



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Vytautas Jurgaitis

**VERŽLĖS ELEMENTO, PRIVIRINTO TAŠKINIŲ BŪDU,
STIPRUMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Ramūnas Česnavičius

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**VERŽLĖS ELEMENTO, PRIVIRINTO TAŠKINIŲ BŪDU,
STIPRUMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Gamybos inžinerija (621H70004)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Ramūnas Česnavičius
(data)

Recenzentas

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

Projektą atliko

(parašas) Vytautas Jurgaitis
(data)

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

**MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS
Studijų programa GAMYBOS INŽINERIJA**

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis projektas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas, kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, yra įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju projektu bei jo gynimu studentas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Projekto tema Veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu, stiprumo tyrimas;
Investigation of Strength of spot Welded Nut Element

Patvirtinta 2017 m. gruodžio 11 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-12

2. Projekto tikslas Nustatyti veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu stiprumą, palyginti skirtingais parametrais privirintas veržles ir nustatyti suvirintų jungčių kokybę.

- 3. Projekto struktūra Atlikti mokslinės literatūros analizę;
Atlikti suvirintų jungčių stiprumo tyrimą;
Atlikti mikrostruktūros tyrimą;
Nustatyti suvirinimo vietoje susidarančias zonas;
Nustatyti suvirinto taško kietumą;
Suformuluoti išvadas;

4. Reikalavimai ir sąlygos _____

5. Projekto pateikimo terminas 2017 m. gruodžio mėn. 21 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis

Studentas _____
(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas _____
(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Vytautas Jurgaitis

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija (621H70004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu, stiprumo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Vytauto Jurgaičio**, baigiamasis projektas tema „Veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu, stiprumo 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)

Turinys

Įvadas	11
1 Literatūros apžvalga.....	12
1.1 Taškinio suvirinimo proceso apibūdinimas	12
1.1.1 Taškinio suvirinimo parametrai.....	12
1.2 Veržlių ir varžtų virinimas taškiniu metodu	14
1.3 Suvirintų jungčių tyrimo metodai	16
1.3.1 Kontaktinio taškinio suvirinimo kokybė	17
1.4 Gamyboje kylančios problemos.....	18
1.5 Literatūros apžvalgos išvados	21
2 Eksperimentinė dalis.....	22
2.1 Bandinių gamyba	22
2.2 Suvirinimo įranga	24
2.2.1 Suvirinimo įtaisas	25
2.3 Eksperimentinė įranga	26
2.3.1 Tempimo bandymas	27
2.3.2 Grafiko charakteringi taškai	28
2.3.3 Tempimo grafikų analizė.....	29
2.3.4 Rezultatų palyginimas	32
2.4 Mikrostruktūros tyrimas	34
2.4.1 Eksperimentinė įranga ir bandinių paruošimas	34
2.4.2 Mikrostruktūros analizė.....	36
2.5 Suvirinto taško kietumas.....	39
2.5.1 Eksperimentinė įranga	39
2.5.2 Suvirinto taško kietumo bandymas	39
2.5.3 Kietumo tyrimo išvados	41
Išvados.....	42
Literatūra	44

Vytautas, Jurgaitis. Veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu, stiprumo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Ramūnas Česnavičius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: gamybos inžinerija, technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: *kontaktinis veržlių suvirinimas, stiprumo tyrimas, mikrostruktūros tyrimas, kietumo tyrimas.*

Kaunas, 2018. 43 p.

SANTRAUKA

Šio darbo tikslas yra nustatyti veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu, stiprumą, palyginti skirtingais parametrais suvirintas jungtis ir nustatyti suvirintų jungčių kokybę.

