kokybė priklauso nuo EPDM kiekio.
PP+GF	Virinamas.
ABS	Virinamas gerai, dideliuose plotuose deformacijos pašalinamos sunkiai.
PBT	Labai gerai virinamas, dideliuose plotuose deformacijos pašalinamos sunkiai.

5.10. Paviršių dažymas

5.10.1. Automobilių dažymo technologija

Laikui bėgant bet kurio automobilio dažai praranda pirminę išvaizdą, o apsauginės savybės taip pat sumažėja. Pagrindiniai veiksniai, darantys įtaką transporto priemonės dažų sluoksnio sunaikinimui, yra šie:

- aplinkos temperatūra;
- chemiškai aktyvios terpės;
- ultravioletinė radiacija;
- išorinės mechaninės apkrovos.

Dažų ir lakų senėjimo greitis gerokai padidėja (iki pusantro karto), jei transporto priemonės veikė padidėjusio dulkelio ir oro taršos sąlygomis. Esant tokiai situacijai, atmosferoje esančios agresyvios dujos (CO, SO₂, NH ir kt.) paspartina sunaikinimo procesą. Užkirsti kelią ankstyvam senėjimui galima nuolat prevenciškai prižiūrint, tačiau visiškai sustabdyti šio proceso neįmanoma. Kai kuriais atvejais dažų sluoksnį įmanoma atkurti atliekant nedidelį remontą, kuris susideda iš vietinės probleminės vietos dažymo. Jei kyla rimtesnių problemų (dažų įtrūkimai ir lupimasis, pūslių ir korozijos židinių atsiradimas ir kt.), reikia visiškai perdažyti transporto priemonę. Automobilio dažymo procesas yra gana sunkus ir daug laiko reikalaujantis darbas.

Kokybiškas automobilio kėbulo ar jo dalių paruošimas dažymui – vienas iš pagrindinių veiksnių, nuo kurių priklauso, kaip automobilis atrodys po dažymo. Nuo paruošimo kokybės priklauso, ar ilgaamžė bus pati danga. Pirmiausia turi būti pašalinti seni dažai, po to atliekamas glaistymas, šlifavimas, gruntavimas, dažymas, lakavimas, džiovinimas, poliravimas ir galiausiai – nudažyto paviršiaus apdaila.

Pirmiausia ruošiamos dažyti automobilio dalys yra nušveičiamos nepaliekant senų dažų ar rūdžių liekanų. Labai svarbu kruopščiai ir sąžiningai abrazyvinėmis medžiagomis pašalinti visus iki šiol buvusius automobilio dažus ir korozijos židinius iki pat blizgaus metalo. Korozijos galima atsikratyti ir chemiais metodais. Cheminis metodas apima korozijos židinių veikimą naudojant specialias priemones (rūdžių surišiklius), kurios sugeba efektyviai ištirpinti rūdį, nepakenkdamas metalo paviršiui. Senos dažų dangos dažniausiai pašalinamos dviem būdais: šlifuojant detales (ar dalis) įvairiais (vibraciniais, kampiniais) šlifuojukliais (5.57 pav.) ar šlifavimo diskais arba cheminiu dažų dangos sluoksnio šalinimu su specialiais dažų nuėmikliais. Šiuo būdu lengva pašalinti dažų sluoksnį nuo didelių paviršių. Po to reikia pašalinti šių medžiagų pėdsakus. Priklausomai nuo vietos, šlifuojama gali būti ir su šlifavimo popieriumi.



5.57 pav. Senų dažų nuėmimas [62]

Dar gali būti naudojamas smėliavimas. Smėliavimu vadinamas procesas, kurio metu aukštu slėgiu išpučiamos smulkios kietos dalelės. Jis dažniausiai skirtas valyti paviršiui, dar kitaip vadinamas srautiniu valymu. Smėliavimo terminas dėl pasirinkto abrazyvo gali keistis į šratavimą, stiklavimą, sodavimą. Lietuvoje smėlis, ko gero, yra dažniausiai naudojamas smėliavimui. Kadangi oficialiai nustatyta, jog smėlio dulkės sukelia sunkias plaučių ligas, Vakarų valstybės pradėjo drausti naudoti smėlį smėliavimui. Jeigu vis dėlto smėliuojama, visas darbas turi būti griežtai kontroliuojamas, naudojant oro tiekimo, vėdinimo, dulkių išsiurbimo sistemas. Atsirado daug alternatyvių abrazyvų – aliuminio oksidas, plieno, plastiko, stiklo granulės, organinių riešutų kevalų, kukurūzų luobelės ir kitų.

Efektyviam ir kokybiškam smėliavimui reikalinga profesionali įranga. Smėliavimui reikalingas labai didelį slėgį sukeliantis kompresorius su dideliu resyveriu. Tik tokiu būdu užtikrinamas nuolatinis ir nekintantis smėliavimui abrazyvinių dalelių srautas. Smėliavimui turi būti ir specialiai įrengta patalpa, kurioje surenkamas panaudotas abrazyvas. Abrazyvinės dalelės yra labai skvarbios, todėl smėliuojant naudojamas visiškai kūną dengiantis dulkėms nepralaidus kostiumas ir speciali kvėpavimo įranga su atskirais filtrais (5.58 pav.).



5.58 pav. Smėliavimas [17]

Smėliavimui reikalinga: abrazyvas, našus oro kompresorius ir smėliavimo antgalis. Smėliavimo paskirtis yra dvejopa – arba nuvalyti nuo paviršiaus rūdis, dažus ar kitus nešvarumus, arba pašiaušti, pakeisti paviršių.

Smėliavimo privalumai:

- daug kartų greičiau paruošiamas paviršius nei šveičiant rankiniu būdu ar kitais metodais;
- galima išvalyti smulkias detales, skylės, kur kitais būdais priėti neįmanoma;
- tolygiai pašaušiamas paviršius, idealiai tinkantis gruntuoti, dažyti;
- naudojant tinkamą abrazyvą, galima apdirbti net ir jautrius, minkštus paviršius.

Jeigu automobilio detalės buvo pažeistos ir jas teko atkurti, yra didelė tikimybė, kad metalas nebus idealiai lygus. Tokiu atveju, norint išlyginti ruošiamą dažymui paviršių, rekomenduojama automobilį glaistyti gaistu. Kruopščiai nuglaistytas paviršius taps pastebimai lygesnis, o padengus automobilį dažais jis atrodys kur kas dailiau. Tepamo glaisto sluoksnių skaičius priklauso nuo glaisto tipo ir paviršiui išlyginti reikiamo glaisto kiekio. Paprastai glaistas sukietėja per 15–20 minučių, jei temperatūra yra +20°C.

Šiuo metu dvikomponenčiai poliesteriniai glaistai yra standartinė produkcija, kurią naudojant išlyginami paviršius nelygumai: įdubimai; gilūs įbrėžimai; banguotumas ir kt.

Šiuolaikiniai poliesteriniai glaistai yra gerokai geresni už anksčiau naudotus nitroceliuliozinius, nes džiūvimo metu jie minimaliai susitraukia. Galima pasirinkti glaistus su įvairiais užpildais (su stiklo pluoštu, aliuminio pudra). Taikomi glaisto šlifavimo būdai yra du: šlapias ir sausas.

Šlifuojant šlapiai, ant kėbulo pilamas vanduo ir glaistas pritrinamas šlifavimo mašinėle vandeniui atspariu šlifavimo popieriumi.

Naudojamas specialus vandens nepraleidžiantis glaistas, kuris po to gerai išdžiovinamas ir nušlifuojamas. Naudojant pigesnę – laidų vandeniui – glaistą ir blogai išdžiovinant atsiranda pūslelių, pradeda atsilupti dažai. Apie 2/3 defektų atsiranda dėl šlapio šlifavimo.

Sausas šlifavimo metodas, palyginti su šlapiuoju, yra tarsi be priekaištų. Pagrindinė problema yra greitai apsivieliantis šlifavimo popierius, dėl to didėja išlaidos.

Sprendimas – plintantis mechanizuotas šlifavimas (5.59 pav.). Šiais prietaisais galima apdirbti tiek apvalias kėbulo dalis, tiek plokštumas, tai universalūs ir specialūs prietaisai. Dalis jų turi dulkių nusiurbimo sistemas (neapsivelia šlifavimo produktais). Dulkės nesitrina tarp šlifavimo mašinos pado ir apdirbamo paviršiaus. Tiekiamas oras sudaro savotišką oro pagalvę, dėl to mažesnė tikimybė prašveisti kiaurai, pridaryti garbanų ar duobių. Apskaičiuota, kad, taikant sauso šlifavimo būdą, švitrinis popierius tinkamas iki 30 procentų ilgiau.



5.59 pav. Sausas šlifavimas [16]

Gruntavimas – kitas pasiruošimo dažymui etapas (5.60 pav.). Gruntavimas užsandarina paviršių ir sukuria apsauginį barjerą, sukuria idealų paviršių dažams, kad jie priliptų. Gruntavimo metu išlyginamas metalo paviršius, ant jo nesimato jokių trūkumų. Dažniausiai gruntas ant transporto priemonės detalių patenka naudojant specialų aparatą, kuris padeda tolygiai paskirstyti medžiagą. Gruntuojant dažymui ruošiamas paviršius idealiai išlyginamas ir tuo pačiu sukuriamą puiki terpė dažų sukibimui su metalu. Prieš paviršių gruntuojant, jį reikia nuvalyti ir nuriebalinti. Gruntas purškiamas bent jau du kartus, leidžiant jam visiškai išdžiūti.



