



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Tadas Savickas

**AZOTAVIMO ĮTAKOS KARŠTOJO ŠTAMPAVIMO ŠTAMPŲ
ĮDĖKLŲ EKSPLOATAVIMO LAIKUI TYRIMAS**

Magistro baigiamasis projektas

Vadovas
Doc. dr. Lina Kavaliauskienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

**AZOTAVIMO ĮTAKOS KARŠTOJO ŠTAMPAVIMO
ŠTAMPŲ ĮDĖKLŲ EKSPLOATAVIMO LAIKUI TYRIMAS**

Magistro baigiamasis projektas
Gamybos inžinerija (kodas 621H70004)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Lina Kavaliauskienė
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Sigitas Kilikevičius
(data)

Projektą atliko

(parašas) Tadas Savickas
(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos ir dizaino

(Fakultetas)

Tadas Savickas

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija, (621H70004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. sausio 4 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Tado Savicko**, baigiamasis projektas tema „AZOTAVIMO ĮTAKOS KARŠTOJO ŠTAMPAVIMO ŠTAMPŲ ĮDĖKLŲ EKSPLOATAVIMO LAIKUI TYRIMAS“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Savickas, T. Azotavimo įtakos karštojo šampavimo šampų įdėklų eksploatavimo laikui tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Lina kavaliauskienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2016. 50 psl.

SANTRAUKA

Šiame darbe tyrinėjama azotavimo įtaka karštojo šampavimo šampo įdėklų eksploatavimo laikui. Pirmoje dalyje nuosekliai aprašoma metalų apdirbimas spaudimu ir galimi jų terminio bei termocheminio gerinimo būdai. Ypač pabrėžiama šampavimas alkūniniais karštojo šampavimo presais uždaruose šampuose ir azotavimo proceso ypatumai. Antroje dalyje pateikiama tiriama krumpliaračio ruošinio gamybos technologija, tiriamojo įdėklo terminiai ir termocheminiai procesai, bei tyrimui atlikti naudojami metodai. Atlikti, termiškai gerintų ir azotintų įdėklų, prieš ir po karštojo šampavimo metalografiniai ir mechaninių savybių tyrimai. Mikrokietumas ir mikrostruktūros tiriamos įdėklo formuojančiame paviršiuje diaugiausiai įsigilinant iki 0,5mm. Trečioje dalyje grafiškai pateikiami visi ištirti įdėklų mikrokietumo ir mikrostruktūros rezultatai. Įdėklų eksploatavimo laikas nagrinėjamas palyginant grūdintus įdėklus su azotintais. Įdėklų eksploatavimo laikas išreiškiamas pagamintų detalių skaičiumi.

Dėl didesnio paviršinio kietumo su azotintais įdėklais buvo pagaminta 25-30% daugiau detalių nei su grūdintais. Tyrimas parodė, kad azotinant įdėklus galima didinti gamybos efektyvumą.

Savickas, T. Research of nitriding influence on of hot forging dies life time. Master final project / supervisor Assoc. Doc. Dr. Lina Kavaliauskienė; Kaunas University of Technology, Faculty of mechanical engineering and design, department of manufacturing engineering.

Kaunas, 2016. 50 psl.

SUMMARY

This thesis investigates nitriding influence on hot forged hot forging die inserts operation lifetime. The first part of thesis consistently describes pressure metalworking and other possible thermal and thermochemical material improvement methods. In particular forging with crank hot stamp presses in closed dies also nitriding process features. Second part of thesis examines cog wheel workpiece manufacturing technology, investigation methods used also thermal and thermochemical processes on inserts were examined. Research was made on thermally improved and nitrided inserts, before and after hot forging also research of metallographic and mechanical properties. Microhardness and microstructure investigated on the inserts forming surface up to 0,5 mm deep. Third part provides researched inserts microhardness and microstructure results graphically. Inserts operation lifetime examined by comparing tempered inserts with nitrided inserts. Inserts lifetime expressed in the number of parts produced.

Due to higher surface hardness of nitrided inserts 25 - 30 % more parts was made compared to tempered ones. Study showed that by using nitriding technology on inserts you can improve production efficiency.

Turinys

Įvadas.....	8
1 TEORIJS APŽVALGA	10
1.1 Metalų apdirbimas spaudimu	10
1.1.1 Metalų plastiškumas ir atsparumas deformavimui	10
1.1.2 Apdirbimo spaudimu įtaka metalų struktūrai ir savybėms	11
1.1.3 Pagrindiniai ruošinių kaitinimo įrengimai	12
1.1.4 Kalimas	13
1.1.5 Šaltasis šampavimas	13
1.1.6 Karštasis šampavimas.....	14
1.1.7 Šampavimas alkūniniais karštojo šampavimo presais.....	17
1.1.8 Alkūninių presų šampai ir šampavimo technologija	19
1.1.9 Karštojo šampavimo kaltinių išbaigimo operacijos.....	21
1.1.10 Saugus darbas ir gamtosauga apdorojant metalus spaudimo būdu.....	23
1.2 Terminis apdorojimas.....	24
1.2.1 Grūdinimas	25
1.2.2 Užgrūdinamumas	25
1.2.3 Įgrūdinamumas	25
1.2.4 Atleidimas.....	26
1.3 Termocheminis apdirbimas	26
1.3.1 Azotinimas.....	27
1.3.2 Nitrocementavimas	27
1.3.3 Cianavimas	27
1.3.4 Alitavimas.....	28
1.3.5 Chrominimas.....	28
1.3.6 Borinimas.....	28
1.3.7 Sulfidinimas.....	28
2 TIRIAMOJI DALIS.....	29
2.1 Tyrimo objektas.....	29
2.2 Naudojamos medžiagos ir procesai.....	29
2.3 Tyrimo metodika	33
2.3.1 Mikrošlifų ruošimas.....	33

2.3.2	Mikrostruktūriniai tyrimai	33
2.3.3	Mikrokietumo tyrimai.....	34
3	REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	36
3.1	Mikrostruktūriniai tyrimai.....	36
3.1.1	Neeksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų mikrostruktūra	36
3.1.2	Eksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų mikrostruktūra	37
3.1.3	Neeksploatuotų, azotintų druskose įdėklų mikrostruktūra	38
3.1.4	Eksploatuotų, azotintų druskose įdėklų mikrostruktūra	39
3.2	Mikrokietumo tyrimai	40
3.2.1	Neeksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų kietumas prieš šampavimą	40
3.2.2	Eksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų kietumas prieš šampavimą	41
3.2.3	Neeksploatuotų, azotintų druskose įdėklų kietumas.....	41
3.2.4	Eksploatuotų, azotintų druskose įdėklų kietumas po šampavimo	42
3.3	Įdėklų eksploatavimo laiko skaičiavimai	43
4	IŠVADOS	44
	LITERATŪROS SĄRAŠAS	45
	PRIEDAI	47
	1 Priedas. Kalimo šampas	48
	2 Priedas. Tiriamas šampavimo įdėklas	49

Įvadas

Svarbiausia mašinų ir prietaisų gamybos konstrukcinė medžiaga yra metalai. Jų gamybos raida gana ilga ir sudėtinga. Randamų dirbinių, pagamintų iš metalų grynuolių, amžius siekia 8000 metų. Metalą iš rūdų pradėta išgauti prieš 6000 metų. Tuo metu jau mokėta metalus kalti, sužinota, kad kalami metalai sukietėja ir vėl pasidaro plastiški tik pakaitinti. Taigi kalimas ir atkaitinimas buvo pirmieji metalo apdirbimo būdai, šiek tiek vėliau metalus pradėta lieti.

Plieno, spalvotųjų metalų luitai, valcuotas rūšinis ir lakštinis metalas - tai yra pradiniai ruošiniai skirti apdirbti spaudimu. Apdirbimas spaudimu laikomas pažangiu, ekonomišką ir labai našiu metalų apdirbimo būdu. Šio metodo svarbiausias dalykas - pasiekti, kad kaltinio forma ir matmenys būtų kuo panašesni į būsimo detalės formą ir matmenis.

Šiuolaikinė karštojo šampavimo technologija yra sudėtingas atskirų operacijų kompleksas į kurį įeina: pradinio metalo priėmimas ir jo supjaustymas į reikiamo ilgio ruošinius; ruošinių įkaitinimas šampavimui; šampavimas; kaltinių valymas ir terminis apdorojimas.

Siekiant efektyvinti serijinę ir masinę gamybą karštuoju šampavimu, reikia siekti kuo trumpesnės darbo prastovos. Tai reiškia maksimaliai išnaudoti naudojamą įrangą bei įrengimus, turint kuo mažiau prastovų. Tam tikslui pasiekti naudojama azotavimo technologija, kuri leidžia šiuo atveju įdėklams ilgiau nesudilti ir šampuoti daugiau vienetų detalių. Tai duoda naudos: mažesnę įrangos kainę per detalę, mažiau prastovų, didesnę efektyvumą, sutaupyta laiką gaminant naują įrangą ir kita.

Darbo tikslas:

Ištirti automobilio detalių paruošimo karštajam šampavimui procesą ir termocheminio (azotavimo druskose) apdorojimo įtaką karštojo šampavimo šampo įdėklų eksploataavimo laikui, lyginant juos su neazotintais įdėklais.

Tiksliui pasiekti buvo numatyti tokie uždaviniai:

1. Susipažinti su ruošinių gamybos karštuoju šampavimo procesais ir naudojamais įrenginiais;
2. Išanalizuoti karštojo šampavimo technologiją ir jos taikymo metodus;
3. Išanalizuoti terminio ir termocheminio gerinimo metodus karštojo šampavimo šampams;
4. Atlikti neazotuotų įdėklų tyrimą (mikrostruktūros ir mechaninių savybių tyrimas);
5. Atlikti azotuotų įdėklų tyrimą (mikrostruktūros ir mechaninių savybių tyrimas);
6. Išanalizuoti azotavimo įtaką karštojo šampavimo šampų įdėklų eksploataavimo laikui.

1 TEORIJS APŽVALGA

1.1 Metalų apdirbimas spaudimu

Technologinis procesas, kai detalės arba jų ruošiniai gaminami plastiškai deformuojant šaltus arba karštus metalus vadinamas metalų apdirbimas spaudimu. Ruošiniai, skirti apdirbti spaudimo būdu yra plieno ir spalvotųjų metalų luitai, galimas valcuotas rūšinis ir lakštinis metalas. Šis metalų apdirbimo būdas – pažangus, ekonomišką ir labai našus. Taikant metalo apdirbimą spaudimo būdu, svarbiausia pasiekti, jog kaltinio matmenys būtų kiek galima tikslesni būsimos detalės formai ir matmenims.

Apdirbimas spaudimu pasižymi:

- 1) Dideliu greičiu iš karto apdirbamas visas ruošinio tūris arba tam tikra jo dalis, todėl procesas yra labai našus;
- 2) Detalės apdirbtos spaudimu yra geros struktūros ir pasižymi geromis mechaninėmis savybėmis (stiprumu, plastiškumu, smūginiu tūsumu). Būtent dėl šios savybės smūgine apkrova apkraunamų detalių ruošiniai visuomet apdirbami spaudimu;
- 3) Šaltai apdirbant spaudimu, metalas sukietinamas, tačiau dėl to padidėja metalo mechaninis stiprumas ir kietumas, bet sumažėja jo plastiškumas;
- 4) Apdirbant spaudimu, sutaupoma nemažai metalo, nes deformacijos procese atliekos nesudaro daugiau kaip 20...25% [1, 3];

1.1.1 Metalų plastiškumas ir atsparumas deformavimui

Plastiškumas – tai metalų, veikiamų išorinių jėgų, savybė keisti formą ir matmenis nesuyrant t.y. plastiškai deformuotis ir taip išlaikyti įgytą formą, nutraukus išorinių jėgų veikimą. Nuo cheminės sudėties, struktūros, įkaitinimo temperatūros, deformavimo greičio, ir deformacijos laipsnio priklauso metalo plastiškumas. Metalų lydiniai yra mažiau plastiški nei gryni metalai. Lieto metalo, kurio struktūra yra stambiagrūdė dendritinė, plastiškumas bus visuomet mažesnis už deformuoto smulkiagrūdžio metalo plastiškumą. Atsparumą deformavimui labiausiai įtakoja metalo mechaninės savybės, deformavimo temperatūra ir greitis, taip pat įtempimų veikimo schemas [4].

Apdirbimas spaudimo būdu susideda iš šių procesų:

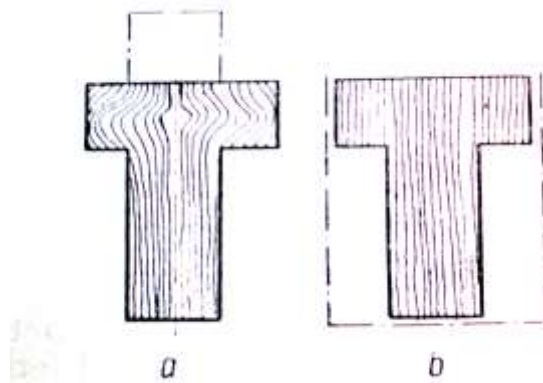
- a) Valcavimo;
- b) presavimo;

- c) traukimo;
- d) kalimo;
- e) karštojo ir šaltojo štamavimo;
- f) kitų specialiųjų kalimo būdų.