Darbe išanalizuota gamybinėje įmonėje iškilusi problema. Atlikta mokslinės literatūros analizė ir nagrinėjami straipsniai, kuriuose buvo tiriamas kontaktinis suvirinimas. Suformuotas darbo tikslas ir uždaviniai. Pagaminti trijų tipų bandiniai, keičiant suvirinimo srovės stiprį ir nustatytas šių bandinių suvirintos jungties stiprumas. Tuomet atlikta mikrostruktūros analizė ir nustatytos jungtyje susidarančios zonos ir pamatuotas suvirinto kontakto kietumas. Atlikta gautų rezultatų analizė ir suformuluotos tyrimo išvados.

Vytautas, Jurgaitis. *Investigation of Strength of spot Welded Nut Element*. Master's Final Project / supervisor assoc. prof. Ramūnas Česnavičius. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Production Engineering, Technological sciences.

Key words: *spot welding, strength, welded joints, welding parameters*.

Kaunas, 2018. 43 p.

SUMMARY

The purpose of this study is to investigate the strength of spot welded joints, to compare the joints welded by different welding parameters and to determine the quality of welded joints.

A problem that occurred in one production company was analyzed in this work. There was made an analysis of scientific literature and the articles in which contact welding was investigated. The goal and tasks of the work were formulated. According to different welding current there were produced three samples of welded joints and determined the strength of those joints. Microstructural characterization of joints was defined. There were defined the fusion zones of welded joints and hardness of the welded contacts was measured. Finally, the analysis of the obtained results and the conclusions of the research were formulated.

Įvadas

Technologijoms žengiant į priekį, gamybos pramonė susiduria su labai rimtais iššūkiais. Naujai kuriamiems produktams keliami vis aukštesni kokybės ir sudėtingo dizaino reikalavimai. Ne išimtis ir automobilių pramonė. Automobiliai turi atitikti aukštus saugumo ir kokybės standartus, bet tuo pačiu išlikti komfortiški ir geros išvaizdos. Pastaruoju metu vis labiau prisideda ir aplinkosauginiai reikalavimai, kurie galioja tiek gamybos pramonei, tiek ir patiems automobiliams. Visi šie reikalavimai skatina ieškoti naujų, modernių medžiagų ir naujų technologijų, taip pat tobulinti jau naudojamus procesus bei geriau juos suprasti.

Automobilių pramonėje taškinis suvirinimas yra vienas labiausiai naudojamų sujungimo būdų. Šiuo metodu sujungiamos korpuso detalės, prie detalių jungiami varžtai, veržlės. Didelis šio metodo privalumas yra aukštas automatizavimo lygis, kuris leidžia gaminti didelius kiekius detalių ir taip sumažinti gamybos laiką ir tuo pačiu kainą. Siekiant užtikrinti jungties patikimumą, reikia atlikti tyrimus, kurie parodo sujungimo kokybę. Naudojant standartinius komponentus, tyrimai su jais jau būna atlikti, ir rezultatai jau būna žinomi. Kai yra naudojamos kitos nestandartinės medžiagos, nežinoma, kokią įtaką jungties kokybei turės naudojami suvirinimo parametrai ir kokia bus suvirintos jungties kokybė. Todėl, atlikus šį tyrimą, galėsime kontroliuoti suvirinimo kokybę naudojant tyrime aprašytas medžiagas.

Darbo tikslas – nustatyti veržlės elemento, privirinto taškiniu būdu, stiprumą, palyginti skirtingais parametrais suvirintas jungtis ir nustatyti suvirintų jungčių kokybę.