5.60 pav. Automobilio gruntavimas [63]

Gruntavimas gali būti pirminis ir antrinis. Pirminis atliekamas gruntu, kuris turi geras fizikines ir mechanines savybes, gerą adheziją, reikalingą antikorozinei apsaugai. Antrinis – tai pagrindas dažams. Šis grunto sluoksnis turi būti glaudus. Dažų gamintojai siūlo daugelį gruntavimo

medžiagų: gruntų-užpildiklių (užpildo smulkius įtrūkimus, duobutes ir kt.); gruntų-sandariklių. Reikiamo grunto pasirinkimas priklauso nuo keliamos užduoties ir dažų rūšies.

Gruntas plikam metalui. Jei paruošiamojo apdirbimo metu apdirbamame paviršiuje atsirado vietų, kur matyti plikas metalas, arba buvo naudojama nauja detalė be glaisto, reikia naudoti specialias medžiagas, užtikrinančias reikiamą adheziją tame paviršiuje. Tai apsauginiai, vieno komponento antikoroziniai gruntai, kurie dėl specialios pigmentų ir dervų kompozicijos turi geras antikorozines savybes ir gerą adheziją.

Gruntai-užpildai. Jie naudojami norint panaikinti mažus įbrėžimus gruntuojamame paviršiuje. Tai dvikomponentės medžiagos, turinčios didelį kiekį lakiųjų dalelių ir pasižyminčios geromis užpildo savybėmis. Jų gera adhezija, trumpas džiovinimo laikas, geros šlifavimo savybės.

Gruntų tipai

Dvikomponentis epoksidinis gruntas pasižymi antikorozinėmis, apsauginėmis ir izoliacinėmis savybėmis. Jis labai gerai sukimba su įvairiais paviršiais, danga mechaniškai kieta ir elastinga, atsparus atmosferos poveikiui, pasižymi dideliu mechaniniu ir cheminiu atsparumu (šarmai, druskų tirpalai, benzinas ir dyzelinas).

Rūgštinis gruntas skirtas aliuminių, cinkuotų, nerūdijančio plieno dengtų paviršių apsaugai nuo korozijos.

Dvikomponentis pagamintas akrilo dervų pagrindu. Puikios užpildymo savybės, gerai sukimba įvairiais paviršiais, lengvai šlifuojamas.

Vienkomponentis gruntas puikiai sukimba su metaliniais paviršiais ir apsaugo nuo korozijos, greitai džiūsta. Tai azoto pagrindu sukurtas, labai greitai džiūstantis antikorozinis gruntas. Automobilių remonte naudojamas ten, kur nebus dažoma *metalik* tipo dažais ir lakuojama, t. y. remontuojant kėbulus nenaudojamas, nes dažai ir lakas mažiau blizgės. Tai yra vieno komponento gruntas. Jis naudojamas važiuoklės, dugno, slenksčių, priekabų, traktorių ir pan. antikoroziniam gruntavimui prieš padengimą dugno ar slenksčių dangomis, dažant priekabą su akrilinais ar sintetinėmis dažais.

Dažant labai svarbu apsaugoti transporto priemonę nuo dulkių, riebalų ar vandens, nes visa tai gali pakenkti dažymo kokybei. Taip pat reikia atkreipti dėmesį ir į dažus, nes aerozoliniai balionėliai tikrai nėra geriausias dažų pasirinkimas norint gauti ilgalaikį rezultatą. Svarbiausia – geras dažų ir jų sluoksnių džiovinimas. Bendras dažų ir lako sluoksnis turi būti 70–120 μm. Norint pasiekti tokį storį ir išsaugoti geras sukibimo su paruošiamuoju sluoksniu savybes, dažyti reikia mažiausiai trimis sluoksniais. Dažai paprastai purškiami, pirmas sluoksnis būna klampiausias. Prieš purškiant antrą sluoksnį daroma 5–7 minučių pertrauka. Antram ir trečiam sluoksniui naudojami skystesni ir ne tokie klampūs dažai.

Spalvą pasirinkti bus lengviau, jeigu iš naujo dažomas visas automobilis. Tačiau jeigu dažomos tik kai kurios vietos (pavyzdžiui, po eismo įvykio), tokiu atveju reikalaujama preciziškumo. Išrinkus spalvą, prasideda automobilio dažymas. Jis atliekamas tam tikra seka: pirmiausia dažomi automobilio rėmai, po to durelės, sparnai, veidrodžiai, buferiai, variklio ir bagažinės dangčiai, aptakai ir visos kitos detalės. Nedažomos (netvarkomos) detalės turi būti uždengtos.

Labai svarbus veiksnys, turintis įtakos automobilio dažymo kokybei, yra dažams purkšti naudojamo suspausto oro švara. Jei oras patenka iš centrinės magistralės arba kompresoriaus, labai gali būti, kad jame bus mineralinių tepalų ar vandens. Abu šie elementai neigiamai veikia dažymo kokybę. Dėl tepalų susidaro krateriukai, o vanduo išpučia burbuliukus po dažų paviršiumi. Norint išvalyti orą, prieš purkštuką turi būti įrengtas tepalų rinkiklis.

Bene sudėtingiausias procesas dažant automobilių yra džiovinimas. Džiovinant sintetinę emalę vyksta dvi fazės: pirma – išgaruoja tirpiklis, o vėliau, veikiant aukštai temperatūrai, susidaro ir formuojasi plėvelė. Nustatyta, kad aukštesnėje temperatūroje greičiau vyksta polimerizacijos procesas, gerėja plėvelės kokybė, ypač – atsparumas vandeniui ir tvirtumas. Jei džiovinimo metu nenaudojama speciali įranga, dažai natūraliai gali džiūti kelias paras.

Automobilių dažymui gali būti naudojami trijų tipų dažai: metalikas, perlamutras arba akrilas (detalės aerozolių balionėliais nudažysis kokybiškai). 100 gramų dažų kainuoja maždaug vienodai. Skirtumas nebent tas, kad akrilu nudažyto automobilio galima nelakuoti, o nudažytas

metaliko ar perlamutro dažais labiau blizgės ir žaižaruos. Naudojami HS (kieti) ir MS (minkšti) lakai. Pastarieji yra prastesnės kokybės.

Praktika rodo, kad geriausia automobilių dažyti ir lakuoti, nes taip automobilis atrodys puikiai. Dažyti reiktų kameroje. Specialiose dažymo kameroje užtikrinamas reikiamas patalpų vėdinimas, dažų ir kitų medžiagų džiovinimas, o dažomas automobilis saugomas nuo dulkių. Reiktų pasirūpinti, kad dažymo įrangoje neliktų drėgmės ar kitų priemaišų, nes tai pakenks darbo kokybei. Po dažymo kameroje, jeigu ir lieka kokių nors menkų trūkumų, juos nesunkiai paslepia lakas. Vėliau automobilių reikia poliruoti. Esminių ir didelių trūkumų nepaslėps nei lakavimas, nei poliravimas.

Dažniausiai automobiliams dažyti įsigyjamos įvairių užsienio firmų dažymo kameros (5.61 pav.). Jos yra modernios, valdomos kompiuteriu, džiovinama infraraudonaisiais spinduliais arba specialiomis lempomis. Dažant oras imamas iš atmosferos ir patenka į rupaus valymo filtrą (pašalinamos dulkės). Oro traukimo ventiliatoriai nukreipia oro srautą į kaitintuvus, kuriuose jis sušyla iki 20 °C. Toks oras ventiliaciniais kanalais pro smulkaus valymo filtrus patenka į dažymo kamerą. Smulkaus valymo filtrai išdėstyti visame kameros lubų plote, todėl oro srautas tolygiai teka iš viršaus į apačią apgaubdamas automobilio kėbulą. Dažant šiose kameroje gaunama geresnė dažyto paviršiaus kokybė.



5.61 pav. Dažymo kamera [64]

Dažymo kamerų įvairovė gali priklausyti nuo įvairių dalykų. Vieni servisai dirba su lengvaisiais automobiliais, kiti su sunkvežimiais, todėl ir pačios dažymo kameros yra skirtingų matmenų. Jos yra gaminamos standartiškai pagal išmatavimus, tačiau jeigu yra individualūs išmatavimai, gamintojai tikrai ir pagal tokius poreikius pagamins tinkamą variantą. Dažniausiai to klientas nori dėl vidaus patalpų išmatavimo, nes kai kurios kameros net netilptų, todėl tenka gaminti šiek tiek mažesnes. Taip pat pagal poreikius galima padaryti, kad įvažiavimas būtų viename ar kitame gale. Tarnybinis įėjimas taip pat gali būti iš dviejų skirtingų pusių.

Vienas svarbiausių dalykų yra filtracija. Greičiausiai ji vyksta tada, kai būna pritaikyta per grindis, truputi lėčiau per kameros šonus, o lėčiausias būdas yra tuomet, kai filtracija vyksta per vieną šoną. Standartinis variantas būna per kameros grindis, tada per rampas automobilis įvažiuoja į vidų, nes yra dvi vėžės.

Komplektacijų dažymo kameros gali turėti įvairių. Pardavėjai jas jau būna sukomplektavę darbui, tačiau dažniausiai papildomai užsakomi ventiliacijos vamzdžiai, kadangi patalpos yra skirtingos. Kameros būna jau sukomplektuotos su lempomis, kurios gali būti tiek iš šonų, tiek iš viršaus. Taip pat dėl ventiliacijos, kadangi ji yra svarbiausia dažymo kameroje, galimas skirtingas ventiliatorių skaičius ir jų galingumas.