1.1.2 Apdirbimo spaudimu įtaka metalų struktūrai ir savybėms

Apdirbant spaudimu įkaitintą iki reikiamos temperatūros metalo luitą, visų pirma užsivirina dujų pūslelės, mikroporos, šiek tiek padidėja metalo tankis. Didėjant deformacijos laipsniui, prieš tai buvusi nevienalytė luito struktūra, susidedanti iš įvairaus didumo ir formos grūdelių susmulkėja, grūdeliai išsitempia metalo tekėjimo kryptimi. Žinoma, kad metalo luite būna dendritinė ir interkristalinė mikrolikvacija taip pat luitai būna užteršti nemetaliniais intarpais, kurie susikaupia ties grūdelių ribomis. Apdirbant tokį metalo luitą spaudimo būdu kartu su dendritais metalo tekėjimo kryptimi susidaro pluoštinė metalo struktūra, nes kartu su juo ištysta ir nemetaliniai intarpai. Tokia struktūra pradeda formuotis vidurinėje luito dalyje, susidedančioje iš lygiaašių grūdelių, pamažu apima periferinę luito dalį ir užsibaigia dendritų zonoje. Šitaip yra dėl to, kad dendritai yra išsidėstę statmenai ištiesimo kryptims ir juos reikia kur kas labiau deformuoti. Norint, kad visame skerspjūvio plote nebūtų dendritinės struktūros pėdsakų, reikia luitą plastiškai deformuoti tol, kol jo skerspjūvio plotas sumažėja bent 10 kartų [1, 3].

Susidaro gana stabili pluoštinė metalo makrostruktūra, todėl ją sunku panaikinti toliau apdorojant termiškai arba spaudimo būdu, nes pasikeičia tik pluošto kryptis ir forma. Santykinis pailgėjimas, smūginis tūsumas - tai metalo plastiškumo rodikliai ir išilgai pluošto jie yra geresni negu skersai.



Pav. 1.1 Metalo makrostruktūra: a – štamputos detalės; b – tekintos detalės [1]

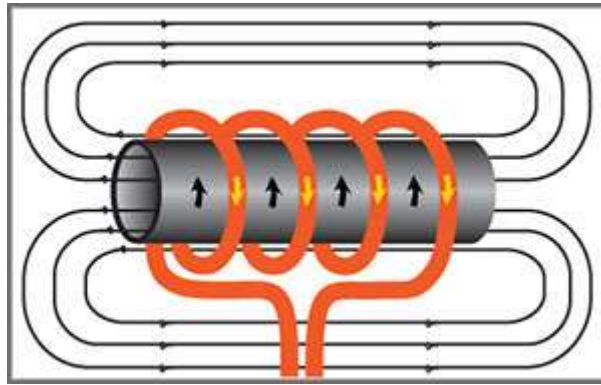
Apdirbamų spaudimu detalių pluošto kryptis turi būti orientuota pagal veikiančių jėgų kryptį taip, kad didžiausi tempimo įtempimai, atsirandantys dirbančiose detalėse, veiktų išilgai pluošto, o kirpimo jėgos – skersai pluošto (Pav. 1.1).

1.1.3 Pagrindiniai ruošinių kaitinimo įrengimai

Ruošinius patogų kaitinti liepsninėse ir elektrinėse krosnyse, taip pat elektriniais kaitintuvais. Visos krosnys turi kaitinimo kamerą, išklotą kaitrai atsparia medžiaga. Apatinė kameros dalis, kur kraunami kaitinamieji ruošiniai, vadinama krosnies padu. Kaitinimo įrenginiai skirstomi: liepsninės krosnys; kamerinės krosnys; metodinės krosnys; elektrinės krosnys [7].

Elektriniai kaitintuvai skirstomi į : indukcinius ir kontaktinius. Kaitinant indukciniuose kaitintuvuose (Pav. 1.2) , ruošinys įdedamas į induktorių , pagamintą iš stačiakampio arba apvalaus profilio varinio vamzdelio, kuriuo teka aušinamas skystis. Į induktorių tiekiamoji elektros srovė, kuri sukuria kintamą elektrinį lauką, indukuojantį vientisame ruošinyje sūkurines sroves, kurios jį ir įkaitina. Srovės dažnis siekia apie 50, 500, 1000, 2500, 8000 Hz, nes sluoksnio, kuriuo teka sūkurinės srovės, storis yra atvirkščiai proporcingas srovės dažniui. Taigi kuo mažesnis dažnis, tuo didesnis ruošinio skermuo. Reikiamą srovės dažnį f galima apytikriai apskaičiuoti pagal formulę: $f=30\ 000/d^2$; čia d – ruošinio skersmuo cm.

Kaitinant indukciniais kaitintuvais pasiekiamas didelis kaitinimo greitis (8...10 kartų didesnis lyginant su kaitinimo greičiu kamerinėse krosnyse), beveik nenudega metalo, kaitinimo procesą patogų ir nesunku automatizuoti, dėl to yra pagerinamos darbo sąlygos. Tačiau indukcinis kaitinimas taikomas tik stambiaserijinėje ir masinėje gamyboje. [8]



Pav. 1.2 Indukcinio kaitinimo schema [7]

1.1.4 Kalimas

Kalimas – tai metalo apdirbimas spaudimu, kai įkaitintas ruošinys plastiškai deformuojamas kūjo penčių smūgiais ir taip gaunama reikalinga forma. Kalamas metalas nevaržomai teka tarp penčių į visas puses. Tokiu būdu apdirbami lieti ir valcuoti metalai. Kalant lieto metalo dendritinė struktūra susmulkinama ir virsta pluoštine, kuri pasižymi kur kas geresnėmis mechaninėmis savybėmis. Nukalti ruošiniai vadinami kaltiniais, kuriuos vėliau apdirba mechaniškai. Apdirbant kalimo būdu, matmenys nėra labai tikslūs, bet šis būdas labai universalus ir nereikalaujantis brangių ir sudėtingų įrankių ar įrengimų. Taigi kalimo būdu galima nukalti palyginus greitai nedaug kaltinių vienetinėje arba smulkiaserijinėje gamyboje.

Kalimą galima skirstyti į rankinį ir mašininį. Kaltinių gamyba kalimu susideda iš atskirų operacijų ir jų derinių: susodinimas, iššėsimas, pramušimas, lenkimas, susukimas, atkirtimas ir kalviškas suvirinimas. Dažniausiai kalimo būdu gaminami tik ruošiniai, kurie vėliau yra apdorojami mechaniškai [1, 2, 5].

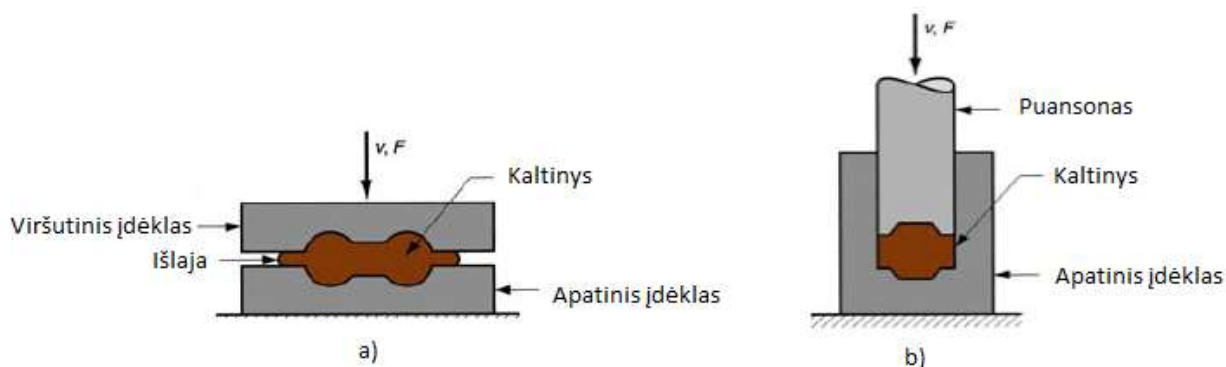
1.1.5 Šaltasis štapavimas

Šaltasis štapavimas – tai štapavimas su neįkaitintais ruošiniais. Dėl to daugumos metalų štapavimas šiuo metodu atitinka šaltosios plastinės deformacijos sąlygas, tačiau vi dėl to daug rūšių šaltas plienas yra beveik neplastiškas, todėl jį labai sunku daug deformuoti. Pagal gaunamą rezultatą šaltasis štapavimas skirstomas į tūrinį ir lakštinį štapavimą.

Šaltuoju tūriniu formavimu gaminamos sudėtingos formos detalės atviruose ir uždaruose štapų latakuose. Gaunami tikslesni matmenys ir glotnesnis paviršius nei karštai štapuojant, tačiau čia reikalingas didelis slėgis (aliuminiui atviruose latakuose 6...8, uždaruose – 10...12 MPa). Dėl to šiuo formavimo būdu iš plastiškų spalvotųjų metalų arba jų lydinių gaminama nedidelės detalės tikslios mechanikos prietaisams, radiotechnikai ir kt [5].

1.1.6 Karštasis štapavimas

Karštasis štapavimas – tai štapavimas su įkaitintais ruošiniais juos plastiškai deformuojant specialiu įrankiu, vadinamu štampu (Pav. 1.3). Kiekvieną štampą sudaro bent dvi dalys: viršutinė ir apatinė. Abiejose štampo dalyse daromos specialios išėmos, kuriose pakeičiama ruošinio forma. Viršutinės ir apatinės štampo dalies išėmų pora sudaro štapavimo lataką. Ruošinys į štampą dedamas tada, kai štampo viršutinė dalis yra pakilusi į aukščiausią padėtį. Toliau veikiant štapavimo mašinai, viršutinė štampo dalis artėja prie apatinės ir taip ruošinys yra palaipsniui deformuojamas, kurio metalas užpildo visą lataką tūrį.



Pav. 1.3 Štampo ir jo latakų schemas: a – atviras latakas; b – uždaras latakas [1, 5, 10].

Lyginant su kalimu, štapavimas turi daug pranašumų:

- keliasdešimt kartų našesnis;
- gauti kaltiniai vienodesni ir tikslesni;
- štapuoto kaltinio matmenų tolerancijos 3 - 4 kartus mažesnės negu kalto;

Būtent tai sumažina tolimesnio mechaninio apdorojimo apimtį.

Šių dienų karštojo štapavimo technologija yra sudėtinga atskirų operacijų seka, kurią sudaro:

1. pradinio metalo priėmimas ir jo pjaustymas į reikiamo ilgio ruošinius;
2. ruošinių kaitinimas štapavimui;
3. štapavimas;
4. kaltinių išlajos apkirtimas;
5. terminis apdorojimas;
6. kaltinių valymas;
7. tiesinimas ir kalibravimas;
8. tarpoperacinė ir galutinė kaltinių kontrolė [1, 10].

1.1.6.1 Karštojo šampavimo šampai

Pagal kaltinio formos sudėtingumą, naudojami vienalatakiai arba daugialatakiai šampai. Vienalatakioose šampuose daromas vienas latakas, kurio forma atitinka būsimo kaltinio formą, todėl tokiu šampu galima šampuoti tik nesudėtingos formos kaltinius. Kuo sudėtingesnė kaltinio forma, tuo daugiau latakų reikia padaryti šampe. Daugialatakio šampų latakus galima išskirti į paruošiamuosius ir šampavimo latakus. Paruošiamuosiuose lakuose ruošinio metalas perskirstomas išilgai ašies taip, kad ruošinio forma taptų kuo artimesnė būsimo kaltinio formai. Šampavimo lakuose paruoštam ruošiniui suteikiama galutinė kaltinio forma. Jie skirstomi į rupiojo ir glotniojo (švaraus) šampavimo latakus. Rupusis latakas reikalingas tam, kad sumažinti glotniojo lako dilimą. Glotniojo lako forma turi pilnai atitikti būsimo kaltinio formą.

Galimi dveji tiek paruošiamųjų, tiek ir šampavimo latakų tipai: atvirieji ir uždarieji. Latakai, kuriuose ruošinio metalas uždaromas ertmėje ir po deformuojamas, vadinamas uždariaisiais (Pav. 1.3, b). Juose nesusidaro išlajos griovelis. Pagrindinė metalo deformacija įvyksta po to, kai šampo viršutinė dalis (puansonas) įeina į apatinę dalį (matricą). Šampuojant uždaruose lakuose mažos atliekamos metalo sąnaudos, gaunami tikslesni kaltinio matmenys, geresnė makrostruktūra. Nors kita vertus, šampuojant uždaruose lakuose, reikalinga didesnė šampavimo jėga, labiau dyla latakai, sunku šampuoti sudėtingos formos kaltinius. Dėl to patogiau šampuoti simetrinių sukinių formos kaltinius.

Atviruoju – (Pav. 1.3, a) vadinamas latakas aplink kurį skiriamosiose plokštumoje susidaro išlajos griovelis. Šampuojant tokiame lakuose metalo perteklius baigiant šampuoti išteka į išlajos griovelį ir taip sudaro išlają. Susidariusios išlajos pagalba, lengviau pripildomi tolimiausi lako kampai, nes neaukštos išlajos temperatūra staigiai nukrenta (ataušta) ir tai labai padidina pasipriešinimą metalo tekėjimui iš lako. Šampavimas atviruose lakuose yra kur kas paprastesnis, reikalinga mažesnė šampavimo jėga, mažiau dyla šampai, nereikalingi labai tiksliai nupjauti ruošiniai. Didžiausias trūkumas – didesni metalo nuostoliai, nes ruošinio tūris, turi būti didesnis už kaltinio tūrį išlajos tūriu (iki 20...25%). Baigus šampuoti, išlają reikia apkirsti ir ji eina į atliekas. Tai yra plačiausiai naudojamas šampavimo būdas pramonėje [1, 10, 11].

1.1.6.2 Karštojo deformavimo šampų terminis apdorojimas

Karštojo deformavimo šampams skirti plienai turi pasižymėti tokiomis mechaninėmis ir eksploatacinėmis savybėmis: aukštu šiluminiu patvarumu (iki 600-700 °C); dideliu tūsumu, t.y. po terminio apdorojimo 45-50 HRC kietumui turi būti netrapūs, atsparumu terminiam nuovargiui, atsparumu nuanglėjimui ir korozijai, geru apdirbamumu pjovimu.