Uždaviniai:

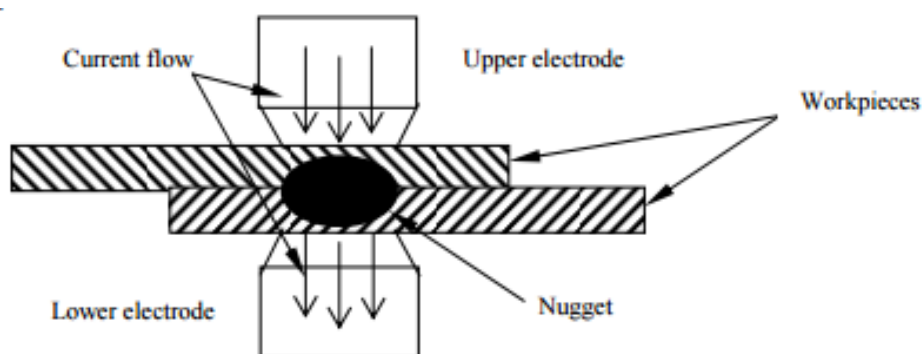
- Atlikti mokslinės literatūros analizę;
- Atlikti suvirintų jungčių stiprumo tyrimą;
- Atlikti mikrostruktūros tyrimą;
- Nustatyti suvirinimo vietoje susidarancias zonas;
- Nustatyti suvirinto taško kietumą;
- Suformuluoti išvadas.

1 Literatūros apžvalga

1.1 Taškinio suvirinimo proceso apibūdinimas

Taškinis suvirinimas yra plačiai naudojamas suvirinimo metodas, jis gali būti naudojamas sujungti metalo lakštus. Šis suvirinimo metodas gali būti taikomas daugumai metalų, iš kurių pagrindinis yra plienas. Taškinis suvirinimas dažnai naudojamas dėl to, kad yra pigus ir greitas metodas, lyginant su kitais suvirinimo metodais. Jis dažnai naudojamas automobilių pramonėje, jungiant korpuso dalis ir panašiai.

Suvirinimo principas pagrįstas srovės tekėjimu per elektrodus. Tekanti srovė įkaitina metalo plokšteles iki lydymosi temperatūros, tuomet elektrodus veikianti jėga suspaudžia išlydytą metalą. Galiausiai srovės tekėjimas nutraukiamas ir išlydytas metalas kristalizuojasi, sukurdamas suvirintą jungtį. Suvirinimo principinė schema pavaizduota 1.1 paveikslėlyje.



1.1 pav. Kontaktinio suvirinimo iliustracija [9]

1.1.1 Taškinio suvirinimo parametrai

Taškinio suvirinimo procese yra keletas kintamųjų, nuo kurių priklauso pats suvirinimo procesas. Šie kintamieji yra vadinami parametrais. Kiekvienas parametras turi skirtingą įtaką suvirinimo procesui, nuo jų priklauso ir pati suvirinimo jungties kokybė. M.Raut ir V. Achwal (2014) savo moksliniame tyrime [1], atliko suvirinimo parametų optimizavimą, kad būtų pasiektas maksimalus suvirintos jungties stiprumas, atliekant tempimo bandymus. Remiantis jų tyrimu, galime išskirti šešis pagrindinius suvirinimo parametrus:

- Elektrodo suspaudimo jėga;
- Elektrodo kontakto skersmuo;
- Suspaudimo laikas;
- Virinimo laikas;
- Išlaikymas (aušimo laikas);
- Suvirinimo srovė.

Elektrodo suspaudimo jėga yra reikalinga suspausti virinamoms detalėms ties suvirinimo vieta ir išlaikyti jas kartu viso proceso metu.

Elektrodo kontakto skersmuo. Šis parametras yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$5 \times t^{\frac{1}{2}}$$

Čia t – suvirinamo metalo storis.

Suspaudimo laikas yra laikas tarp pradinio elektrodo suspaudimo ir srovės paleidimo į suvirinimo zoną.

Virinimo laikas – tai laikas, per kuri į suvirinimo zoną leidžiama srovė.