Jeigu dažomo automobilio dažų kodo nematyti, jis nudažytas sunkiai parenkama spalva, dažant daromi vadinamieji perėjimai. Palyginama šalia dažomos detalės esančių detalių spalva, vėliau naujai pagamintais dažais nudažomi šalia esančių detalių pakraščiai, ne tik detalė. Viskas lakuojama. Jei darbai atlikti kokybiškai, paviršius bus lygus, blizgus, nesiskirs detalių spalva.

Dažyti galima ne tik metalines, bet ir plastikines automobilių dalis. Tai ypač aktualu mėgstantiems puošti savo automobilius. Deja, paruošti dažymui plastiką arba stiklo audinį kainuoja brangiau negu ruošiant metalą, nes standartiniai automobilių dažai nelabai nori prie jų kibti.

Dažyti galima ir automobilių buferius. Dažant reikia papildomų cheminių medžiagų, nes kitaip dažai nuo plastiko palyginti lengvai lupsis.

5.10.2. Dažytų paviršių brokas

Atliekant paruošimo ir dažymo darbus, gali pasitaikyti darbų broko. Galimi broko atvejai aprašyti 5.12 lentelėje.

5.12 lentelė. Dažymo darbų brokas [18]

Dažymo brokas	Požymiai	Priežastys	Perspėjimai	Panaikinimas
Porų atsiradimas	Mažos, adatos dūrio dydžio skylutės, siekiančios užpildo sluoksnį.	Storas užpildo sluoksnis ir per greitas jo džiūvimas (kamera / infraraudonųjų spindulių generatorius). Neuždarytos poros viršutiniame glaisto sluoksnyje.	Užpildą pūsti tik reikiamo storio sluoksniais. Išlaikyti reikiamą džiūvimo laiką.	Po visiško išdžiūvimo nušlifuoti pažeistų vietų dengiamąjį laką, nuvalyti su priemone, skirta silikono valymui. Apdirbti su 2K užpildu ir pakartotinai perdažyti. Esant labai dideliems pažeidimams, laką visiškai nušlifuoti, kruopščiai nuvalyti ir perdažyti.
Nuovarovos	Lako nuovarovos ant vertikalių kėbulo dalių.	Netolygus lako užpūtimas. Nesilaikyta medžiagos klampumo reikalavimų. Naudojamas netinkamas tirpiklis (skiediklis). Labai žema medžiagos arba oro patalpoje temperatūra. Per didelis lako sluoksnio storis. Dažymo įrankis naudojamas ne pagal technologinius reikalavimus. Per mažai laiko džiovinimas pirmas sluoksnis.	Dažomo objekto paviršiaus, medžiagos, su kuria dažome, ir patalpos temperatūra turi būti +20°C. Reguliariai tikrinti darbo įrankius. Ruošti laką ir juo dažyti tik atsižvelgus į jo technologinius ypatumus.	Po visiško išdžiūvimo nušveisti, nuvalyti su silikono valikliu ir perdažyti. Esant nedideliems pažeidimams, nušlifuoti su šlifavimo popieriumi ir nupoliruoti.
Užvirinimas	Nedidelės iš dalies sprognusios pūslytės dengiamojo lako paviršiuje.	Lakas užpūstas per storu sluoksniu. Neišlaikyta reikiamo laiko prieš pagreitintą džiūvimą. Nesilaikyta medžiagos klampumo reikalavimų. Naudojamas netinkamas tirpiklis (skiediklis).	Užpūsti laką rekomenduojamais sluoksniais. Išlaikyti reikiamą laiko tarpą tarp sluoksnų. Medžiagos klampumas ir kietiklių (skiediklių) panaudojimas turi atitikti technologinius tos medžiagos reikalavimus.	Po visiško išdžiūvimo nušlifuoti pažeistų vietų dengiamąjį laką, nuvalyti su priemone, skirta silikono valymui. Apdirbti su 2K užpildu likusias smulkias poras ir pakartotinai perdažyti. Esant labai dideliems pažeidimams, laką visiškai nušlifuoti, kruopščiai nuvalyti ir perdažyti.

AUTOMOBILIŲ REMONTO TECHNOLOGIJOS

Dažymo brokas	Požymiai	Priežastys	Perspėjimai	Panaikinimas
Šlifavimo žymės	Išilginės juostos su pažymėtais kraštais lako struktūroje.	Glaistas užteptas pernelyg nelygiai ir nepakankamai plonai nušveistas. Grubiai šlifluotas užpildas. Jeigu buvo naudojama technologija „šlapias ant šlapio“ – uždažyta ant nepakankamai drėgno užpildo.	Glaistas turi būti tepamas kruopščiai. Šlifavimą pradėti šlifavimo popieriumi P 180, baigti P 320. Užpildas šlifluojamas „sausai“ – P 400; „šlapiai“ – P 800. Užpildo džiovinimas turi būti vykdomas pagal technologinius reikalavimus.	Po dengiamojo lako sukietėjimo paviršių lengvai nušlifuoti ir nupoliruoti. Esant dideliems pažeidimams, nuimti viršutinį dengiamojo lako sluoksnį ir perdažyti.
Spygliai (metalikas)	Pirminio (bazinio) lako struktūros paviršiuje – išlindę „spygliai“.	Pirminės dangos (bazinis) lakas – metalikas – užpūstas neskiestas, dėl to pigmento dalelės negalėjo ištirpti lake. Skaidrus lakas negalėjo paslėpti šių dalelių.	Paruošti pirmos dangos laką, griežtai laikantis instrukcijų. Tarp dažomo objekto ir pulverizatoriaus išlaikyti 20 cm atstumą.	Po visiško išdžiūvimo, paviršių su „spygliais“ atsargiai nušlifuoti su šlifavimo popieriumi P 800, nuvalyti su priemone, skirta silikono valymui, ir dar kartą perdažyti.
Dėmės (metalikas)	Neuždažytas plotas metaliko efekte.	Užpildo ir glaisto sluoksnis kai kuriose vietose galėjo būti prašveistas. Kietiklio perdozavimas poliesteriniam glaiste.	Apdirbti prašveistas vietas. Dozuojant kietiklį, naudotis dozuojančiu įtaisu.	Po išdžiūvimo uždažytas vietas nušlifuoti, nuvalyti silikono valikliu ir uždažyti pakartotinai. Perdozavus kietiklio poliesteriniam glaiste, jį pašalinti ir glaistyti iš naujo.
Pūšlių susidarymas	Maži, taško dydžio iškilimai dengiamojo lako sandaroje.	Į pagrindą įsigėrusi drėgmė. Apdirbtas paviršius ne iki galo išdžiovintas po „šlapio“ šlifavimo (ypač tai būdinga poliesterinėms medžiagoms). Per didelis oro drėgnumas dažant. Kondensato susidarymas dėl temperatūrų skirtumų. Poros ir duobutės ant apdirbto paviršiaus liko nenušlifluotos. Neizoliuotos poliesterinės medžiagos.	Poliesterines medžiagas šlifluoti sausiai ir izoliuoti naudojant tam skirtus gruntus-užpildus. Duobutes ir poras kruopščiai nušlifuoti ir pakartotinai užglaistyti. Reguliariai tikrinti oro drėgnumą.	Paviršių nušlifuoti, nuvalyti silikono valikliu ir perdažyti.
Matiškumas	Dengiamas lakas netekęs blizgesio.	Neišdžiūvęs užpildo sluoksnis. Naudojamas netinkantis skiediklis.	Išlaikyti džiovimo laiką, nurodytą instrukcijoje. Taikyti tik technologiniame	Gerai išdžiovinus, matinį paviršių nušlifuoti, nupoliruoti, nuvalyti silikono valikliu ir perdažyti.

AUTOMOBILIŲ REMONTO TECHNOLOGIJOS

Dažymo brokas	Požymiai	Priežastys	Perspėjimai	Panaikinimas
		Kietiklių, sureagavusių su vandeniu, naudojimas.	procese numatytus kietiklius. Indus, kuriuose laikomas kietiklis, laikyti sandariai uždarytus.	
Užpildo krateriai	Kraterio pavidalo įdubimai su aukštai iškilusiais kraštais.	Pagrindo paviršius nepakankamai nuvalytas su priemone, skirta silikonui valyti. Naudojamas dažymui oras užterštas tepalu ir vandens kondensatu. Blogas filtras.	Kruopštus dažomo paviršiaus nuvalymas su priemone, skirta silikonui valyti. Reguliarus suspausto oro linijų patikrinimas.	Paviršiui išdžiūvus, kraterius nušlifuoti. Bendrą paviršių nuvalyti ir pakartotinai dėti užpildą.
Vandens dėmės	Apvalios, išryškėjusios dėmės ant viršutinės lako dangos.	Lašų patekimas ant šviežiai dažyto ir iki galo nesukietėjusio paviršiaus, dažniausiai ant horizontalių paviršių.	Išlaikyti džiūvimo laiką, nurodytą instrukcijoje.	Esant lengviems pažeidimams, atsargiai nušlifuoti ir nupoliruoti šlifavimo popieriumi P 1000. Esant stipriems pažeidimams, panaikinti blizgesį, nuvalyti su priemone, skirta silikono valymui, ir perdažyti.
Apelsino žievelės efektas	Paviršiaus struktūra primena apelsino žievelę.	Per didelis dažų klampumas. Greitai veikiančio skiediklio panaudojimas. Aukšta temperatūra dažymo kameroje. Didelis atstumas tarp pulverizatoriaus ir dažomo objekto, nepakankamas medžiagos kiekio užpūtimas.	Dažymo kameroje dažant temperatūra turi būti +22°C. Skiediklį naudoti atsižvelgiant į instrukciją. Dažų klampumą matuoti su viskozimetru pagal instrukcijoje nurodytus DIN standartus. Laikytis 20 cm atstumo tarp dažomo objekto ir pulverizatoriaus.	Paviršių nušlifuoti, nuvalyti silikono valikliu ir perdažyti.
Dėmių susidarymas	Atskiros dėmės ant dažų paviršiaus.	Agresyvios substancijos poveikis, pvz., netoliese esančių cemento gamyklų dulkiniai dariniai, aukštos koncentracijos valymo priemonių naudojimas, paukščių ekskrementai ir t. t.	Reguliarus oro padavimo linijų techninis aptarnavimas. Reguliarus filtro elemento pakeitimas.	Dėmes nupoliruoti, jeigu tai nepadės – paviršių nušlifuoti, nuvalyti silikono valikliu ir perdažyti. Nuvalyti seną lako dangą ir perlakuoti.
Vandens pūslės	Vidutinio dydžio, pusiau sprogusios pūslės ant dažyto paviršiaus.	Vandens nuovarovos kampuose, kantuose, įdubimuose, nenuvalyta nuo kondensato oro srovė.	Po šlifavimo kruopščiai apipūsti oro srove kampus, briaunas ir įdubimus, pagal galimybes nuimti	Pažeistą paviršių nušlifuoti ir nupoliruoti. Jeigu tai neduos teigiamo rezultato, pažeistą paviršių