Atsižvelgiant į legiruotumą ir pagrindines savybes po terminio apdorojimo, karštojo deformavimo štamams skirti plienai skirstomi į vidutinio, didesnio ir didelio šiluminio patvarumo. Tokiuose plienuose anglies yra nuo 0,3 – 0,5%. Vidutinio šiluminio patvarumo plienai būna legiruoti chromu, nikeliu, molibdenu ar vanadžiu (kiekvieno iš jų yra iki 1%). Šie plienai yra labai tāsūs, dažnai naudojami kūjiniais štamams esant dideliems deformavimo greičiams. Toks štamapas gali kaisti iki 600 °C, neprarasdamas termiškai apdorojant suteiktų savybių. Gausiau legiruoti plienai yra didesnio šiluminio patvarumo ir tāsumo, naudojami presiniams štamams, kurie gali kaisti iki 650 °C. Gausiai legiruotų plienų chromu, volframu, vanadžiu, molibdenu, kobaltu deformuojant gali įkaisti iki 750 °C. Iš jų gaminamos karštojo presavimo matricos, presformų įdėklai [6, 7].

Karštojo tūrinio štamavimo štamapai gaunami iš kaltinių. Kalant gaunami reikalingi ruošinio matmenys ir pagerinama metalo kokybė panaikinant (sumažinant) kai kuriuos metalurginius defektus tokius kaip likvaciją, struktūros karbidinį nevienodumą, ir anizotropiją ir kt. Prieš mechaninį apdorojimą įtempiams ir kietumui sumažinti bei grūdeliams susmulkinti naudojamas visiškas arba izoterminis atkaitinimas. Po mechaninio apdorojimo štamapai grūdinami ir atleidžiami. Aukštinant grūdinimo temperatūrą padidėja įgrūdinamumas ir šiluminis patvarumas, tačiau sustambėjus grūdeliams sumažėja štamų tāsumas. Didinant atleidimo temperatūrą, paprastai mažėja stiprumas ir atsparumas dilimui. Tolygiai dirbantiems štamams, tam kad darbinis paviršius būtų kietesnis ir mažiau diltų, atleidimas atliekamas mažesnėse temperatūrose, tačiau jos turi būti ne mažesnės už eksploatacijos metu štamų įkaitimo temperatūrą [1, 9, 10].

Štamų darbiniam paviršium (graviūrai) sustiprinti taikomas termocheminis apdorojimas (įazotinimas, cianavimas, įborinimas, įchrominimas), apvirinimas, gamyba iš įrankių plieno miltelių ir kiti metodai.

1.1.6.3 Karštojo štamavimo būdų klasifikacija

Karštojo štamavimo technologija gana dažnai priklauso nuo pačių įrengimų ir jų galimybių. Karštai štampuoti galima įvairiomis mašinomis, todėl pagal naudojamos mašinos tipą štamavimo būdai klasifikuojami:

- a) alkūniniais karštojo štamavimo presais;
- b) štamavimas gariniais kūjais;
- c) horizontaliojo kalimo mašinomis;
- d) frikciniiais presais;
- e) kalimas ir štamavimas kalimo valcais;
- f) hidrauliniiais presais;

- g) karštojo šampavimo automatais;
- h) specialūs karštojo šampavimo būdai.

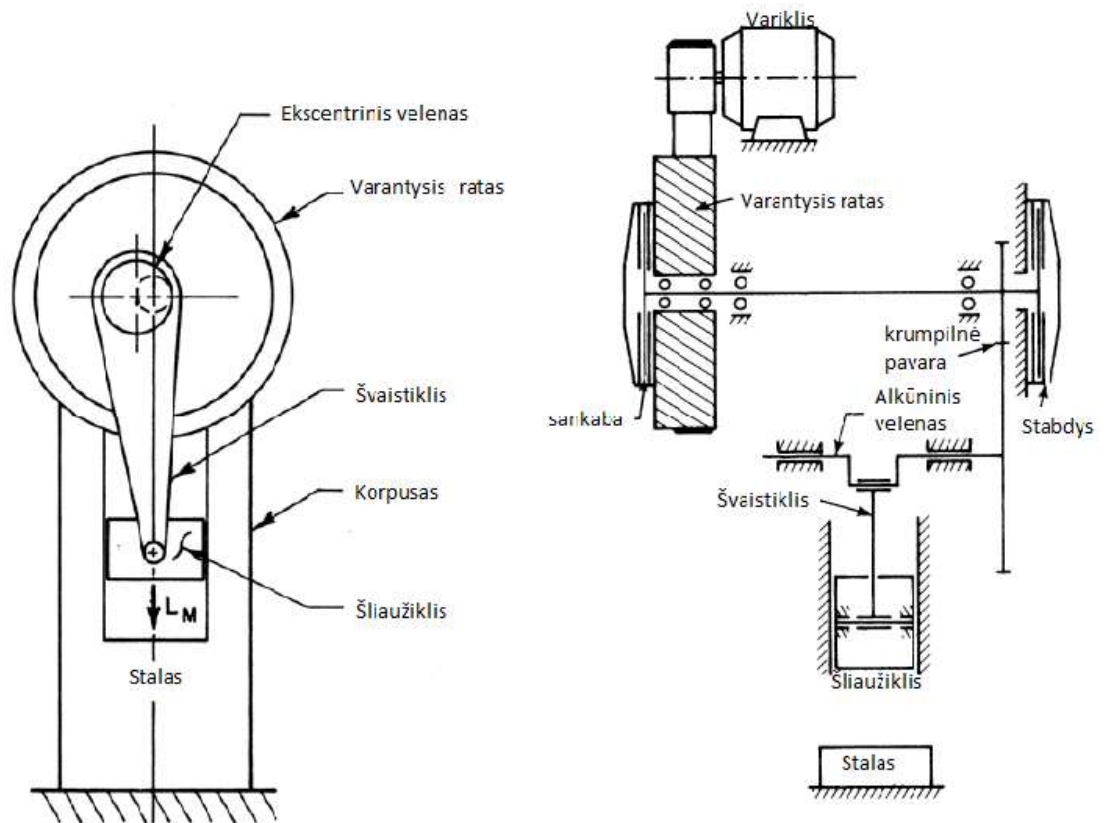
Kaip universaliausius būtų galima išskirti garinius kūjus ir alkūninius karštojo šampavimo presus. Tokiais presais patogū štampuoti sukinių formos arba pailgos formos kaltinius (kai nedidelis ilgio ir pločio santykis). Horizontaliojo kalimo mašinomis štampuoti labai ilgi arba įvorės tipo kaltiniai. Kitų mašinų galimybės kur kas mažesnės, dėl to jomis štampuojami tik kai kurių tipų kaltiniai [1, 9].

1.1.7 Šampavimas alkūniniais karštojo šampavimo presais

Alkūniniai presai, skirti karštajam šampavimui, turi didelę našumą. Dar jie geri tuo, kad būna geresnė kaltinių kokybė, jais paprasta ir lengva dirbti.

Alkūninio karštojo preso kinematinė schema pateikta paveiksle Pav. 1.4. Judesys nuo elektros variklio trapecinio diržo pavara perduodamas skriemuliui-smagračiui, užmautam ant veleno, kuriuo judesys perduodamas krumplinei perdavai. Šios pavaros varomasis krumpliaratis su alkūniniu velenu sujungtas pneumatine frikcine mova. Įjungus movą, pradeda sukstis alkūninis velenas, kuris stumdo aukštyn ir žemyn švaistiklį, šliaužiklį ir prie jo pritvirtintą viršutinę štampo dalį [1, 5].

Išjungus movą, alkūninį veleną greitai sustabdo stabdis, įtaisytas kitame alkūninio veleno gale. Perstumiant pleištą galima preso stalą, įtvirtintą nuožulniame paviršiuje, šiek tiek vertikalčiai reguliuoti (pakelti arba nuleisti). Alkūniniai presai gali dirbti įvairiais režimais: atskirais smūgiais arba automatiškai (kol bus įjungta mova). Dėl lėtos šliaužiklio eigos presai apibūdinami šliaužiklio jėga.



Pav. 1.4 Alkūninio karštojo štapavimo proceso schema: skriemulys-smagratis, velenas, elektros variklis, alkūninis velenas, švaistiklis, šliaužiklis, krumplinė pavara, pneumatinė pavara, stabdis, preso stalias [5].

Alkūninio preso privalumai:

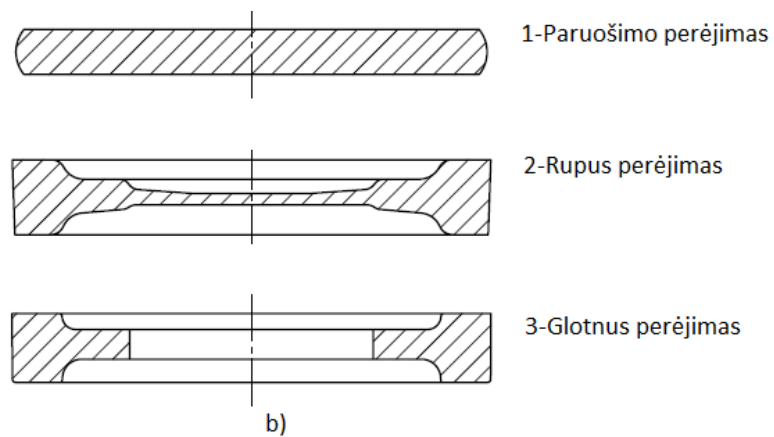
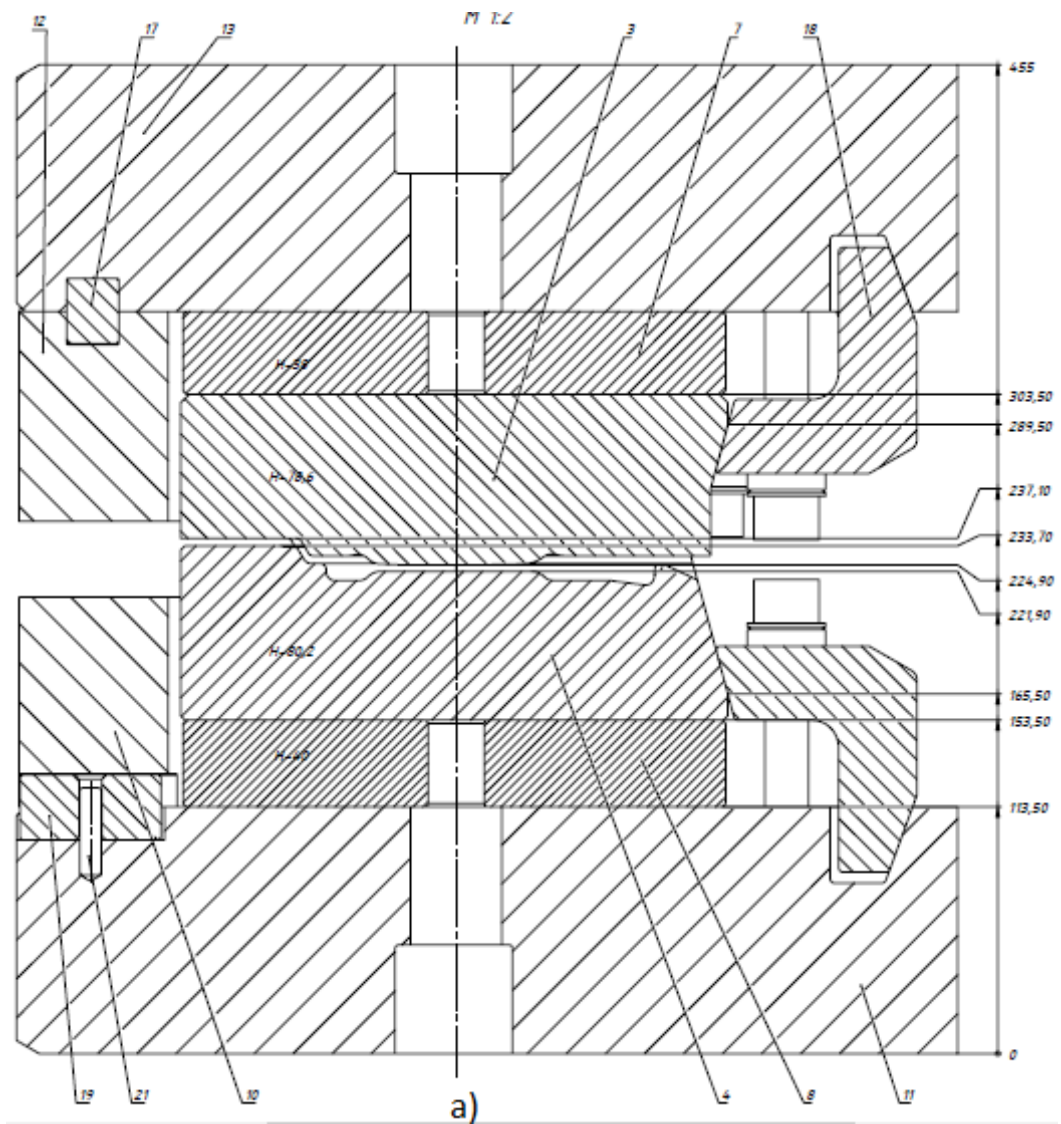
1. Šie presai dirba be stiprų smūgių, nes šliaužiklio judėjimo greitis štapavimo pradžioje tesudaro 0,3-0,8 m/s;
2. Šliaužiklio eiga lėta, todėl galima įtaisyti viršutinį ir apatinį išstūmiklius, išstumiančius kaltinį iš štampo tuo metu, kai šliaužiklis slenka į viršų. Dėl to atsiranda galimybė 2-3 kartus sumažinti štapavimo nuolydžius ir sutaupyti metalo;
3. Alkūninio preso šliaužiklio eiga pastovi ir kiekvienos eigos gale preso šliaužiklis stovi toje pačioje iš anksto nustatytoje padėtyje. Dėl to tikslesni vertikalūs kaltinių matmenys;
4. Presų konstrukcija yra standi, šliaužiklis gerai nukreipiamas, todėl juose galima naudoti štampus su kreipiamosiomis kolonėlėmis. Dėl to kaltinių horizontalūs matmenys yra tikslesni;
5. Alkūniniais presais lengviau ir paprasčiau dirbti, štapavimo procesą lengviau mechanizuoti ir automatizuoti.