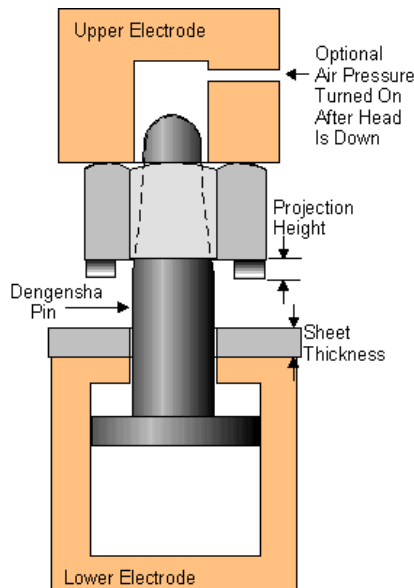
Išlaikymas – tai laikas, kai plokštelės jau suvirintos, bet elektrodai dar neatleidžiami, kad išlydytas metalas sustingtų.

Suvirinimo srovė – tai srovė, kuriai tekant išlydomas metalas ir vyksta suvirinimo procesas.

Priimant sprendimą, koku metodu bus jungiami komponentai, reikia atsižvelgti į daug aspektų ir vienas iš jų yra jungiamų detalių storis. Suvirintos siūlės stiprumo priklausomybę nuo jungiamų plokštelių storio, savo moksliniame tyrime [2] nagrinėjo N. Charde. Tyrimo objektas buvo 1mm ir 2mm storio plieninės plokštelės. Tyrimas buvo atliekamas keičiant suvirinimo srovę ir laiką, kiti parametrai buvo nekeičiami. Tyrimas apsiribojo dviejų storių metalo plokštelėmis, vienu metu buvo virinamos tokio paties storio plokštelės. Vėliau atlikti testai ir išanalizuotos suvirintos jungtys. Nustatyta, kad storesnės plokštelės buvo atsparesnės tempimo jėgai proporcingai metalui storėjant.

1.2 Veržlių ir varžtų virinimas taškiniu metodu

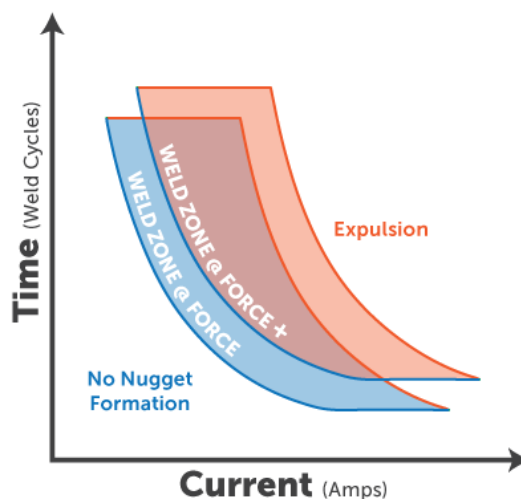
Taškinis suvirinimas yra labai plačiai naudojamas metodas. Vienas iš panaudojimo pavyzdžių galėtų būti veržlių arba varžtų virinimas prie detalų, siekiant surinkimą padaryti paprastesniu. Kai vienas iš veržlinės jungties komponentų yra sunkiai pasiekiamas, jis pritvirtinamas prie pačios detalės ir sujungimas tampa paprastesnis bei patogesnis. Antrasis pritaikymo pavyzdys būtų gamybos automatizavimas. Šiuolaikinėje gamyboje stengiamasi automatizuoti kuo daugiau procesų, kadangi taip gamybos procesas tampa pigesnis ir greitesnis. Viena iš projektavimo automatizuotam rinkimui taisyklių yra konstrukcijos technologiškumas. Tam tikrais atvejais, šio reikalavimo galima pasiekti prie jungiamų komponentų pritvirtinant veržles ar varžtus. Kontaktinis veržlių suvirinimo procesas [7] yra panašus į taškinį suvirinimą. Tačiau taškinio suvirinimo metodu kontakto paviršiaus plotas nulemia srovės pratekėjimą. Šiuo atveju srovės pratekėjimas yra apribotas veržlės kontaktų paviršiaus netolygumo. Tai iliustruoja 1.2 paveikslėlis. Kontaktinis veržlių ar varžtų suvirinimas apima tris etapus. Pirmame etape veržlė prisiliečia prie virinamos detalės, vyksta kontaktas. Antrame etape pradeda tekėti srovė, kuri įkaitina kontaktuojančias vietas iki lydymosi temperatūros. Trečiame etape elektrodus veikianti suspaudimo jėga sujungia detalę su veržle ar varžtu ir gaunama suvirinta jungtis.