AUTOMOBILIŲ REMONTO TECHNOLOGIJOS

Dažymo brokas	Požymiai	Priežastys	Perspėjimai	Panaikinimas
			visas nuimamas detales. Reguliariai tikrinti tepalo ir vandens filtrus.	nušlifuoti, nuvalyti silikono valikliu, ir perdažyti.
Poliesterinių medžiagų suaižėjimas	Sutrūkinėjusios vietos poliesteriniam glaiste.	Paviršius nebuvo kruopščiai paruoštas. Nesuderinamas poliesterinis glaistas. Klaida džiovinant spinduliais.	Kruopščiai nušlifuoti ir nuvalyti pagrindą. Taikyti poliesterinius glaistus atsižvelgiant į instrukciją. Taikomas glaistas gali būti nepritaikytas glaistymui ant cinkuoto paviršiaus. Džiovinant spinduliais, atkreipti dėmesį į naudojimo instrukciją.	Pažeistas vietas gerai nušlifuoti ir glaistyti iš naujo, naudojant tinkamas medžiagas.
Blogas dengiamumas	Nevienodas nudažyto paviršiaus tonas.	Esant trijų sluoksnių dažymo technologijai buvo naudojamas netinkamas užpildas. Nepakankamas dažomų sluoksnių skaičius.	Laikytis instrukcijoje nurodytų sluoksnių skaičiaus. Blogai besidengiančių spalvų tonų atveju naudoti atitinkantį toną užpildą. Dažyti ant neutralios spalvos užpildo.	Paviršių nušlifuoti, nuvalyti su silikono valikliu ir perdažyti
Kontūrai automobilio spalvoje	Išryškėja kraštai to ploto, kuris padengtas dažais.	Sena dažų danga kruopščiai nenuvalyta ir nenušlifauta. Užpildas buvo glaistomas ir purškiamas ant nepakankamai išdžiūvusios dažų dangos. Nesukietėjęs užpildas buvo šlifuojamas ir uždažomas. Nepakankamai išdžiūvęs užgruntuotas paviršius. Pagrindo medžiaga buvo pučiama per storu sluoksniu ir nepakankamai išdžiovinta.	Testu patikrinti pagrindą (kietas / minkštas). Glaistyti tik nušveistą ir nuvalytą metalą. Esant elastingam paviršiui, jo visą plotą padengti užpildu.	Po visiško išdžiūvimo atsargiai nušlifuoti dengiamąjį laką ir nupoliruoti, nuvalyti su priemone, skirta silikonui valyti, reikalui esant, apdirbti su 2K užpildu ir dar kartą perdažyti.

5.10.3. Apsauginės dažų dangos

Svarbu automobilių prižiūrėti ištisus metus – žiemą veikia sniegas, purvas, druskos, vasarą – ne mažiau kenkia ir ultravioletiniai spinduliai. Apsauginė danga apsaugo automobilių laką ne tik nuo nešvarumų, bet ir spalvos blukimo

Labiausiai paplitusi automobilių kėbului skirta danga yra sintetinis *skystas vaškas* – jį galima rasti beveik visose plovyklose (5.62 pav.). Šios priemonės pagrindinė funkcija – išblizginti kėbulą po plovimo. Taip pat pastebimas šio toks atsparumas vandeniui, kitaip vadinamas hidrofobiniu efektu.



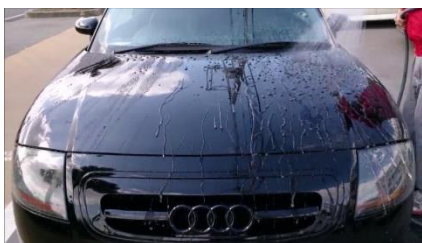
5.62 pav. Vaškuotas paviršius

Padengimas skystu vašku nereikalauja nei daug laiko, nei didelių investicijų, reikšmingo ir ilgalaikio poveikio galima tikėtis tik reguliariai naudojant šią priemonę.

Karnaubo poliruojamas vaškas automobiliui. Skirtas lakui ir dažų dangoms atnaujinti. Paviršius tampa atsparus vandeniui. Vaškas atstumia įvairius nešvarumus, apsaugo dažus nuo blukimo.

Karnaubo vaškas – natūralus polimeras, gaunamas iš palmės vaškinės kopernicijos (*Copernicia prunifera*) ir giminingų rūšių Brazilijoje. Blizgus, lengvai dengiamas, atsparus vandeniui, gerai maskuoja įbrėžimus, todėl dažnai naudojamas automobilių pramonėje. Šiltuoju laikotarpiu karnaubo vaško poveikis išlieka 3–4 mėnesius, o šaltuoju – kone perpus trumpiau, t. y. nesitęsia ilgiau nei 2.

Nanodangos (5.63 pav.), dar vadinamos polimerinėmis, išlieka kur kas ilgiau nei įprastos vaškavimo priemonės, spalva tampa intensyvesnė, įgyja blizgesį. Po padengimo nanodanga reikšmingai sustiprėja automobilio kėbulo hidrofobinės savybės, paryškėja spalva, tačiau nėra suteikiama apsaugos nuo mechaninio poveikio. Pagrindinis privalumas – poveikio laikas. Šios dangos išlieka veiksmingos iki vienerių metų.



5.63 pav. Nanodangos hidrofobinės savybės

Paskutiniu metu (nors technologijos sukurtos dar 1972 metais) paplitusi *skysta guma* (*Plasti Dip*) yra sintetinio kaučiuko pagrindu pagaminti dažai, kurie turi išskirtinių eksploatacinių savybių. Visų pirma, dažai puikiai padengtus paviršius izoliuoja nuo drėgmės ir kitokio aplinkos poveikio. Paviršiai tampa ne tokie slidūs. Pagrindiniai šių dažų komponentai naudojami gaminant gumines pirštines ir laistymo žarnas, o tai daug pasako apie jų patvarumą. Taip pat skystos gumos pagrindo dažais galima purkšti automobilio ratlankius, dalis ar visą kėbulą (5.64 pav.).



5.64 pav. Kėbulo dengimas skysta guma [65]

Ši danga, skirtingai nei įprasti dažai ar lipni plėvelė, ne prilimpa, o prisisiurbia prie paviršiaus. Ji „įsikimba“ džiūdama ir besitraukdama. Todėl dangą galima nulupti nepažeidžiant dažyto elemento paviršiaus. Tereikia atpjauti kampą susiformavusios plėvelės ir tempti. Šie dažai atsparūs UV spinduliams, neblunka, nekeičia spalvos. Jie apsaugo nudažytą paviršių ne tik nuo saulės ir temperatūros, bet ir nuo tiesioginių įbrėžimų ar skilimų. Tačiau gilus įbrėžimas ar įpjovimas gali paskatinti dažų atsilupimą [19].

Kitas dangų tipas yra silicio pagrindu sukurtos dangos, kitaip vadinamos *keraminėmis dangomis* (5.65 pav.). Jos pasižymi visomis savybėmis kaip ir nanodangos, tačiau pagrindinis pranašumas prieš jau apibūdintus produktus – sukuriama kelių mikronų apsauginis sluoksnis nuo mechaninių pažeidimų. Tad ant kėbulu atsiradus įbrėžimui, tikėtina, kad pažeista bus tik danga, o ne automobilio lakas. Dengiant kėbulą keramine dangą labai svarbu laikytis visų gamintojo rekomendacijų: kėbulas turi būti nupoliruotas, po padengimo automobilis kurį laiką turi būti saugomas nuo tiesioginių saulės spindulių, dangai reikia leisti visiškai išdžiūti. Kai kuriais atvejais šis procesas gali užtrukti net iki 48 valandų. Kokybiškos keraminės dangos efektas, jei padengimo procesai buvo vykdomi laikantis visų gamintojo reikalavimų, gali išlikti net iki 36 mėnesių.



5.65 pav. Automobilio dengimas keramine dangą

Siekiantiems neprikaištingos automobilio išvaizdos ir patikimos apsaugos nuo mechaninių pažeidimų, buvo sukurtos „Quartz“ tipo dangos. Padengus kėbulą unikalios formulės kvarco dangą, automobilis atrodo išpūdingiau nei ką tik išriedėjęs iš gamyklos. Be išvaizdos, svarbu ir tai, kad ši danga apsaugo nuo įbrėžimų ir aplinkos poveikių, atstumia vandenį, purvą, dulkes. Tai yra maksimali apsauga nuo daugelio veiksnių. Didžiausias dangos minusas – jos kaina. Iš esmės ši paslauga skirta prabangių automobilių, kuriuos svarbu ypač gerai apsaugoti, siekiant išlaikyti jų vertę, savininkams. Dangos poveikis gali trukti ilgiau nei trejus metus.