Alkūninių presų trūkumai:

1. Didelė išlaja;
2. Brangiai kainuoja presas;
3. Prieš šampavimą reikia nuvalyti nuo ruošinio nuodegas.

1.1.8 Alkūninių presų šampai ir šampavimo technologija

Alkūninių presų aiškinamoji šampo konstrukcija pateikta (Pav. 1.5 ir 1 priede). Šampas susideda iš viršutinės poz.13 ir apatinės plokštės poz.11, prie kurių tvirtinami lataų įdėklai poz.3 ir poz.4. Jie atremiami į atramas poz.10, poz.12 ir prispaudžiami spaudikliais (poz.18). Abi šampo plokštės sujungiamos dviem (arba trimis) kreipiamosiomis kolonėlėmis poz.17, įpresuotomis į apatinę plokštę ir judančiomis viršutinės plokštės įvorėse. Esant reikalui, atskiruose latakuose įtaisomi stūmikliai, kad būtų lengviau išimti kaltinį iš latakų.



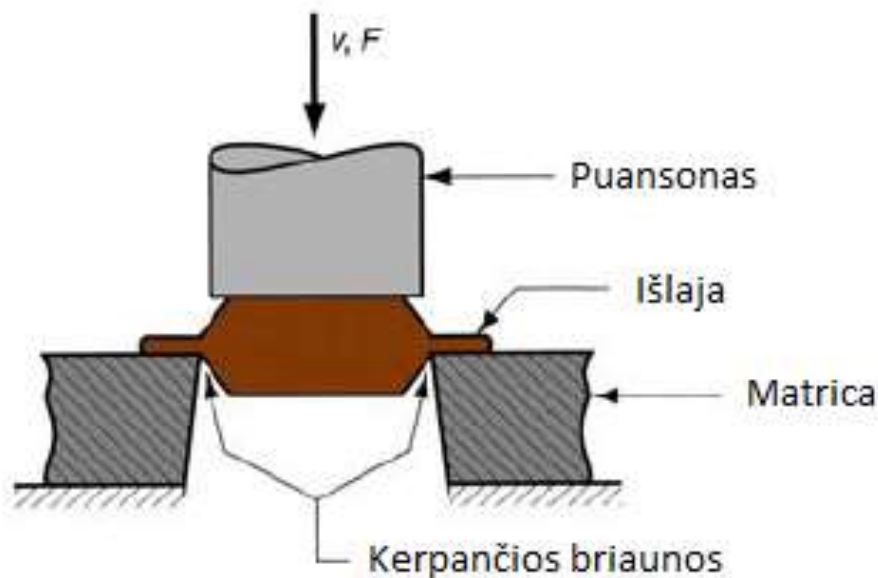
Pav. 1.5 Alkūninio preso šampo schema (a) ir krumpliaračio šampavimo technologija (b).

Presų šampuose galima įtaisyti ne daugiau kaip tris latakų įdėklų poras. Paskutinio šampavimo latakas montuojamas šampo viduryje, kiti du – šonuose. Šampavimas prasideda paruošiamajame latake, vėliau ruošinys perkeliamas į rupiojo šampavimo lataką, iš jo į glotniojo (švaraus) šampavimo lataką. Šių šampų latakai gali būti ir atvirieji ir uždarieji. Uždarieji latakai dar gali būti paruošiamieji, rupūs arba glotniojo šampavimo. Gana dažnai tame pačiame šampe vienas latakas būna uždaras, kiti du – atviri. Latakų skaičių įtakoja kaltinio formos sudėtingumas. Preso šliaužiklis juda pastovia trajektorija, todėl išlajos griovelis daromas visada atviruose šampuose, dėl to presų šampo įdėklai niekad nesusisiečia.

1.1.9 Karštojo šampavimo kaltinių išbaigimo operacijos

1.1.9.1 Išlajų apkirtimas ir pertvarų pramušimas

Apkertant išlają (Pav. 1.6) kaltinys padedamas ant matricos taip, kad išlaja atsiremtų į matricos pjovimo briaunas. Spaudžiant puansonu kaltinį, matricos pjovimo briaunos nupjauna išlają pagal visą kaltinio perimetrą. Kad išlaja neliktų užsimovusi ant puansono, įtaisomas išlajos nuėmiklis. Mažų ir vidutinių kaltinių išlaja apkertama šalta, didelių arba šampuotų iš labai legiruoto plieno kaltinių išlaja apkertama karšta. Pertvaros pramušimo principas analogiškas.



Pav. 1.6 Išlajos apkirtimo schema.

1.1.9.2 Kaltinių valymas

Nuo kaltinių nuodegos nuvalomos būgnuose, apipučiant šratų srautu, ėsđinant. Būgnuose valomi nedideli kaltiniai (iki 5kg masės). Sukant būgnus, kaltiniai daužomi vienas į kitą. Tokiu būdu nudaužomos degenos. Norint, kad greičiau nusivalytų degenos, būgnai įtaisomi su pasvirusia ašimi, be to su kaltiniais dar prikraunama plieninių rutuliukų arba žvaigždučių.

Šratų srautu valoma šitaip: 1-3 mm skersmens plieno ar kaliojo ketaus šratai dideliu greičiu sviedžiami į kaltinių paviršių ir taip nudaužo nuo jų degenas. Šiuo būdu valoma uždaroje kameroje ir toks procesas yra našiausias ir tobuliausias.

1.1.9.3 Kaltinių kalibravimas

Kaltiniai kalibruojami tam, kad būtų tikslesni viso kaltinio arba jo atskiru elementų matmenys ir glotnesnis paviršius. Kalibruojant kaltinys apspaudžiamas iki nedidelio deformacijos laipsnio (5-10%), dažniausiai šaltas. Kalibravimas būna plokščiasis arba tūrinis.

Plokščiasis kalibravimas taikomas tuomet, kai reikia patikslinti vieną ar kelis vertikalius kaltinio matmenis. Čia kalibruojamieji paviršiai apspaudžiami specialiuose štampuose kalibravimo presais, kurių eiga nedidelė, bet labai tiksli.

Tūrinio kalibravimo būdu kalibruojama tuomet, kai norima, kad kaltinio matmenys būtų tikslesni įvairiom kryptimis bei geresnė paviršiaus kokybė. Kalibruojama štampais, kurių latakai atitinka kaltinio formą. Šitaip kalibruojant, gali susidaryti nedidelė išlaja, kurią, baigus kalibruoti,

reikia pašalinti. Tūriniam kalibravimui reikalingas kur kas didesnis santykinis slėgis, todėl šis būdas taikomas tik masinei gamybai [11].

1.1.10 Saugus darbas ir gamtosauga apdorojant metalus spaudimo būdu

Kiekvienam procesui apdirbti spaudimo būdu cechuose ir baruose yra parengtos saugaus darbo instrukcijos. Jos turi būti tvirtintos vyriausiosiojo inžinieriaus, kuris prieš tai suderina jas su profsajungų saugaus darbo inspektoriumi. Naujai priimtiems darbininkams organizuojama įvadinė paskaita, kurioje išaiškinami konkretaus darbo ypatumai.

Ruošinių kaitinimo krosnys darbo metu turi kiek galima mažiau išspinduliuoti šilumos ir išskirti kenksmingų dujų. Tam įtaisomos vandens užuolaidos prieš dureles, gerinamas sienelių sandarumas, mažinamas sienelių šiluminis laidumas. Ypač svarbu tikrinti tiekimo sistemą. Šitaip apsisaugojama nuo gaisrų ir sproгимų kaitinimo baruose.

Apdirbimo spaudimu mašinų judančios ir besisukančios dalys turi būti uždengtos specialiais gaubtais. Kaip taisyklė, darbininkų darbiniai drabužiai turi būti tvarkingi, visi turi dėvėti galvos apdangalus. Ypač pavojingose štapavimo štapų zonose įtaisomi rankų nustūmikliai, kurie įsijungia šliaužikliui slenkant žemyn. Be to, daugumoje didesnių presų yra po du jungiklius, kuriuos dirbantysis turi nuspausti vienu metu, dėl to sumažėja rankų traumatizavimas. Labai svarbu slopinti apdirbimo spaudimu mašinų keliamą triukšmą. Jeigu triukšmas per didelis, tai užsidedamos individualios triukšmą slopinančios ausinės [2].

1.2 Terminis apdorojimas

Terminis apdorojimas – tai metalo ir lydinių kaitinimas iki tam tikros temperatūros, išlaikymas joje ir ataušinimas tam tikru greičiu. Jo tikslas – keičiant metalo sandarą gauti norimas savybes. Terminio apdorojimo procese pasikeičia metalo savybės, o gaminio forma ir matmenys beveik išlieka nepakitę.

Tas pats plienas, skirtingai termiškai apdorotas, pasižymi skirtingomis savybėmis, todėl jį galima įvairiau taikyti. Plienas, įkaitintas iki reikalingos temperatūros ir lėtai ataušintas, pasidaro minkštas ir plastiškas. Jį patogiu apdirbti mechaniškai ar kitaip deformuoti, nes bus minkštas, tačiau gaminyje irgi bus gautas minkštas. Tačiau jeigu toks gaminyje bus įkaitintas pakartotinai ir staiga ataušintas (užgrūdinatas), tokiu būdu bus padidintas du tris kartus jo stiprumas ir kietumas, atsparumas dilimui, bet tuo pačiu padidės ir jo trapumas.

Svarbiausios terminio apdorojimo rūšys: atkaitinimas, grūdinimas ir atleidimas. Atskira atkaitinimo atmaina – normalizavimas. Tokio proceso esmė ta, kad įkaitintas gaminyje aušinamas ore, t.y. šiek tiek greičiau nei atkaitinimo procese. Bendroje mašinų arba prietaisų gamybos technologijoje terminis apdorojimas taikytinas dviem atvejais: kaip paruošiamoji operacija, kad vėliau būtų lengviau apdirbti mechaniškai ir kaip baigiamoji operacija, skirta suteikti gaminiui reikalingas eksploatacines savybes. Taigi pasikeitusi plieno struktūra, pakeičia jo savybes. Siekiant optimaliai pakeisti plieno savybes, reikia gerai žinoti, kaip įvairiomis sąlygomis kinta plieno struktūra.

Aukšto tikslumo elektrinės krosnys skirtos metalo ir kitų medžiagų terminiams darbams. Krosnių darbinės kameros skirtos didesnių gabaritų ar didelio svorio įvairių medžiagų terminiam apdirbimui.

Kamerinės krosnis sudaro:

- mikroprocesorinis termoreguliatorius;
- aukštos kokybės termoizoliacinės medžiagos;
- krosnies viršuje yra ventiliacinė anga;
- kaitinimo elementai ant keramikinių vamzdelių arba grioveluose;
- keramikinė arba metalinė padinė plokštė.

1.2.1 Grūdinimas

Grūdinimas - tai plieno įkaitinimas 30-50 °C aukščiau už kritinę temperatūrą (Fe-C diagramoje), išlaikymas joje tam tikrą laiką tam tikslui, kad pasidarytų vienoda temperatūra per visą skerspjūvį ir pasibaigtų faziniai virsmai, tada aušinamas didesniu greičiu už kritinį, kad plienas pasidarytų kietas, stiprus, atsparus dilimui. Tačiau labai grūdintas plienas yra trapus. Anglinis plienas dažniausiai aušinamas vandenyje, o legiruotieji plienai alyvoje.

Grūdinant plienas įkaitinamas iki tokios temperatūros kaip ir atkaitinant: ikieutektoidinis plienas įkaitinamas iki austenitinės sandaros – 30-50 °C aukščiau kritinės temperatūros (toks grūdinimas vadinamas visiškuoju), o poeutektoidinis plienas įkaitinamas tik aukščiau perlitinio - austenitinio virsmo temperatūros, todėl toks grūdinimas vadinamas daliniu. Grūdinant plienai gali būti kaitinami elektrinėse ir dujinėse krosnyse arba išlydytų druskų voniose. Nepaisant įkaitinimo temperatūros, elektrinėse arba dujinėse krosnyse kaitinama apytikriai 1 min kiekvienam gaminio storio milimetrui, o druskų voniose dvigubai trumpiau. Įkaitusio plieno laikymo trukmė – nuo vienos minutės iki 20% įkaitinimo trukmės [1].

Aušinant privalu žinoti, kokios kilmės yra grūdinimui naudojama terpė. Ji turi būti tokia, kad būtų galima aušinti reikalingu greičiu. Martensitinė struktūra susidarys tik tuo atveju, jeigu aušinimo greitis bus didesnis už kritinį. Grūdinant skirtingą plieną tomis pačiomis sąlygomis, gaunamas skirtingas rezultatas. Tai įtakoja plieno cheminė sudėtis ir iš dalies plieno struktūra. Užgrūdinamumas ir įgrūdinamumas apibrėžiamos grūdinamo plieno savybės.

1.2.2 Užgrūdinamumas

Tai plieno savybė keisti kietumą grūdinimo procese. Nuo anglies kiekio pliene priklauso jo užgrūdinamumas. Neanglingasis ir mažanglis plienas vadinamas nesigrūdinančiu, nes grūdinant jo kietumas mažai didėja. Didžiausias santykinis padidėjimas būdingas vidutinio anglingumo plienams, nors maksimalios kietumo reikšmės grūdinant iki 65 HRC yra tik anglingųjų plienų. Būtent dėl to įrankiai ir dilimui atsparios detalės gaminamos iš anglingojo plieno.