1.2 pav. Kontaktinis veržlių suvirinimo procesas [10]

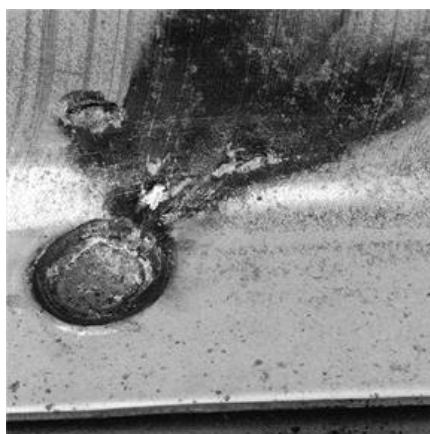
Kontaktinio suvirinimo metu, suvirinimo srovė yra mažesnė nei taškinio veržlių suvirinimo metu, kadangi šiuo atveju kontaktai labai greitai įkaista ir per didelė srovė sukeltų metalo išpūtimą. Tačiau srovė turi būti tokio dydžio, kad jos pakaktų išlydyti kontaktiniams paviršiams ir įvyktų susiliejimas. Trumpas suvirinimo laikas pageidautinas gamybos atžvilgiu, tačiau, norint sutrumpinti suvirinimo laiką, atitinkamai reikia didesnio srovės stiprio. Be to, labai svarbu optimizuoti

suvirinimo parametrus, kad išvengtume perkaitimo ir metalo išpūtimo. Kai kuriais atvejais, kai virinamos veržlės pagamintos iš labai kieto plieno, naudojamas impulsinis kontaktinis suvirinimas, kuriuo lengviau valdyti medžiagos įkaitimą. Ši savybė labai naudinga, kai veržlės arba varžtai virinami prie storo plieno lakštų, arba kai medžiagos šiluminis laidumas yra labai mažas. Suvirinimo proceso metu, elektrodų suspaudimo jėga turi būti tokio dydžio, kad išsilydžius veržlės ar varžto kontaktams, galėtų tinkamai prispausti ir sujungti elementus. Suvirinimo taško kokybės priklausomybė nuo srovės ir laiko pavaizduota 1.3 paveikslėlyje.



1.3 pav. Suvirinimo taško kokybės priklausomybė nuo srovės ir laiko. [11]

Jeigu elektrodų suspaudimo jėga bus per didelė, tai, nespėjus išsilydyti kontaktams, veržlė arba varžtas bus prispausti prie detalės ir kontakto vidurys gali likti nepilnai išsilydęs ar susijungęs. Suvirinimo įranga turi sugebėti sekti susiliejimo procesą. Per lėtas elektrodų suspaudimas gali lemti metalo išpūtimą, kaip pavaizduota 1.4 paveikslėlyje.



1.4 pav. Metalo išpūtimas [12]

M. Burca ir I. Lucaciu (2013) metais atliko veržlių, suvirinimo kontaktiniu būdu, tyrimą [5]. Tyrimo metu buvo virinamos M8 dydžio veržlės su plono iki 3mm storio metalo plokštelėmis. Po to buvo atliekami standartiniai bandymai, nusukant veržlę, siekiant nustatyti suvirinimo stiprumą.

E. Tolf, J. Hedegård (2015) atliko tyrimą [6] su trimis skirtingais M6 ir M8 veržlių tipais. Veržlės buvo privirinamos prie aukšto ir ultra aukšto stiprumo lakštinio plieno, kurio atsparumas tempiant siekia iki 1500MPa.