Vinilinės plėvelės (5.66 pav.) laikomos efektyvia apsaugine priemone. Jos priskiriamos dekoratyviniams elementams. Plėvelės gali būti įvairių tekstūrų ir spalvų, todėl laikomos ne tik apsauga, bet ir dekoracija. Tinkamai prižiūrint paviršius, dengtus plėvele, jie gali tarnauti ilgiau nei nanodangos. Plėvele dengiamas tik puikios kokybės paviršius. Plėvelės nepaslėps net menkiausio paviršiaus broko. Priklausomai nuo plėvelės gamybos tipo, jos storis būna nuo 35 iki 100 μm. Apklįjavimas yra pigesnis už dažymą, nes plėvelė apsaugo kėbulą nuo neigiamo aplinkos poveikio. Tačiau klijuojant visą automobilį, pigumas tampa abejotinas. Pagrindiniai vinilinių plėvelių trūkumai yra neilgaamžiškumas (1–3 metai – gali atsirasti spalvos pokytis, išblukimas) ir galimybė nuimant plėvelę pažeisti lako ar dažų dangą.



5.66 pav. Viniline plėvele dengiamas automobilis

Kita plėvelių rūšis yra skaidri apie 0,28 mm storio, *apsauginė plėvelė (angl. PPF)*, kuri padeda išvengti kėbulo apgadinimų riedant miško keliu ar nuo priekyje važiuojančių transporto priemonių pakeliamų akmenukų. Plėvelė apsaugo slenksčių, priekinio buferio ir gaubto dažus (5.67 pav.). Ši medžiaga yra termoplastinė uretano plėvelė, kuri lengvai formuojama ir net savaime atsikuria, todėl ji puikiai apsaugo automobilių dažus. Dar vienas privalumas yra tai, kad plėvelė apsaugo automobilį nuo saulės poveikio. Laikui bėgant saulės spinduliai gali sukelti automobilio dažų oksidaciją ir išblukimą, tačiau dažų apsauginė plėvelė veikia kaip apsauginis sluoksnis tarp saulės ir dažų, kad būtų išvengta bet kokio blukimo [20].



5.67 pav. PPF plėvelė dengiamas automobilis [66]

Uretano plėvelė yra atspari dideliems smūgiams ir korozijai, todėl puikiai apsaugo automobilį nuo rūgščių teršalų, rūgštaus lietaus, vabzdžių, mineralinių nuosėdų ir mechaninio kietų elementų (akmenukų) poveikio. Viršutinį plėvelės sluoksnį sudaro elastomeriniai polimerai, kurie po pažeidimo grįžta į savo natūralią formą, kad vėl galėtų sugerti pažeidimus ir apsaugotų automobilio paviršių.

Tačiau, kaip ir visos plėvelės, ši apsauginė plėvelė taip pat linkusi senti. Įvairūs gamintojai rekomenduoja tokią plėvelę eksploatuoti 5–10 metų. Ilgiau eksploatuojant tokią apsauginę dangą, ji gali pradėti keisti spalvą (geltonuoti), vėliau gali būti sunkiau nuplėšiama.

6. REMONTO DARBŲ KOKYBĖ

6.1. Produkcijos kokybė ir techninis lygis

Objekto charakteristikų visuma, leidžianti tenkinti nustatytus ir numanomus poreikius, vadinama kokybe (ISO 9000).

Automobilio kokybė apibūdinama dešimčia rodiklių grupių: paskirties, patikimumo, saugumo, technologiškumo, ergonomiškumo, estetikos, ekologijos, standartizacijos ir unifikacijos, patentinės teisės ir ekonomikos.

Svarbiausi suremontuotų automobilių kokybės rodikliai yra paskirties, patikimumo ir ekonominiai rodikliai.

Paskirties rodikliai apibūdina transporto priemonės gebėjimą atlikti tam tikras funkcijas (krovinių ir keleivių vežimo), dėl kurių ji buvo sukurta. Paskirties rodiklius apibūdina pačios svarbiausios ir reikalingiausios savybės (tonažas, talpa, judėjimo greitis ir kt.). Paskirties rodikliai įvertinami testuojant automobilio funkcionalumą prieš pradėdant jo gamybą.

Patikimumas – tai automobilio, dirbančio nustatytu režimu ir nustatytais darbo, techninių aptarnavimų, sandėliavimo ir transportavimo sąlygomis, savybė nustatytą laiką atlikti savo funkcijas, išlaikant nustatytas eksploatacines charakteristikas. Patikimumo rodikliai papildo paskirties rodiklius, užtikrina jų stabilumą normatyvinio išdirbio metu. Didelę įtaką automobilio patikimumui turi kokybės remontas. Automobilio patikimumo rodiklių įvertinimas įtrauktas į jo patikimumo bandymų programą.

Patikimumas yra kompleksinė automobilio savybė, įvertinama dalinių savybių: negendamumo, pataisomumo, ilgaamžiškumo, išsilaikymo rodikliais.

Savo ruožtu, pagrindinis sudedamųjų dalių rodiklis yra negendamumas. *Negendamumas* – tai automobilio gebėjimas nepertraukiamai tam tikrą laiką arba išdirbį išlaikyti savo darbingumą. Kiekybiškai jis nusakomas tikimybinėmis charakteristikomis ir tikimybiniais parametrais. Labai svarbu, kad šią patikimumo ypatybę turėtų valdymo sistemų elementai, stabdymo įtaisai ir kiti mechanizmai, kuriems sugedus gali įvykti avarija. Negendamumas gali būti išreikštas tikimybe, kad automobilis nesuges.

Gedimas apsakomas kaip automobilio perėjimas į nedarbingą būseną. Gedimo priežastis gali būti kritinė visuma susikaupusių pažeidimų automobilio elementuose. Gedimai gali pasireikšti kaip detalių deformacijos, detalių mechaninis suirimas ir korozija, nudilę detalių paviršiai, medžiagų senėjimas ir nuovargis ir kt.

Ilgaamžiškumas – tai automobilio ypatybė, esant tam tikrai techninio aptarnavimo ir remonto sistemai, būti darbingam iki ribinės būsenos. Automobilio ilgaamžiškumas traktuojamas kaip laiko tarpas ar išdirbis, kurio metu vertinamas jo negendamumas. Ilgaamžiškumo kriterijais laikomi tarnavimo laikas ir resursas. Tarnavimo laikas – kalendorinis laikas, kai automobilis eksploatuojamas iki jo ribinės būsenos, o resursas – išdirbis iki šios būsenos.

Detalių statinio atsparumo resursas paprastai būna didesnis nei jų atsparumo dilimui arba ciklinio stiprumo resursas, nepaisant to, kad išdilusių detalių masė tik 1–3 proc. yra mažesnė nei naujų detalių. Tokia situacija leidžia išnaudoti likutinį detalių ilgaamžiškumą jas atkuriant iki remontinių matmenų ir tinkamų eksploatacijai savybių.

Pataisomumas – tai tokia automobilio ypatybė, kai galima rasti gedimus, juos pašalinti ir nustatyti jų priežastis. Kiekybiškai pataisomumas nusakomas laiko arba lėšų sąnaudomis gedimams ieškoti, taisyti ir numatyti.

Išsilaikomumas – tai automobilio ypatybė išsaugoti negendamumo, ilgaamžiškumo ir pataisomumo leistinas reikšmes transportuojant ir laikant.

Ekonominiai rodikliai – tai santykinis efektas tarp automobilio naudojimo ir išlaidų jį kuriant bei eksploatuojant. Šis rodiklis skaičiuojamas galutinėje automobilio kokybės vertinimo stadijoje.

Kokybės lygis – tiriamojo automobilio kokybės rodiklių santykis su atitinkamais automobilio analogo rodikliais.

Automobilio techninis lygis. Šis rodiklis suprantamas kaip santykinė automobilio kokybės

charakteristika. Viena vertus, rodiklis išreiškiamas rodiklių reikšmėmis, parodančiomis jo techninį tobulumą, kita vertus, svarbios geriausio analogo tų pačių rodiklių reikšmės.

Techninis automobilio lygis yra individualus rodiklis, parodantis jo kokybės lygį. Savybė, nusakanti jo techninį lygį, įeina į savybių visumą. Į automobilio techninį tobulumą nusakančių rodiklių visumą įeina ir rodikliai, nulemiantys automobilio naudingo efekto padidėjimą dėl mokslinių ir techninių pasiekimų taikymo. Automobilis tobulėja panaudojant naujus konstrukcinius sprendimus, medžiagas, pažangius technologinius procesus, kontrolės metodus ir bandymus.

Techninį automobilio lygį galima pakelti remontuojant – modernizuojant, kai pakeičiamos tam tikros dalys pagamintomis modernesnėmis, taip pat panaudojant sustiprintas suremontuotas detales.

6.2. Kokybės rodikliai ir jų vertinimas

Suremontuoti automobiliai, mazgai ir junginiai, taip pat atkurtos detalės charakterizuojamos atskirais rodikliais (savybėmis), pasireiškiančiais juos naudojant (6.1 lent.). Šios savybės gali būti sudėtinės ir paprastos (nesidalijančios į kitas savybes). Rodiklių reikšmės nusako iš anksto numatytą gaminių poremtinį išdirbį. Juos reglamentuoja atitinkami kapitalinio remonto reikalavimai.