1.2.3 Įgrūdinamumas

Šgrūdinamumas - tai plieno savybė tam tikromis sąlygomis užsigrūdinti iki tam tikro gylio. Įgrūdinamumas labiausiai priklauso nuo to, kiek pliene yra legiravimo elementų. Tai labai svarbu, nes tai nurodo ar turimo didumo detalė užsigrūdina per visą skerspjūvį ir ar reikalingas optimalias plieno savybes galima gauti tik tam tikro storio paviršiniame sluoksnyje.

Atsižvelgiant į tai, kaip įkaitinama ir aušinama, grūdinimo būdai skirstomi į:

- videnterpi grūdinimą (paprastasis);
- grūdinimas paaušinant;
- dviterpis grūdinimas;
- grūdinimas karštose terpėse;
- izoterminis grūdinimas;
- vietinis grūdinimas;
- termomechaninis grūdinimas;
- paviršinis grūdinimas.

1.2.4 Atleidimas

Atleidimas – tai grūdinto plieno kaitinimas iki žemesnės temperatūros nei austenizacijos, pakankamas išlaikymas ir lėtas aušinimas. Taip sumažinamas plieno kietumas, grūdinimo įtempiai ir gaunamos reikiamos mechaninės savybės. Atleidimas gali būti žemas, vidutinis ir aukštas.

1.3 Termocheminis apdirbimas

Termocheminis apdirbimas – tai metalo gaminių kaitinimas chemiškai aktyvioje terpėje. Tikslas - pakeisti paviršiaus sluoksnio cheminę sudėtį ir gauti norimą mikrostruktūrą ir savybes. Pasikeitusi paviršių cheminė sudėtis ir struktūra, pakeičia ir jų savybės. Galima keisti dviem atvejais: tiesioginiu būdu arba sudarant sąlygas savybėms pakeisti tolesnio terminio apdorojimo procese. Termochemiškai apdorojus metalą, padidinamas jo atsparumas dilimui arba atsparumas aplinkos poveikiui (korozijai, oksidacijai aukštoje temperatūroje, rugščių poveikiui). Našumas palyginti santykinai mažas, nes vyksta difuziniai procesai.

Termocheminio apdorojimo eiga priklauso nuo disociacijos, absorbcijos ir difuzijos tarpusavio santykio. Sluoksnio struktūra priklauso nuo įsotinamojo elemento koncentracijos. Kai šio elemento nedaug, susidaro kietieji tirpalai, kai jo daugiau, tokiu atveju susidaro junginiai.

Seniausias termocheminio apdirbimo būdas yra **cementavimas**, t.y. plieno paviršinių sluoksnių įsotinimas anglimi. Paskui grūdinant, paviršinis sluoksnis pasidaro labai kietas ir atsparus dilimui. Azotinant, t.y. paviršių įsotinant azotu, gaunamas dar kietesnis ir atsparesnis atmosferinei korozijai paviršius. Kadangi šis būdas nenašus, tai azotinami tik svarbesni gaminiai. Karbonitravimas – tai vienkartinis įsotinimas anglimi ir azotu. Tai plačiausiai paplitęs būdas. Galimas dviejų rūšių karbonitravimas: cianavimas ir nitrocementavimas. Cianuoti ir nitrocementuoti gaminiai turi būti dar grūdinami. Atsparumas dilimui bus didesnis tuomet kai paviršinis sluoksnis bus prisotinamas chromo

ar boro. Kad paviršius būtų atsparesnis oksidacijai, reikia jį aukštoje temperatūroje prisotinti aliuminio arba berilio.

1.3.1 Azotinimas

Tai procesas kai plieno paviršiaus prisotinimas azotu. Tam tikslui gaminiai laikomi 500-600 °C temperatūroje disocijuotame amoniake. Paviršiuje susidaro kieti nitridai, kurių vėliau nereikia grūdinti. Kaip žinoma geležies nitridai nelabai kieti, todėl daugiausiai azotinami plienai, legiruoti chromu, molibdenu ir aliuminiu. Dėl žemos prisotinimo temperatūros azotinimo procesas nėra nenašus (apie 0,01 mm/h), tačiau azotinant nepažeidžiamas anksčiau atliktas terminis gerinimas, kuris užtikrina maksimalų smūginį tįsumą. Prisotinti paviršių azotu iki 0,3-0,6 mm gylio sugaištama apie 24-60h, todėl azotinami tik brangūs gaminiai. Azotintas sluoksnis išsaugo kietumą iki 500 °C ir yra gana atsparus atmosferinei korozijai [13,16,18].

1.3.2 Nitrocementavimas

Tai paviršinių sluoksnių prisotinimas anglimi ir azotu tuo pačiu metu. Gaminiai laikomi 820-860 °C angliavandenilio dujų ir disocijuoto amoniako mišinyje. Šiuo metu tai plačiausiai taikomas termocheminio apdirbimo būdas. Įsotintame paviršiuje yra daugiau anglies nei azoto, todėl įsotintus gaminius būtina grūdinti ir vėliau atleisti žemoje temperatūroje. Disocijuotas amoniakas mišinyje pagerina įanglinimą ir taip gaunama geresnė kokybė. Palyginti su dujiniu cementavimu, procesas vykdomas žemesnėje temperatūroje, todėl nesudaro stambiagrūdė struktūra, galimas neuždelstas grūdinimas ir mažiau iškraipomi gaminiai, tačiau procesas vyksta kur kas lėčiau. Maždaug per 4-10 valandų gaunamas 0,2-0,8 mm sluoksnis [13,17].

1.3.3 Cianavimas

Tai procesas, kai tuo pačiu metu plieno paviršiniai sluoksniai prisotinami anglies ir azoto, ciano druskų voniose. Tai sudėtingas, tačiau našesnis procesas. Jei cianuojama aukštoje temperatūroje, tai procesas artimas cementavimui, jei žemesnėje – procesas panašesnis į azotavimą. Dažniausiai tam naudojamas natrio cianatas NaCN. Lydymosi temperatūrai pakelti ir vonių garavimui sumažinti cianatai maišomi su kitomis druskomis NaCl, BaCl₂, Na₂CO₃. Konstrukcinių plienų sustiprinimui kartais taikomas žematemperatūrinis cianavimas. Jis atliekamas išlaikant detales (0,5...3 val.) išlydytų cianatų ir karbonatų mišiniuose 570...590° C temperatūroje. Paviršinis sluoksnis daugiausia įsisotina azoto atomais. Bendras įsotinto sluoksnio gylis (0,15...0,5 mm) priklauso nuo proceso tūkmės. Gaminio paviršiuje susidaro 7-15 μm storio karbonitridinis Fe₂(NC) sluoksnis, labai padidinantis pasipriešinimą dilimui ir patvarumą sukant ir lenkiant. [12,14, 18]

1.3.4 Alitavimas

Procesas kai paviršiniai sluoksniai prisotinimi aliuminiu, vadinamas alitavimu. Tokiu būdu yra padidinamas gaminio atsparumas oksidacijai prie aukštų temperatūrų. Kaip ir dauguma difuzinio įmetalinimo būdų, alitavimas nenašus, nors alituojama aukšose temperatūrose (1000 °C). Dėl šios priežasties įsotinama negiliai (per 10 valandų vos iki 0,2-0,3 mm gylio). Alitavimas vyksta milteliniuose mišiniuose: 49% aliuminio arba feroaliuminio miltelių, 49% ir 2% amonio chlorido NH₄Cl. Alituoti galima panardinus gaminius į išlydytą aliuminį.

1.3.5 Chrominimas

Chrominimas - tai procesas, po kurio padidinamas atsparumas kaitrai ir dilimui, paviršiniį sluoksnį prisotinus chromo. Chrominamas plienas laikomas tam tikrą laiką tarpą 1100°C temperatūroje ferochromo ir aliuminio oksido miltelių mišinyje, kuriame yra 5% amonio chlorido. Procesas labai nenašus, per 12-15 valandų gaunamas 0,1-0,2 mm storio sluoksnis. Chrominama kai kurie pjovimo įrankiai, garo aparatūros elementai, vožtuvai, dildomos detalės agresyvioje terpėje.

1.3.6 Borinimas

Toks procesas, kai paviršiniai sluoksniai įsotinami boru yra vadinamas borinimu. Borinami greitapjovio plieno įrankiai, šampai ir įvairioje agresyvioje terpėje dildomos detalės, kad būtų atsparesnės dilimui. Borinimas vykdomas miltelių mišiniuose, skystose terpėse arba elektrolizės būdu. Miltelių mišiniai susideda iš amorfinio boro, boro karbido arba feroboro su aliuminio oksidu (30-40% Al₂O₃) ir amonio chloridu (1-3 % NH₄Cl). Laikoma 950-1050 °C temperatūroje ko pasekoje per 3-6 valandų išlaikymą prisotinama boro iki 0,1-0,3 mm gylio.

1.3.7 Sulfidinimas

Tai procesas, kai paviršiai prisotinami siera. Sulfidinant pagerėja paviršinio sluoksnio antifrikcinės ypatybės. Be to, geriau prisitrina detalės. Sulfidinama tiglinėse voniose 550-570 °C temperatūroje. Vonių cheminė sudėtis įvairi, bet pagrindinę dalį sudaro kalio rondonatas (KCNS – 60-90 %), geležies sulfidas (FeS – apytikriai 12 %) ir kitos sulfatinės arba chloridinės druskos. Užuoat sulfidinus, kartais sulficianuojama. Sulfocianavimas – tai vienkartinis įsotinimas anglimi, azotu ir siera laikant natrio cianido (NaCN) pagrindu sudarytose voniose. Sulfidinant padidėja greitapjovio plieno, kuriame yra daug chromo, atsparumas dilimui [18].

2 TIRIAMOJI DALIS

2.1 Tyrimo objektas

Kadangi pasirinkta detalė gaminama serijiniu būdu, todėl naudinga žinoti termochemiškai gerinto įdėklo eksplotavimo laiką, palyginant jį su grūdintais šampų įdėklais.

Norint ištirti karštojo šampavimo šampų, azotintų druskose, įdėklų įtaką eksploatavimo laikui, buvo pasirinktas konkretus atvejis - krumpliaračio ruošinio karštojo šampavimo technologinis procesas. Buvo atlikti karštojo šampavimo bandymai su pasirinktu įdėklu (2 Priedas) dviem atvejais: įprastu technologiniu procesu, šiuo atveju termiškai gerintu (grūdintu ir atleistu), bei kitu atveju taip pačiai termiškai gerintu, bet poto dar atliekant papildomą operaciją – azotinimą druskose.

Tam tikslui pasiekti buvo ruošiami mikrošlifai ir atlikti mikrostruktūriniai, mikrokietumo ir eksploatavimo laiko tyrimai.

2.2 Naudojamos medžiagos ir procesai

Įdėklo gamybai naudojamas plienas 1.2344 pagal EN ISO 4957:2002

Lentelė 2.1 Plieno cheminė sudėtis

C%	Si%	M%	P% max	S% max	Cr%	Mo%	V%
0,35-0,42	0,80-1,20	0,25-0,50	0,030	0,020	4,80-5,50	1,20-1,50	0,85-1,15
±0,02	±0,05	±0,04	±0,005	±0,005	±0,01	±0,05	±0,05

Chromas yra svarbiausias nerūdijančiųjų plienų legiravimo elementas. Šis elementas suteikia plienui bazinį korozinį atsparumą. Didėjant chromo kiekiui pliene, didėja jo korozinis atsparumas, taip pat jo atsparumas aukštatemperatūrinei oksidacijai. Chromas skatina feritinės struktūros susidarymą.

Molibdenas didina plieno atsparumą bendrajai ir vietinei korozijai, mechaninį stiprį ir taip pat, kaip ir chromas yra stiprus feritizuojantis elementas. Molibdenas skatina antrinių fazių susidarymą feritiniuose, feritiniuose-austenitiniuose ir austenitiniuose plienuose. Molibdenas dėl susidarančių karbidų po aukštatemperatūrinio atleidimo didina martensitinio plieno kietumą.

Vanadis didina martensitinio plieno kietumą, nes susidaro kieti vanadžio karbidai. Jis taip pat didina plieno atleidimo atsparumą, stabilizuoja feritą ir esant didesniai vanadžio kiekiui veikia kaip struktūros feritizavimo elementas.

Terminis apdorojimas medžiagai:

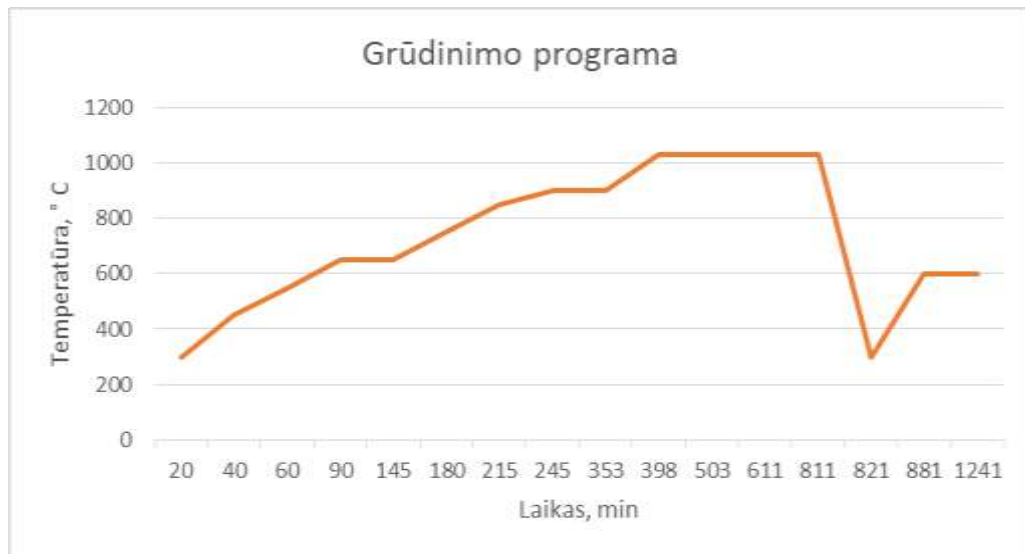
Lentelė 2.2 Terminio gerinimo reikalavimai medžiagai

Atleidimas	750 - 800° C			
Kietumas po atleidimo	Max. 205 HB			
Įtempių atleidimas	600 - 650° C			
Karštas formavimas	1100 - 900° C			
Grūdinimas	1020 - 1080° C			
Atleidimo procedūros: Tepalas, druskos vonia	Tepalas, druskos vonia, oras (500 - 550° C)			
Kietumas po grūdinimo	tepale 52 - 56 HRC			
	druskos voniose, ore 50 - 54 HRC			
Grūdinimas po atleidimo	400° C	500° C	550° C	600° C
	54 HRC	55 HRC	54 HRC	50 HRC

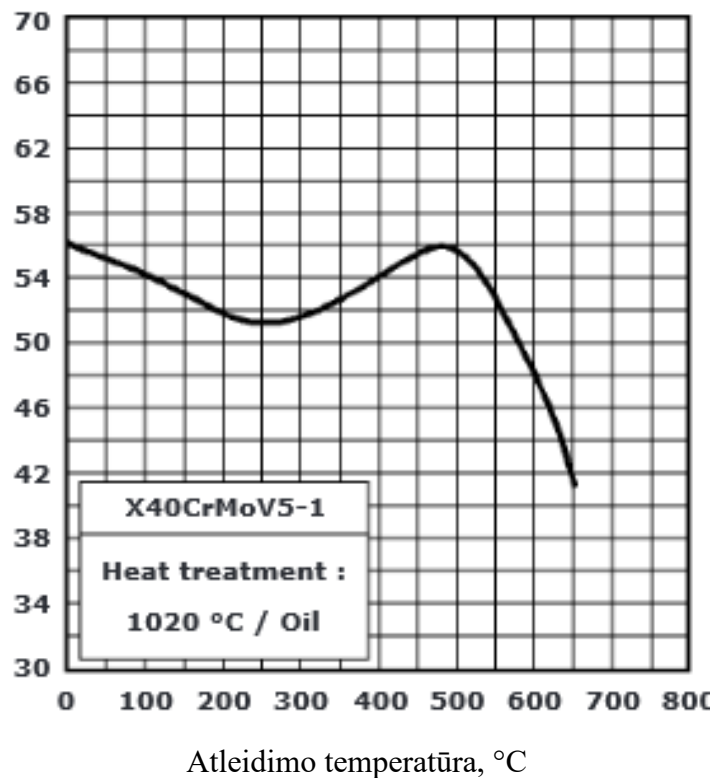
Naudojantis žinomais medžiagos parametrais ir grūdinimo kreive, sudaroma grūdinimo programa pasirinktam įdėklui. Visiems tiriamiems įdėklams buvo naudojami tie patys terminio gerinimo režimai.

Lentelė 2.3 Terminio gerinimo programa

Temperatūra, °C	Išlaikymas, min
300°	20 min
450°	20 min
550°	20 min
650°	30 min
650°	55 min
750°	35 min
850°	35 min
900°	30 min
900°	1h 48 min
1030°	45 min
1030°	1h 45 min
1029°	1h 48min
1029°	2h
Viso laiko:	8h 26min



Po įkaitinimo ir išlaikymo krosnyje, įdėklas grūdinamas polimere kol ataušta (apie 10 min) ir iškart dedamas į atleidimo krosnį pirmam atleidimui. Jo paskirtis nuimti susidariusius įtempius (išlaikoma apie 6 valandas 600° C kad per visą skerspjūvį būtų vienoda struktūra ir kietumas). Antruoju atleidimu gaudomas kietumas. Trečiuoju atleidimu vėl nuimami susidarę įtempiai.

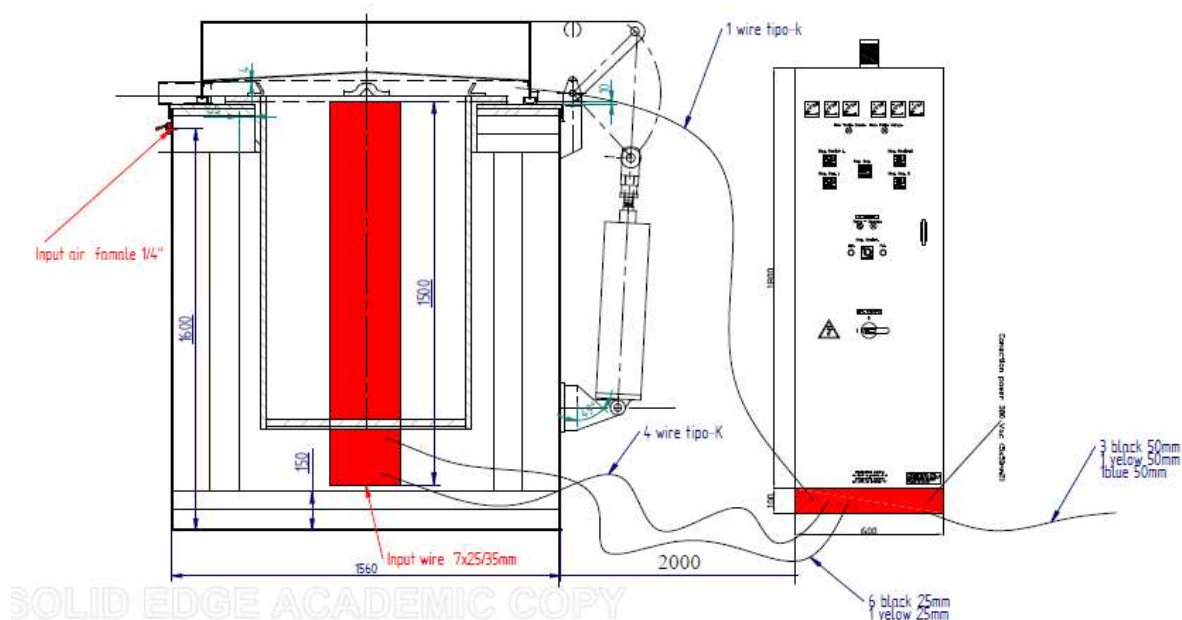


Pav. 2.1 Plieno 1.2344 terminio gerinimo diagrama

Azotinimas druskose – tai procesas, kai plieno paviršiniai sluoksniai įsotinami azotu 500 – 650 °C. Įdėklai laikomi nustatyta laiką azoto druskų vonioje. Bendras įsotinto azotu sluoksnio gylis gali

siekti 0,15-0,5 mm ir priklauso nuo proceso tukmės. Azotintas paviršius išlaiko iki 500 °C kietumą. Azotinimo metu nepažeidžiamas ankstesnis terminis gerinimas.

Prieš azotinant druskose labai svarbu paruošti įdėklų paviršių. Tiksliau jų paviršius turi būti nepriekaištingas (nuplautas švariu vandeniu arba pasyvintas), nes kitu atveju tai labai stipriai padidina pasipriešinimą azoto išsiskverbimui į plieną, o tai prailgina proceso trukmę. Prieš nardinant įdėklus į druskų vonią jie buvo nuplaunami karštu vandeniu. Vėliau įkaitinami krosnyje iki 350 °C, ir merkami į skystų druskų CR₄, CR₂R ir kalio polisulfido vonią, kurioje išlaikomi 6 valandas prie 560 °C. Proceso metu vyksta cheminės reakcijos ($2\text{CN} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CNO} + \text{N} + \text{Ca}(\text{CO}_3)$; $\text{Fe} + \text{N} \rightarrow \text{FeN}$; $\text{CNO} + \text{CR}_2 \rightarrow \text{CN}$), medžiagos difunduoja su įdėklo paviršiumi ten sudarydamos stabilius, kietus nitridus.



Pav. 2.2 Tiglinė druskų vonia

Krosnies bendras galingumas siekia 80 kW, tačiau pakaitinimui naudojama vos 13,3 kW. Maksimali įkrova vienu kartu 800 kg. Įdėklai „verdami“ paduodant oro 300l/h, kad vyktų cirkuliacija. Po to įdėklai aušinami ore ir nuplaunami švariu vandeniu. Taip gaunamas azotu prisotintas paviršius.

Karštojo štapavimo operacija atliekama 2500 t alkūniniu presu, naudojant uždarojo štapo principą. Ruošinys iki 1080 °C kaitinamas indukcinėse ritėse. Poto grandininio konvejeriu keliauja iki preso (apie 2 metrus). Kol ruošinys keliauja, jo paviršius reaguoja su aplinka ir labai greitai oksiduojasi (aušta) sudarydamas kietą sluoksnį, kuris pirmojo perėjimo (susodinimo) metu nutrūpinamas nuo ruošinio. Tai yra viena iš priežasčių trumpinančių štapų įdėklų eksploatavimo laiką. Vėliau susodintas ruošinys perkeliamas į rupų perėjimą. Čia formavimas vyksta poto kai

štapas užsidaro ir tik tada pradeda formuoti. Šiuo atveju jėgos padidėja kelis kartus, lyginant su pirmuoju perėjimu. Čia vyksta pagrindinis metalo strautų ir pasiskirtymo etapas. Vėliau glotniojo (švaraus) perėjimo esmė yra užbaigti pilnai formuoti gaminį, pasiekti užsibrėžtus matmenis ir tolerancijas. Įdėklai tarp perėjimų apipurškiami specialiu slydimą gerinančiu skysčiu – lignosulfonatu. Ciklo trukmė 16 sekundžių. Štampavimo pradžioje įdėklai privalomai turi būti pakaitinami iki 200 °C. Pirmiesiems bandiniams naudojama daugiau tepimo skysčio, kartais ant karšto ruošinio beriami grafito milteliai arba pjuvenos, tam tikslui, kad įdėklai prasidirbtų ir neprisivirintų pirmųjų detalių kontakto metu.

2.3 Tyrimo metodika

2.3.1 Mikrošlifų ruošimas

Optiniam mikroskope stebimi mikrošlifai – specialus metalo bandinys, turintis šlifuoatą ir poliruotą lygų paviršių, atspindintys šviesos spindulius. Iš įdėklo atpjaunami bandiniai taip kad būtų galima tirti per visą įdėklo pjūvį nuo paviršiaus iki įdėklo centro (šerdies). Kad būtų gautas plokščias paviršius bandiniai buvo specialiu presu įlieti į plastiką. Bandinys šlifuojamas, o vėliau poliruojamas. Mechaninis poliravimas atliekamas ant besisukančio disko kuris apklijuotas poliravimo medžiaga ant kurios pastoviai tiekama abrazyvinė medžiaga iš labai mažyčių dalelių (chromo oksido, aliuminio oksido...). Šios medžiagos išmaišomos vandenyje ir vėliau jomis drėkinamas diskas. Disko sukimosi greitis 400-600 aps/min kai diametras yra 250 mm. Poliruoti baigta kai paviršius tampa veidrodiniu.

2.3.2 Mikrostruktūriniai tyrimai

Atliekant mikrostruktūros tyrimą, po poliravimo ir apiplovimo, apžiūrimas mikrošlifas. Nemetalinės priemaišos šlifuojant ar poliruojant galėjo būti pašalintos. Be to nemetalinės priemaišos turi mažesnes atsispindėjimo savybes nei metalai. Dėl to oksidų, sulfidų ir silikatų plotai matomumo lauke atrodo tamsūs.

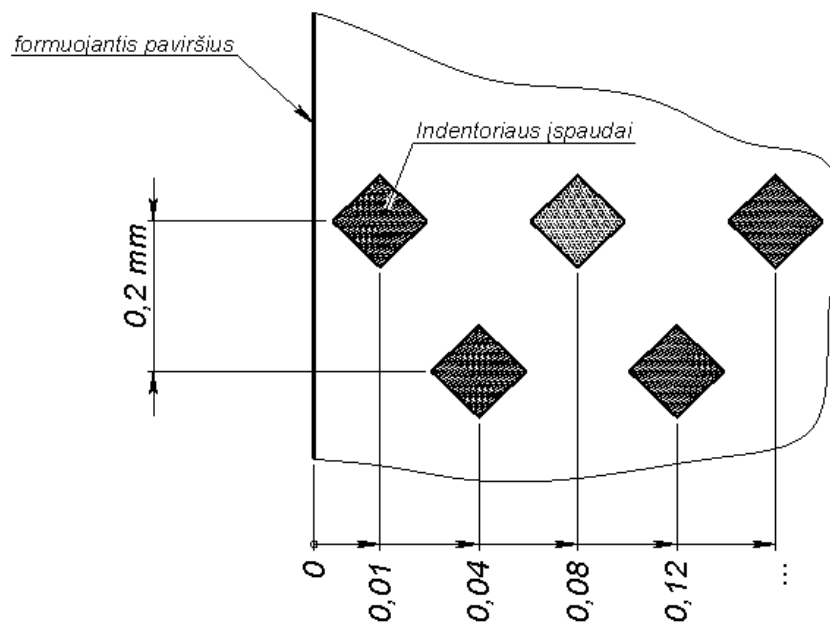
Nemetalinių medžiagų kiekis ir pasiskirstymas nustatomas sulyginant tiriamą mikrošlifą su specialiai paruoštomis skalėmis. O priemaišų prigimtis nustatoma specialiu išdininimu, kai priemaišos ištirpsta arba pakeičia spalvą.