Pateiktų rodiklių reikšmės atnaujintiems (remontuotiems) gaminiams yra mažesnės nei gamintojų pagamintų gaminių reikšmės.

Atkurtų detalių (po remonto) normatyvinis išdirbis paprastai siekia apie 80 proc. naujų detalių išdirbio.

Atskiros savybės gali būti matuojamos ir išreiškiamos absoliučiais dydžiais. Kiekviena savybė taip pat gali būti išreikšta santykiniu rodikliu, kuris gaunamas lyginant absoliutaus rodiklio reikšmę su bazinio rodiklio reikšme, ir įtaka tarp kitų savybių. Kaip baziniai rodikliai gali būti imamos šakos hipotetinių arba geriausių pavyzdžių (analogų) charakteristikos.

Automobilio remonto kokybę vertinama vienetiniais, kompleksiniais ir integraliniais rodikliais. Vienetiniai rodikliai priskiriami vienai kuriai nors automobilio savybei, kompleksiniai – kelioms savybėms, o integraliniai apima visas automobilio savybes.

Integralinis rodiklis P_i parodo santykį tarp naudingo automobilio naudojimo efekto E ir suminių jo gamybos ir eksploatacijos išlaidų I :

$$P_i = \frac{E}{I} \quad (6.1)$$

6.1 lentelė. Kokybės rodikliai ir jų vertinimas [8]

Objektas	Atkuriamos savybės
Detalės	Paviršių švara Cheminė ir struktūrinė medžiagų sudėtis Paviršiaus atsparumas dilimui Statiškai apkraunamų elementų atsparumas Nuovarginis (ciklinis) stiprumas Sienelių hermetiškumas Elementų tarpusavio padėtis ir forma Linijiniai ir kampiniai matmenys Darbinių paviršių glotnumas Masės pasiskirstymas sukimosi ir inercijos ašių atžvilgiu Atsparumas korozijai
Junginiai	Baigiamieji matmenys Masės pasiskirstymas sukimosi ir inercijos ašių atžvilgiu Sujungimų jėgos ir momentai
Mazgai	Baigiamieji matmenys Sujungimų jėgos ir momentai Sujungimų hermetiškumas Atsparumas korozijai

Objektas	Atkuriamos savybės
	Besitrinančių paviršių prisidirbimas Triukšmas darbo metu Korpusinių detalių sienelių temperatūra Skysčių sąnaudos ir slėgis Procesų rodikliai (greitis, poslinkis, pagreitis, laikas ir kt.) Velenų momentai Kenksmingų medžiagų išskyrimas
Automobilis	Santykinė detalių padėtis Surinkimo jėgos ir momentai Lakštinių detalių atsparumas korozijai Lakuotų paviršių storis, sudėtis, atsparumas ir glotnumas Traukos savybės Kuro ekonomiškumas Dinaminės savybės Eigos tolygumas Valdymas

Autoremontuotojui duomenų apie savo remonto darbų kokybę gali gauti iš šių šaltinių:

- gaminių operacinės kontrolės duomenų;
- automobilių ar agregatų testavimo metu atsiradusių defektų registracijos;
- defektų, atsiradusių garantiniu laikotarpiu, sąrašo;
- įmonių, kuriose naudojami suremontuoti automobiliai ir registruojami gedimai, duomenų;
- į kapitalinį remontą atvartų automobilių duomenų apie išdirbį ir mazgų būklę;
- duomenų apie poremtiną išdirbį automobilių, kurie skirti nurašyti.

Operacinės kontrolės metu dažniausiai nustatomi geometrinių rodiklių nukrypimai nuo jų normatyvinių reikšmių; priėmimo – atidavimo bandymų metu – vandens ir tepalų pratekėjimas, per maži funkciniai rodikliai rodmenys; garantiniu eksploatacijos laikotarpiu – detalių išdilimai ir lūžiai.

6.3. Priemonės, užtikrinančios automobilio kokybę

Paprastai lengvojo automobilio variklio normatyvinis išdirbis po remonto tesiekia 40–60 proc., o krovininio – 30–40 proc. Tuo tarpu remonto kaina sudaro 60–90 proc. naujo variklio kainos. Suremontuotų mazgų ilgaamžiškumas gali siekti tik nedidelę dalį rodiklio, kuris neperžengia normatyvo ribų.

Remontuojant variklį normatyvų ribas atitinka tik iki pusės rodiklių. Daugiausiai rodiklių reikšmių atitinka remontuojant paskirstymo velenus, stūmoklius ir švaistiklius. Variklių cilindru blokuose atitinka apie 50 proc. rodiklių, cilindru gilzių – 66 proc., cilindru galvučių – 25 proc., stūmokliu pirštų ir stūmikliu po 50 proc., alkūniniu velenu – 30 proc., vožtuvu – 66 proc., smagračiu – 20 proc. Ganėtinau tiksliai atkuriami matmenys, forma ir paviršių glotnumas apdirbant velenų kakliukus. Tačiau skylės apdirbamos tik pasiekiant 56 proc. normatyvinio tikslumo. Dalis detalių geometrinių rodiklių, kuriuos galima atkurti remonto metu ir kurie turi įtakos mazgo išdirbiui po remonto, liko visai neįvertinti normatyvinių dokumentu sudarytoju. Liekamasis paviršiaus užterštumas viršija leistiną penkis ir daugiau kartų. Neišlaikomi normatyviniai tarpeliu matmenys tarp alkūninio ir skirstomųjų velenų krumpliaračiu; cilindro gilzės ilgio ir cilindru bloko aukščio; stūmokliu žiedu sandūros šiluminio tarpelio; skylės ir stūmikliu; skylės ir vožtuvo koto. Srieginiu sujungimu užveržimo momentas paprastai būna atitinka normatyvo ribas tik 30–70 proc. sujungimu. Užveržimo momentas paprastai nekontroliuojamas.

Funkcinės reikšmės (paskirties rodikliai), suremontuotų mazgų slėgis, skysčių sąnaudos, galingumas, greitis ir kt. atitinka normas. Tačiau jų savybiu blogėjimo eksploatacijos tempas yra greitesnis nei naujuose mazguose.

Normatyvinį išdirbį pasiekia tik tie suremontuoti mazgai, kuriu visų parametru reikšmės atitinka normas. Tai galima pasiekti tik tuo atveju, jei remonto įmonėje yra pakankamai reikalingo tikslumo įrangos.

Detalių paviršiaus švarumas pasiekiamas nuvalant eksploatacinius ir technologinius nešvarumus, atsižvelgiant į jų savybių įvairovę. Mažiausios medžiagų ir energijos sąnaudos pasiekiamos naudojant sisteminę įrangą su nepertraukiamu valymo skysčio filtravimu. Joje detalės panardinamos. Taip išoriniai ir vidiniai detalių paviršiai nuvalomi nuo tepalų, dervų ir smalų. Taip pat ekonomišką būdą nuvalyti detalių priedegas yra smūginio su dispergentu tipo įranga. Tepimo sistemos kanalams valyti ir hermetiškumui tikrinti remontuojant reikėtų naudoti efektyvias priemones.

Likutinė detalių ilgaamžiškumo atsarga, reikalinga jų pakartotinam panaudojimui, nustatoma šių detalių techninės būklės įvertinimo metu. Neturint ar turint nepakankamai tikslias priemones šiam rodikliui nustatyti, gali būti, kad remontuoti nukreipiamos detalės, neturinčios pakankamo likutinio ilgaamžiškumo. Dėl to padidėja detalių, kurios eksploatacijos metu gali sulūžti, skaičius. Svarbus kontrolės ir skirstymo įrangos techninis lygis. Žemas lygis neužtikrina sienelių ir sujungimų pratekėjimo nustatymo, paviršiaus nuovargio plyšių aptikimo, velenų kakliukų ir švaistiklio tipo detalių įtrūkimų nustatymo. Vadinasi, neužtikrinama objektyvi kontrolė. Ypatingai aktualu turėti modernią įrangą norint nustatyti pavojingus nuovargio plyšius alkūninių velenų, pagamintų iš ketaus, kakliukuose.

Restauruojant detales jas padengiant danga, gaunamas geras atsparumas dilimui. Be to, detalės gauna mažiau šilumos, mažiau teršiama aplinka.

Detalių besitrinančių paviršių atsparumas dilimui ir nuovarginis atsparumas priklauso nuo medžiagos cheminės sudėties ir jos struktūros. Toms pačioms detalėms rekomenduojama daug įvairių būdų remontiniams ruošiniams pagaminti, kita vertus, kiekvienam būdai skiriama nepagrįstai didelė detalių įvairovė. Rekomendacijos taikyti įvairius atnaujinimo būdus nesiderina su gamybos apimtimi. Prasta atnaujinamų paviršių kokybė gali būti susijusi su remonto technologinio proceso realių ir skaičiuotųjų režimų parametrų neatitikimu. Tai gali nutikti, kai įmonė neturi arba turi labai netikslius režimų kontrolės prietaisus, neturi remonto procesams tinkamos įrangos.

Didelė remonto darbų apimtis susijusi su skylių remontu. Dažniausia skylių paviršius turi būti apdirbtas iki 6 tikslumo kвалiteto ir pasiekti $Ra = 0,32 \mu m$ glotnumą. Be to, korpusinėse detalėse skylių paviršiai pritaikomi kaip tarpusavyje jungiamų detalių kreipiantieji elementai. Įvairių detalių paviršių padėtis nulemia linijinių ir kampinių uždarančiųjų matmenų dydį, o tai sukelia paskaičiuotų tepimo režimų iškraipymų, padidina sujungimų apkrovas ir pan. Šie reiškiniai sumažina atnaujintų mazgų išdirbį, taip pat padidina kuro ir tepalo sąnaudas.