Šiame darbe mikroskopiniams struktūros tyrimams naudojamas mikroskopas „Epiquant“. Mikroskopu ištirtas plieno 1.2344 paviršius, įsigilinant nuo įdėklo darbinio paviršiaus link centro 1 mm. Pasinaudojant įdėklų žymėjimu, tai kartojama 2 grupėms:

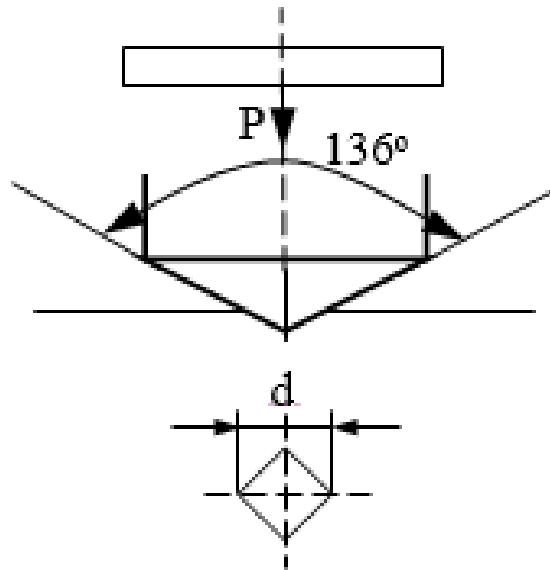
- I. Termiškai gerintų:
 - A - Prieš šampavimą;
 - C - Po šampavimo;
- II. Termiškai gerintų ir azotintų druskose:
 - B - prieš šampavimą;
 - D - po šampavimo;

2.3.3 Mikrokietumo tyrimai

Šiuo atveju buvo nustatomi dangų mikrotūrių kietumai, o tyrimo pagrindinis tikslas – atskirų dalelių, struktūrinių dedamųjų kietumo nustatymas, kietumo anizotropijos nustatymas skirtingose dangos vietose. Mikrokietmatis yra skirtas medžiagų ir atskirų struktūrinių dedamųjų kietumui nustatyti pagal įspaudą gautą indentorių apkrovus pasirinkto dydžio svoriu. Tiriant mikrokietumą, įspaudos buvo daromos kas 0,04 mm nuo perpjauto paviršiaus link įdėklo šerdies iki 1 mm gylio. Kiečio matavimų išsidėstymas pateiktas Pav. 2.3.



Pav. 2.3 Kietumo matavimo žemėlapis



Bandymo paviršius tinkamai paruoštas (šlifuotas ir poliruotas), kad būtų galima kuo tiksliau išmatuoti įstrižaines. Tiriant mikrokietumą, į medžiagos paviršių 200 g apkrova įspaudžiama keturkampė piramidė (indentorius), kurios kampas tarp priešingų briaunų yra 136°. Nuėmus apkrovą išmatuojama gautos kvadratinės įspaudos įstrižainė d . Apkrova buvo parinkta atsižvelgiant į matuojamos medžiagos paviršinio sluoksnio storį, fazių dydį ir atstumą nuo bandinio krašto.

Mikrokietumas paskaičiuojamas pagal formulę:

$$H = \frac{2P \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2}, \text{ arba } H = 1,854 \frac{P}{d^2}, \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right)$$

čia: P – apkrova, kg f

d – įstrižainės ilgis, mm

Norint gauti mikrokietumą MPa vienetais, gautas reikšmes reikia dauginti iš 9,807.

3 REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

3.1 Mikrostruktūriniai tyrimai

3.1.1 Neeksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų mikrostruktūra

Kadangi plienas buvo įkaitintas grūdinimui, o tai reiškia, kad jame susidaro austenitinė sandara. Aušinant alyvoje, aušinimo greitis yra žemesnis už kritinį, todėl susidariusioje struktūroje matyti martesitinė struktūra su trostitu ir liekamuoju austenitu. Visiems įdėklams buvo naudojama ta pati grūdinimo programa, todėl jų struktūra po terminio gerinimo labai mažai pasikeitė. Didžiausią skirtumą tarp jų įtakojo tik tai, kad įdėklai nebuvo gamina viena partija, todėl šiek tiek skyrėsi ir jų aušinimo greitis, butent dėl šios priežasties ir matome vienos struktūrose daugiau, o kitose mažiau trostito.



1.



2.



3.



4.

Pav. 3.1 Termiškai gerintų, neeksploatuotų įdėklų mikrostruktūra.

3.1.2 Eksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų mikrostruktūra

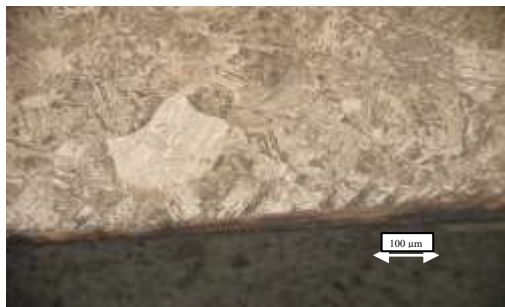
Paveikslėlyje (Pav. 3.2) pateikta tų pačių kalimo šampų įdėklų ir ta pačia tvarka kaip ir Pav. 3.1 mikrostruktūros. Iš struktūrų matyti, kad įdėklo paviršiuje yra susidariusių karbidų, o taip yra dėl to, kad martensitas jau nuo 100° C pradeda skilti. Šampavimo šampų darbinė temperatūra yra 200° C, tačiau ruošinio kontakto metu su įdėklu, įdėklo paviršiuje temperatūra užkyla aukščiau, atitinkai tiek, kiek karštas ruošinys liečiasi su įdėklu (± 3 sekundės). Nuo to, įdėklo paviršius įkaitsta labiau nei jo centras. Paviršius atsileidžia o atleidimo martensitas virsta atleidimo trostitu arba net sorbidu. Taip sumažėja įdėklo kietumas ir stiprumas, padidėja plastiškumas ko pasekoje padidėja deformacijos ir paviršiaus dilimas.



1.



2.



3.



4.

Pav. 3.2 Termiškai gerintų, eksploatuotų įdėklų mikrostruktūra.

3.1.3 Neeksploatuotų, azotintų druskose įdėklų mikrostruktūra

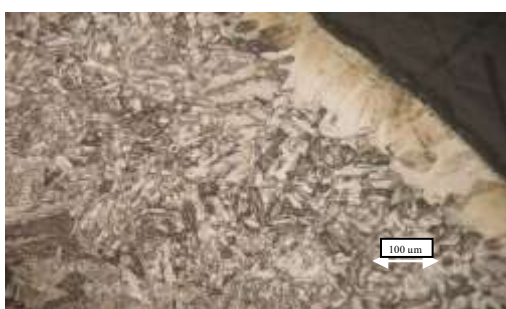
Iš mikrostruktūrų galime aiškiai matyti nitridus susikaupusius įdėklų paviršiuose. Kai įdėklai azotinami druskose, vyksta cheminiai procesai ir išsiskyręs azotas difunduoja į metalo paviršių. Nuo įdėklų išlaikymo druskose priklauso įsotinimo gylis, t.y. kaip giliai jis gali įsiskverbti į įdėklą. Tai reiškia, kad po kietų nitridų sluoksnio yra difuzinė zona kur yra įsiskverbusių azoto ir kitų druskų, bet nesudariusių kietųjų azoto nitridų – ir ji vadinama difuzine zona. Toliau įsigilinant link įdėklo centro matoma nepakitusi terminio gerinimo struktūra. Nitridų sluoksnis siekia svyruoja tarp 0,15-0,25 mm.



1.



2.



3.



4.

Pav. 3.3 Azotintų druskose, neeksploatuotų įdėklų mikrostruktūros.

3.1.4 Eksploatuotų, azotintų druskose įdėklų mikrostruktūra

Kaip keičiasi įdėklų mikrostruktūra ir azotintas sluoksnis po karštojo šampavimo pateikta (Pav. 3.4). Iš čia matyti, kad azoto sluoksnis yra gerokai mažesnis lyginant su (Pav. 3.3) pateiktomis mikrostruktūromis. Taip yra dėl to, kad darbo metu dėl didelės trinties, kietas azoto sluoksnis dėl nuovargio ir minkštesnės įdėklo šerdies pradeda trukinėti ir trupėti. Labiausiai nudilusi zona matoma (Pav. 3.4, 3.). Gilesniame sluoksnyje matyti difuzinė zona, dar tolimiasniame matoma martensitinė-trostitinė struktūra.



1.



2.



3.



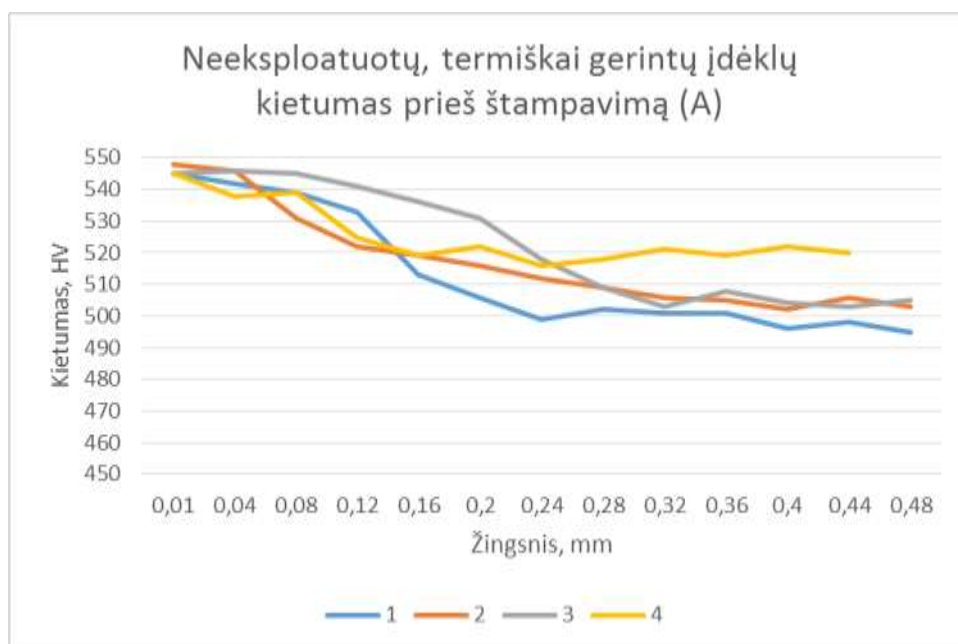
4.

Pav. 3.4 Azotintų druskose, eksploatuotų įdėklų mikrostruktūros.

3.2 Mikrokietumo tyrimai

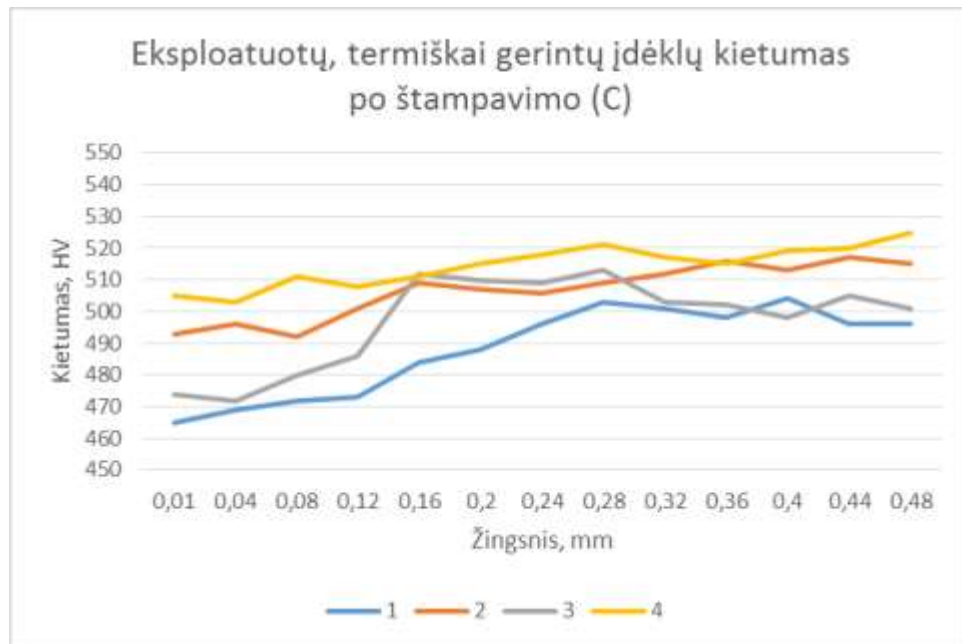
3.2.1 Neeksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų kietumas prieš šampavimą

Kietumas buvo matuojamas 4-iems skirtingiems įdėklams, skirtingų terminio gerinimo partijų. Tai įtakoja šiek tiek skirtingus rezultatus, pateiktus viename grafike. Visų įdėklų paviršius kietesnis lyginant su jo kietumu giliausiu sluoksniu. Taip yra dėl to, kad paviršinių sluoksnių aušimo greitis didesnis už gilesnių sluoksnių, dėl to jie užsigrūdina labiau. Matuojant kietumą labiau link įdėklo centro, jis sumažėja ~20...30 HV vienetų ir nusistovi į pastovų su ± 3 HV vienetų tolerancijos lauku. Iš to galime teigti kad įdėklas taip užsigrūdinęs per visą skerspjūvio plotą.



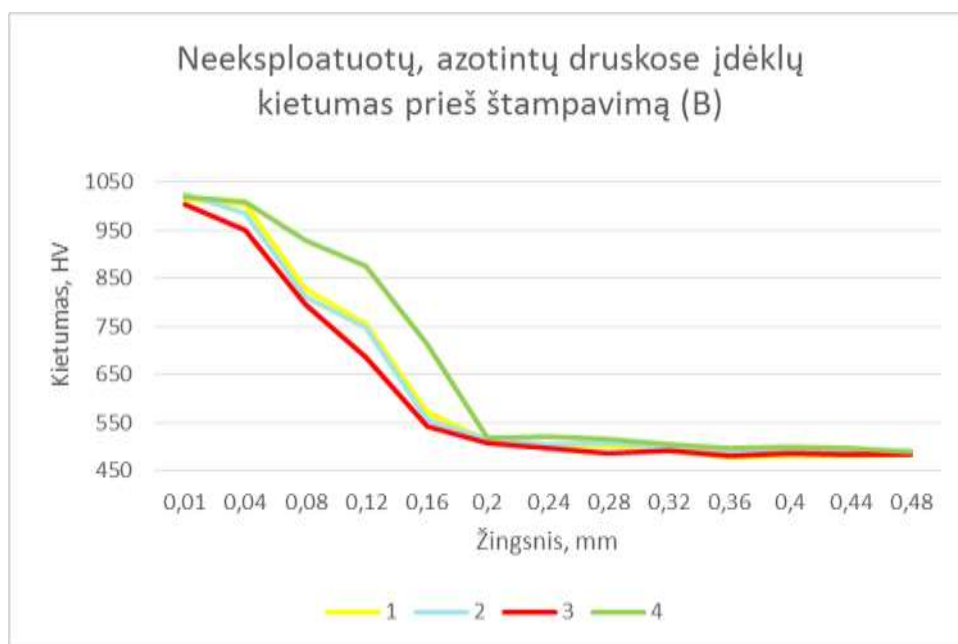
3.2.2 Eksploatuotų, termiškai gerintų įdėklų kietumas prieš štapavimą

Kietumas po karštojo štapavimo šiek tiek sumažėja. Ypač sumažėja kietumas paviršiniuose sluoksniuose nuo įdėklo paviršiaus iki ~0,2 mm. Taip yra dėl to, kad kaitinys kontaktuoja su įdėklo paviršiumi ir šis įkaista labiau nei įdėklo centras ir paviršiniai sluoksniai atsileidžia. Perkaitinus įdėklą atsileidžia per visą skerspjūvį ir kietumas sumažėja.



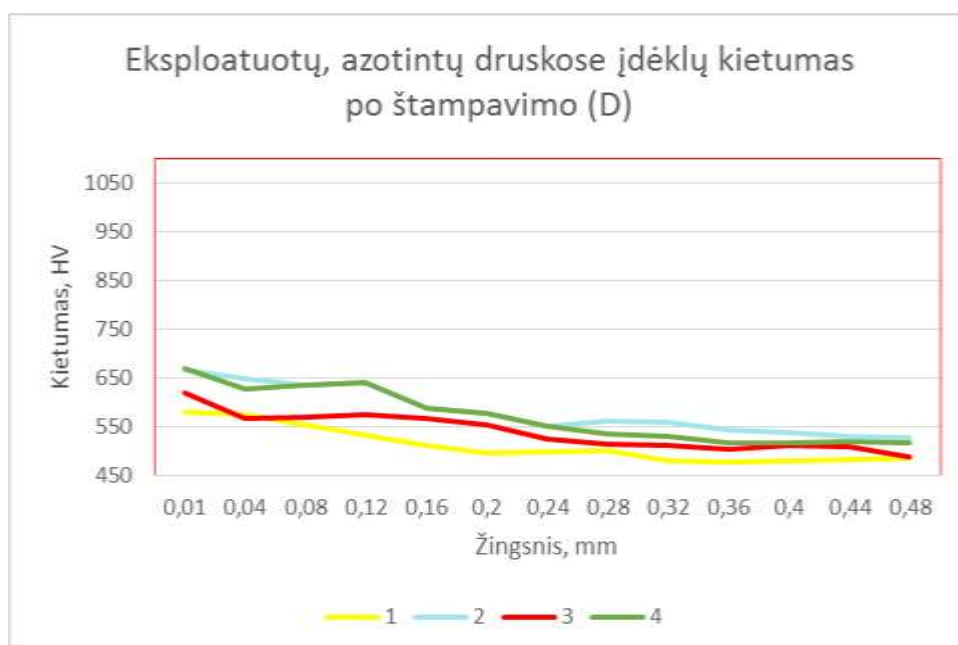
3.2.3 Neeksploatuotų, azotintų druskose įdėklų kietumas

Prieš tai darytose mikrostruktūros nuotraukose buvo matomas kietų nitridų sluoksnis. Jų kietumas pateiktas grafiškai. Didžiausias kietumas buvo gautas 1025 HV. Sluoksnio kietumas vyrauja 0,16 mm diapozone, toliau kietumas palaipsniui mažėja kol gaunamas prieš tai darytu terminiu gerinimu gautas kietumas.



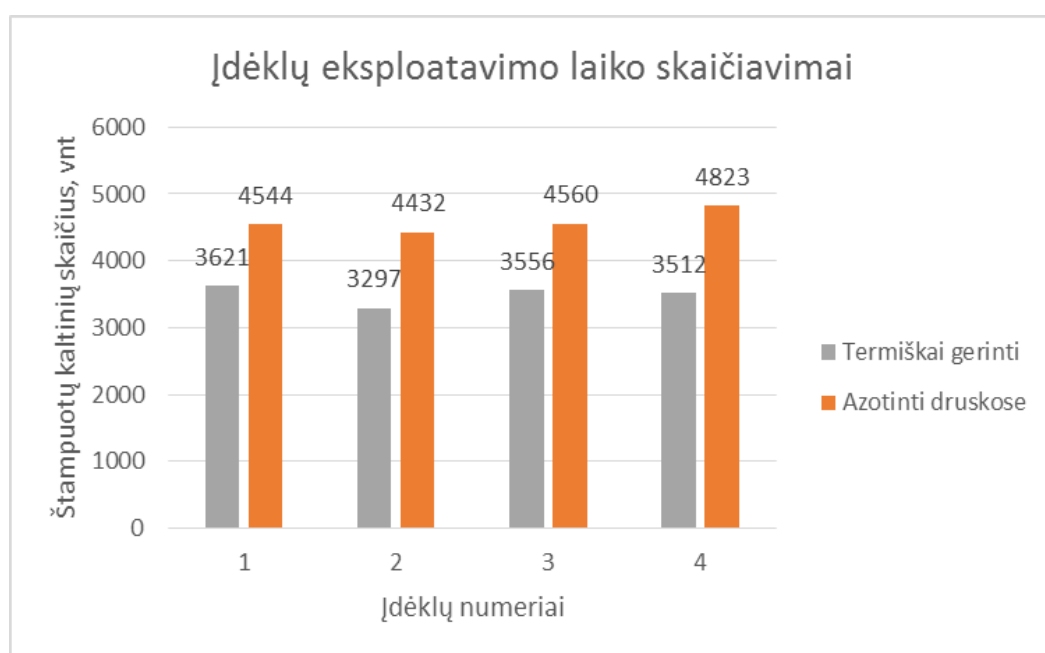
3.2.4 Eksploatuotų, azotintų druskose įdėklų kietumas po šampavimo

Po karštojo šampavimo su azotintais įdėklais nustatyta, kad kietumas paviršiniuose sluoksniuose mažesnis beveik 1,5 karto. Taip yra todėl, kad azoto sluoksnis nudilo, vietomis ištrupėjo ir jo nebeliko. Paviršiuje kietumas didesnis nei gilumoje dėl to kad čia vistiek dar likę įsiskverbusio azoto (difuzinės zonos) kuri yra kietesnė už grynąjį metalą. Tokio sluoksnio storis siekia iki 0,3 mm.



3.3 Įdėklų eksploataavimo laiko skaičiavimai

Duomenis patogiu analizuoti stulpeline diagrama. Pagal kaltinio reikalavimus, įdėklams buvo leidžiami paviršiaus defektai iki 0,3mm kurie atsispindėjo kaltinyje. Pagal šiuos defektus nustatyta kad įdėklų paviršiaus nudilimas yra apie 0,2 mm. Trumpiausias eksploataavimo laikas t.y. greičiausiai susidėvėjo antras tik termiškai gerintas įdėklas, su kuriuo buvo pagaminta 3297 vnt štampuotų detalių. Ilgiausiai nesudilo azotintas 4 įdėklas, su kuriuo buvo suštampuoti 4823 kaltiniai. Eksploataavimo laikui įtakos turėjo ir pačio proceso veiksniai tokie kaip įdėklų temperatūra, darbo ciklas, ruošinių oksidavimasis po jų kaitinimo ir kt. Vis dėl to nustatyta, kad visais atvejais azotintų įdėklų eksploataavimo laikas ilgesnis maždaug 25-35% nei termiškai gerintų įdėklų.



4 IŠVADOS

1. Išanalizuota terminio ir termocheminio gerinimo būdai karštajam šampavimui, jų taikymo metodai ir naudojami įrenginiai.
2. Atlikus įdėklų metalografinius tyrimus nustatyta, kad visų jų struktūra susideda iš martensito ir trostito, o azotintų įdėklų paviršiuje susidaro iki 0,25mm nitridų sluoksnis.
3. Atlikus termiškai gerintų įdėklų mechaninių savybių tyrimus ir įvertinus paviršiaus nudilimą 0,2mm nustatyta, kad jų kietumas paviršiuje (iki 0,24 mm) po šampavimo sumažėja iki 50 HV.
4. Atlikus azotintų druskose įdėklų mechaninių savybių tyrimus ir įvertinus paviršiaus nudilimą 0,2mm nustatyta, kad termochemiškai gerintų įdėklų kietumas paviršiuje (iki 0,24 mm) po šampavimo sumažėja 420 HV, tačiau jų paviršiaus kietumas iki 0,16 mm gylio yra didesnis 150 HV lyginant su termiškai gerintais.
5. Išanalizavus termiškai gerintų ir azotintų druskose įdėklų eksploataavimo laiką nustatyta, kad vidutiniškai su termiškai gerintais įdėklais buvo šampuota 3496 (vnt), o su azotintais – 4590 (vnt). Tai reiškia, kad vidutiniškai 1094 (vnt) azotintais įdėklais pagaminama daugiau, o tai sudaro 25 %.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Kulikauskas, L. Ambroza, P. ir kt. Konstrukcinių medžiagų technologija ir medžiagotyra. Vilnius: „Mokslas” 1991, 363 p.;
2. Юговир, С. З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей. Москва: Машиностроение, 1968, С. 215.
3. Kalpakjan, S. Steven, R. Schmid. Manufacturing Engineering and Technology. Printed in the United States of America, 2000, 901 p.;
4. Мастеров, В. А. Берковский, В.С. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. Москва: Металлургия, 1989, С. 399.
5. Taylan Altan, Gracious Ngaile, Gangshu Shen. Cold and Hot Forging. Printed of USA, 2005, 341p., 123p.
6. Фиргер, И. В. Термическая обработка сплавов. Ленинград „Машиностроение” Ленинградское Отделение: 1982, С.303.
7. https://www.google.lt/search?q=indukcinio+kaitinimo+schema&biw=1366&bih=659&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjs4YbAyI7KAhVE3iwKHNFoBAMQ_AUIBigB#tbn=isch&q=induction+heating&imgsrc=afDplIo2DWEGMM%3A.
8. Ковка И Штамповка. Справочник. Том 2. Под редакцией семенова, Е. И. Москва: Машиностроение, 1986, С. 592.
9. Мансуров, А. М. Технология горячей штамповки. Москва: Издательство, Машиностроение 1971, С.414.
10. Бойцов, В. В. Трофимов, И. Д. Горячая объемная штамповка. Москва: Высшая Школа, 1982, С.296.
11. Вербицкий, Е. И. Добровольский, И. Г. Курсовое проектирование По Горячей Штамповке. Минск: Вышэшая Школа, 1978, С. 207.
12. P. Ambroza, L. Kavaliauskienė. Lydinių savybių keitimo terminiu poveikiu procesai ir technologijos. Kaunas: Technologija 2011, 159p.
13. T. Bell, Ferritic Nitrocarburizing, Met. Eng. Q., May 1976, reprinted in Source Book on Nitriding, P.M. Unterweiser and A.G. Gray, Ed., American Society for Metals, 1977, p 266– 278.
14. The Cassel Manual of Heat-Treatment and Case Hardening, 7th ed., Imperial Chemical Industries Ltd., United Kingdom, 1964.
15. Joseph Lucas Ltd., United Kingdom, British Patent 1, 011, 580 p.

16. B. Prenosil, Structures of Layers Produced by Bath Nitriding and by Nitriding in Ammonia Atmospheres with Hydrocarbon Additions, *Härt.-Tech. Mitt.*, Vol 20 (No. 1), April 1965, p 41–49 (BISI translation 4720).
17. J.R. Davis, Ed., *Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance*, ASM International, 2001, p 191 2. 3. 4. 5.
18. Pye, David. *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing*. Materials Park, OH, USA: ASM International, 2003. ProQuest ebrary. Web. 15 December 2015.
19. J.R. Easterday, “Salt Bath Ferritic Nitrocarburizing,” product literature, Kolene Corporation, Detroit.
20. Tool Materials, *ASM Specialty Handbook*, ASM International, 1995, 228 p.
21. J.R. Easterday, Expanding the Temperature Range for Salt Bath Nitrocarburizing, *Ind. Heat.*, Vol 70 (No. 1), Jan 2003, 34– 38 p.
22. Liquid Nitriding, *Heat Treating*, Vol 4, *ASM Handbook*, ASM International, 1991, p 410– 419.
23. P. Ambroza, R. Bendikienė ir kt. *Medžiagotyra ir terminis apdorojimas*. Kaunas: Technologija 2008, 74 p.

PRIEDAI

1 Priedas. Kalimo šampas

2 Priedas. Tiriamas šampavimo įdėklas