Suremontuotų mazgų išdirbį sumažina statinis ir dinaminis atnaujintų besisukančių detalių neišbalansavimas. Remontuojant mazgus, būtina išbalansuoti ne tik jų velenus, bet ir junginius, visą surinktą mazgą.

Nepakankamas baigiamojo (uždarančiojo) matmens tikslumas, esant grupiniam surinkimui, gali atsirasti neturint pakankamai tikslių matavimo priemonių. Ypač sunku pasiekti tikslų baigiamąjį matmenį, kai jis gaunamas pasitelkus kompensatoriuss.

INFORMACINIAI ŠALTINIAI

1. Jonušas R., Kalpokas J., Lazaravičius P. Remonto technologija. Kaunas: Technologija. 2001, 257 p.
2. Jankauskas V., Padgurskas J., Rukuiža R. Mašinų gamybos ir remonto technologijos. Laboratoriniai darbai. 2 dalis Metodinė priemonė laboratoriniams darbams atlikti. Kaunas: Akademija. 2006, 111 p.
3. Šniuolis R. Medžiagų inžinerija. Vilnius: BMK leidykla. 2014, 194 p.
4. Rudzinskas V., Černašėjus O. Aviacinės medžiagos. Vilnius: „Technika“. 2012, 108 p.
5. Valiulis A. Naujos medžiagos. Vilnius: Technika. 2005, 279 p.
6. Rukuiža R. Tribotechnika: detalių dilimas. Akademija: LŽŪU Leidybos centras. 2008, 42 p.
7. Ярошевич В. К., Савич А. С., Иванов В. П. Технология производства и ремонта автомобилей. Минск: Адукацыя і выхаванне. 2008., 641с.
8. Иванов В. П., Ярошевич В. К., Савич А. С. Ремонт автомобилей: учебное пособие – Минск: Выш. шк. 2009, 383 с.
9. Коробейник А. В. Ремонт автомобилей. Теоретический курс. Ростов-на-Дону: Феникс. 2004, 84 с.
10. Toira. Prieiga per internetą 2020-09-14: <<https://toira.ru>>.
11. Motoplast. Prieiga per internetą 2021-01-14: <<http://motoplast.lt>>.
12. Extxe. Prieiga per internetą 2020-10-20: <<https://extxe.com>>.
13. Loctite24. Prieiga per internetą 2020-11-11: <<https://loctite24.ru>>.
14. Avcd. Prieiga per internetą 2021-01-05: <<http://www.avcd.ru>>.
15. Refleader. Prieiga per internetą 2020-11-11: <<http://refleader.ru>>.
16. Autoreviu. Prieiga per internetą 2021-02-11: <<https://www.autoreviu.lt>>.
17. Resmila. Prieiga per internetą 2021-02-11: <<https://www.resmila.lt>>.
18. Automedia. Prieiga per internetą 2021-02-01: <<https://www.automedia.lt>>.
19. Plastidipas. Prieiga per internetą 2021-02-12: <<http://plastidipas.lt>>.
20. Ceramicpro. Prieiga per internetą 2021-02-11: <<https://ceramicpro.com>>.
21. Carguys. J. Prieiga per internetą 2021-01-28: <<https://www.carguys.in>>.
22. Manidomu. Prieiga per internetą 2021-02-12: <<http://www.manidomu.lt>>.
23. Tesla. Prieiga per internetą 2021-01-10: <<https://www.tesla.com>>.
24. Audi. Prieiga per internetą 2021-01-10: <<https://www.audi.com>>.
25. Westportcorp. Prieiga per internetą 2020-11-10: <<https://westportcorp.com>>.
26. Durofix. Prieiga per internetą 2021-02-26: <<https://www.durofix.com>>.
27. Corrosion-doctors. Prieiga per internetą 2021-02-26: <<https://corrosion-doctors.org>>.
28. Balancetechnology. Prieiga per internetą 2020-10-26: <<https://balancetechnology.com>>.
29. Bellwoodrewinds Prieiga per internetą 2020-10-26: <<https://www.bellwoodrewinds.co.uk>>.
30. Vibroservisas. Prieiga per internetą 2021-02-26: <<http://vibroservisas.lt>>.
31. Suvirinimas. Prieiga per internetą 2021-02-26: <<https://www.suvirinimas.lt>>.
32. Theprocesspiping. Prieiga per internetą 2021-02-26: <<https://www.theprocesspiping.com>>.
33. Mtfca. Prieiga per internetą 2021-02-26: <<http://www.mtfca.com>>.
34. Libraryno. Prieiga per internetą 2021-01-20: <<https://libraryno.ru>>.
35. Znatock. Prieiga per internetą 2021-01-20: <<https://znatock.org>>.
36. Obzh. Prieiga per internetą 2020-10-12: <<http://www.obzh.ru>>.
37. Studizba. Prieiga per internetą 2020-10-12: <<https://studizba.com>>.
38. Omegasonics. Prieiga per internetą 2020-10-12: <<https://www.omegasonics.com>>.
39. Blackbirdts. Prieiga per internetą 2020-10-12: <<https://blackbirdts.com>>.
40. Lunatools. Prieiga per internetą 2020-10-14: <<https://www.lunatools.lt>>.

41. Ofertaviva. Prieiga per internetą 2020-10-14: <<https://www.ofertaviva.com.br>>.
42. Metalartspress. Prieiga per internetą 2020-10-14: <<https://www.metalartspress.com>>.
43. Detercoonline. Prieiga per internetą 2020-10-14 : <<https://www.detercoonline.com>>.
44. Westportcorp. Prieiga per internetą 2020-10-14: <<https://westportcorp.com>>.
45. Tec-science. Prieiga per internetą 2021-01-11: <<https://www.tec-science.com>>.
46. Orangecoasttesting. [Prieiga per internetą 2021-01-11:
<<https://www.orangecoasttesting.com>>.
47. Twi-global. Prieiga per internetą 2020-10-12: <<https://www.twi-global.com>>.
48. Gfycat. Prieiga per internetą 2021-01-11: <<https://gfycat.com>>.
49. Wermac. Prieiga per internetą 2021-01-11]: <<http://www.wermac.org>>.
50. Mendelu. Prieiga per internetą 2021-01-11: <<http://web2.mendelu.cz>>.
51. Theconstructor. Prieiga per internetą 2021-01-11: <<https://theconstructor.org>>.
52. Researchgate. Prieiga per internetą 2021-02-11: <www.researchgate.net>.
53. Infratec. Prieiga per internetą 2021-02-11: <<https://www.infratec.eu>>.
54. Ringfeder. Prieiga per internetą 2021-02-11: <<https://blog.ringfeder.com>>.
55. Vrd. Prieiga per internetą 2021-01-11: <<http://www.vrd.lt>>.
56. Mdpi. Prieiga per internetą 2021-02-22: <<https://www.mdpi.com>>.
57. Osvarke. Prieiga per internetą 2021-02-22: <<http://osvarke.net>>.
58. Core. Prieiga per internetą 2021-02-22: <<https://core.ac.uk>>.
59. Indura. Prieiga per internetą 2021-01-22: <<http://www.indura.cl>>.
60. Amphardchrome. Prieiga per internetą 2021-01-22 :
<<http://www.amphardchrome.co.uk>>.
61. Emkostiplastikov. Prieiga per internetą 2020-12-11: <<https://emkostiplastikov.ru>>.
62. Environmentalautoservices. Prieiga per internetą 2020-12-14:
<<https://www.environmentalautoservices.com>>.
63. Color-centr. Prieiga per internetą 2020-12-14: <<https://color-centr.ru>>.
64. Usiitalia. Prieiga per internetą 2021-01-24: <<https://www.usiitalia.com>>.
65. Streetracing. Prieiga per internetą 2021-01-24: <<http://streetracing.ru>>.
66. Wrappedonvinyl. Prieiga per internetą 2021-01-24:
<<http://www.wrappedonvinyl.com.au>>.
67. Metallisation. Prieiga per internetą 2021-03-24: <<https://www.metallisation.com>>.
68. Autoconsulting. Prieiga per internetą 2021-04-30: <
<http://autoconsulting.ua/article.php?sid=20900>>.

PRIEDAI

P1 lentelė. Kai kurių *Loctite* ir *Weicon* produktų techniniai duomenys [2]

Gaminys <i>Loctite</i> / <i>Weicon</i> markė	Vidutinis klam- pumas esant 25°C (mP s)	Tarpas (D ₁ - D)/2 mm		Srie- giniams sujungi- mams, kai skersmuo ne didesnis	Statinis kirpimo stiprumas išstumiant suleistas dalis (N/mm ²)	Srieginio sujungimo atplėšimo momentas (N m)	Didžiausi as sriegio trinties momentas (N m)	Stiprumas N/mm ²		Pirminio sutvirtėjimo laikas min			Galutinis sutvirtėji mo- laikas h
		Reko- men- duoj.	Didžia- usias					Kerpant	Tempiant	Jungiant plieną su plienu (20°C)	Pasyviosios medžiagos		
											su aktyvikliu T	su aktyvikliu N	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sriegių fiksatoriai													
„221“ / „AN 302-21“	125		0,10	M 12	3–10	9–21	9–21			60	40	5	12
222“ / „AN 302-22“	140		0,20	M 36	3–9	6–20	8–20			25	55	20	12
241“ / „AN 302-41“	125		0,10	M 12	6–14	13–33	13–33			30	35	3	12
243“ / „AN 302-43“	300		0,25	M 36	6–14	14–34	14–34			15	120	30	12
245“ / „AN 302-45“	800			M 80	6–14	13–33	13–33			50	30	5	24
262“ / „AN 302-62“	240		0,25	M 36	9–12	25–50	25–55			30	60	3	12
271“ / „AN 302-71“	500	0,05	0,15	M 20	15–20	25–54	45–70			20	60	3	12
290“ / „AN 302-90“	12		0,07	M 12	6–20	15–45	25–55			30	20	10	12
Klijavimas, užliejimas													
„302“	100	0,05	2,00					Metalas- plastikas	5–15	UVŠ–10 s			po UVŠ
„322“	4500	0,05	0,5					Plastikas- stiklas	4–11	UVŠ–10 s			po UVŠ
„326“	14000	0,10	0,2		10–20			Metalas- keramika	15–25			N-10	24
„330“	52000	0,05	0,60						12–22	736–10			12
„350“	4500	0,05	0,50					Metalas- stiklas- keramika	6–15	UVŠ–30 s			po UVŠ
„363“	300	0,05	0,30					Plastikas- plastikas	3–12	UVŠ–30 s			po UVŠ

AUTOMOBILIŲ REMONTO TECHNOLOGIJOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
Ciano akriliniai klijai																	
„401“ / „VA 100“	110	0,05	0,10	Sujungia dėl kontakto su ore esančiais drėgnais jonais. Rekomenduojama santykinė drėgmė 40–60 proc.				18–26	12–25	Iki 20 s				12			
„406“ / „VA 8312“	20	0,05	0,10					18–26	12–25	Iki 20 s							12
„420“ / „VA 20“	3	0,05	0,05					15–26	12–25	Iki 30 s							12
„454“ / „GEL“	želė	0,10	0,20					18–26	12–25	Iki 20 s							12
„460“ / „VA 1460“	40	0,05	0,10					14–22	10–25	Iki 70 s							12
„480“ / „VA250 Black“	350	0,05	0,10					22–30	12–25	Iki 120 s							24
„496“ / „VM 120“	110	0,05	0,10					20–30	12–25	Iki 40 s							12
Plokštumų sandarikliai																	
„510“ / „AN 305-10“	12000	0,05	0,50					5–15	4–14	120	60	20	24				
„518“ / „AN 305-18“	40000	0,05	0,50					5–13	4–14	40	45	30	12				
„542“ / „AN 305-42“	150		0,15	R3/4"	7–16	15–35	15–35			30	60	20	12				
„572“ / „AN 305-72“	6000	0,05	0,40	R3"	2–8	12–28	12–28			16 val.	120	40	72				
„573“ / „AN 305-73“	6000	0,05	0,30					3–8	2–8	20 val.	180	45	72				
„574“ / „AN 305-74“	7500	0,05	0,50					5–12	2–8	30	20	10	12				
„577“ / „AN 305-77“	6000		0,50	R3"	5–13	9–25				30	6 val	20	12				
Tvirtikliai (klijai)																	
„603“	125	0,05	0,10	M 12	16–25	40–60	40–60			30	10	8	12				
„603“ / „AN 306-03“	1200	0,05	0,20	R2"	20–35	20–45	20–45			120	12 val.	15	24				
„638“ / „AN 306-38“	2200	0,05	0,20	R1/4"	20–35	35–60	35–60			25	10	7	12				
„641“ / „AN 306-41“	150	0,05	0,12	M 20	7–16	15–35	15–35			40	40	20	12				
„648“ / „AN 306-48“	400	0,05	0,15	M 20	16–30	30–55	40–60			10	30	5	12				
„660“	pastą	0,07	0,25		16–26					25	30	15	12				

P2 lentelė. WEICON gaminių – anaerobinių medžiagų paskirtis ir pagrindinės savybės [2]

Markė	Panaudojimas, svarbiausios savybės
<i>Varžtus fiksuojančios medžiagos</i>	
„AN302-21“	<i>Apsauga nuo vibracijų. Maža klampa ir stiprumas, lengvai išardoma.</i>
„AN302-22“	<i>Apsauga nuo vibracijų. Vidutinė klampa. Mažas stiprumas, lengvai išardoma.</i>
„AN302-41“	<i>Maža klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma.</i>
„AN302-42“	<i>Vidutinė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma.</i>
„AN302-43“	<i>Universalus. Didelė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma. Patikrintas KTW.</i>
„AN302-62“	<i>Didelė klampa. Stiprus, sunkiai išardoma.</i>
„AN302-90“	<i>Kapiliarinis. Papildoma apsauga ir sandarinimas nuo mikroįtrūkimų. Labia maža klampa. Labai stiprus, sunkiai išardoma.</i>
<i>Smeigių ir varžtų fiksatoriai</i>	
„AN302-70, AN302-71“	<i>Skečiamųjų, inkarinių. Vidutinė klampa. Labai stiprus, sunkiai išardoma.</i>
„AN302-72“	<i>Skečiamųjų, inkarinių. Didelė klampa. Atsparus aukštai temperatūrai. Labai stiprus, sunkiai išardoma.</i>
<i>Varžtų ir vamzdžių sriegių sandariklis</i>	
„AN302-25“	<i>Šiurkščių sriegių vibracinis fiksatorius. Didelė klampa. Mažas stiprumas, lengvai išardoma.</i>
„AN302-45“	<i>Šiurkštiems sriegiams. Didelė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma.</i>
„AN302-75“	<i>Stambiems sriegiams ir jungėms. Didelė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma.</i>
„AN302-77“	<i>Sandariklis sriegiams ir jungėms. Didelė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma.</i>
„AN305-11“	<i>Didelė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma. Patikrinta DVGW² / KTW.</i>
„AN305-42“	<i>Universalus hidraulinių ir pneumatinių sistemų sandariklis. Vidutinė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma.</i>
„AN305-72“	<i>Momentinis vamzdžių ir plokštumų (su PTFE) sandariklis. Didelė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma. Patikrinta DVGW² / KTW.</i>
„AN305-77“	<i>Universalus sandariklis. Didelė klampa. Didelis stiprumas, normaliai išardoma. Patikrinta BAM³–deguonies dujoms.</i>
„AN305-86“	<i>Vamzdžių sandariklis. Didelė klampa. Ypač stiprus. Sunkiai išardoma.</i>
<i>Cilindrinių sujungimų tvirtikliai</i>	
„AN306-01“	<i>Guoliams, velenams, įvorėms tvirtinti kiaurymėse. Maža klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma.</i>
„AN306-03“	<i>Guoliams, velenams, įvorėms tvirtinti kiaurymėse. Maža klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Nebūtinas kruopštus nuvalymas.</i>
„AN306-20“	<i>Guoliams, įvorėms, ašims tvirtinti kiaurymėse. Didelė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Atsparus aukštai temperatūrai. Patikrinta DVGW² / KTW¹.</i>
„AN306-38“	<i>Guoliams, krumpliaračiams ir ašims esant didelėms dinaminėms apkrovoms tvirtinti. Vidutinė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Greitai kietėja.</i>
„AN306-40“	<i>Guoliams, įvorėms, ašims tvirtinti kiaurymėse. Vidutinė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Atsparus aukštai temperatūrai. Lėtai kietėja.</i>
„AN306-41“	<i>Guoliams, velenams, įvorėms tvirtinti kiaurymėse). Vidutinė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma.</i>
„AN306-48“	<i>Guoliams, įvorėms, ašims tvirtinti kiaurymėse. Vidutinė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Atsparus aukštai temperatūrai.</i>
<i>Plokštumų sandarikliai</i>	
„AN305-10“	<i>Reduktorių, pavarų dėžių, variklių plokščiems sujungimams. Didelė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Atsparus aukštai temperatūrai.</i>
„AN305-18“	<i>Momentinis, esant dideliems plyšiams. Didelė klampa. Didelis stiprumas, sunkiai išardoma. Atsparus aukštai temperatūrai. Greitai kietėja.</i>
„AN305-72“	<i>Vamzdžių ir plokštumų (su PTFE) momentinis sandariklis. Didelė klampa. Vidutinis stiprumas, normaliai išardoma. Patikrintas DVGW² / KTW.</i>

¹ KTW bandymas (vandens technologijų centras [TZW] Karlsruhe, bandymų vandeniui laboratorija).

² DVGW sertifikavimas (Vokietijos dujų ir vandens mokslų asociacija).

³ BAM leidimas (valstybinė medžiagų tyrimo ir bandymo įstaiga) BAM Nr. 4045/96–II 2402, leidžiamas dujiniam deguoniui iki +60 °C darbo temperatūros ir 10 barų deguonies slėgiui.

Vario ir jo lydinių sujungimuose, kurie sąveikauja su daugiau nei +40 C temperatūros vandeniu, nepartartina ilgai naudoti sandariklį „Weiconlock“.

Visi pateikiami duomenys pagrįsti laboratoriniais tyrimais ir / arba daugkartine klientų patirtimi. Bandymai buvo atlikti tiksliai, tačiau jais negalima remtis teisinėms pretenzijoms kelti.

Artūras Sabaliauskas

**AUTOMOBILIŲ REMONTO
TECHNOLOGIJOS**
Metodinė priemonė

Recenzantai:

Vaidas Stasiukynas (UAB „Radviliškio autocentras“)
Saulius Palepšaitis (Šiaulių valstybinė kolegija)

Kalbos redaktorė Silvija Papaurėlytė-Klovienė

2021-06-23. 8,67 leidyb. apsk. l.
Išleido Šiaulių valstybinė kolegija
Aušros al. 40, Šiauliai
El. p. rinkodara@svako.lt
<https://www.svako.lt/lt>