1.3 Suvirintų jungčių tyrimo metodai

V. Furlanetto, D. Stocco, G. F. Batalha, F. R. Szabados atliko tyrimą [3], kurio tikslas buvo palyginti du suvirintų jungčių tyrimo metodus ir nustatyti paklaidas. Pirmasis buvo tradicinis mikrostruktūros tyrimas, kuris atliekamas perpjovus suvirintą jungtį ir nustatant jungties kokybę. Tačiau tradiciniai nusukimo, tempimo ir panašūs tyrimo metodai ne visada parodo suvirintų detalių defektus. Antrasis tyrimo metodas buvo šiuolaikiškas tyrimas ultragarsu. Taikant šį tyrimo metodą nereikia ardyti jungties. Automobilių pramonėje dažniausiai naudojamų veržlių ir varžtų, suvirintų jungčių, tyrimui negalima pritaikyti A tipo skanavimo metodo, todėl tyrimo metu buvo naudojami prietaisai, kurie skenuoja B tipo [4] skanavimo metodu 1.5 paveikslėlis.



1.5 pav. Ultragarsinis prietaisas suvirintoms veržlėm tikrinti [13]

Tyrimo metu buvo nustatyta, kad ultragarsinis metodas gali aptikti nukrypimus suvirinimo procese, tačiau ribotame gylyje. Tačiau tyrimo autoriai pabrėžta, kad tyrimas buvo atliktas tam tikroje matmenų srityje.

1.3.1 Kontaktinio taškinio suvirinimo kokybė

Kontaktinis taškinis suvirinimas yra naudojamas plačiai. Atitinkamai pagal sritį, yra nustatomi kokybiniai parametrai, kuriuos turi tenkinti suvirinta jungtis. Norint juos tenkinti, reikia gerai suprasti skirtingų medžiagų elgseną, t.y. kaip jos reaguoja į suvirinimo procesą. Suvirinimo parametrai, kurie idealiai tinka vienoms medžiagoms, gali neužtikrinti suvirinimo kokybės, kai naudojami su kitomis medžiagomis. Labai svarbu suprasti medžiagos elgseną suvirinimo metu ir atlikti tyrimus su kuo daugiau medžiagų tam, kad galėtume lengviau parinkti suvirinimo parametrus ir užtikrinti suvirinimo kokybę.

Kontaktinį taškinį suvirinimą su mažaangliu plieniu ir angliniu plieniu tyrė A. Marashi, M. Pouranvari, S. Amirabdollahian, A. Abedi, M. Goodarzi. (2008). Tyrime [15], buvo nustatoma jungties kokybė, kai naudojami skirtingų rūšių plienai. Buvo atlikti stiprumo ir mikrostruktūros tyrimai.

Kontaktinį taškinį suvirinimą su angliniu plieniu ir galvanine danga padengtu plieniu tyrė M. Vural, A. Akkus, B. Eryürek. (2006). Tyrime [16], atlikti ciklinės apkrovos tyrimai su skirtingomis kombinacijomis suvirintais bandiniais. Buvo virinamos vienos rūšies metalo plokštelės, taip pat bandymai buvo atlikti su iš skirtingų plokštelių suvirintais bandiniais. Tyrimo objektas buvo suvirintų plokštelių kontakto skersmuo.

Šalto valcavimo anglinių plienų kontaktinį suvirinimą tyrė W. Liu, R. Wang, J. Han, X. Xu, Q. Li. (2010). Savo darbe [17], jie aiškino, kokią įtaką suvirinimo kokybei turi medžiagos poveikimas termiškai. Atliko mikrostruktūros analizę bei atliko tempimo bandymus ir medžiagos kietumo tyrimus.

Kontaktinio suvirinimo procesą, naudojant daug mangano turinčius plienus, tyrė C. Saha, S. Han, K. G. Chin, I. Choi, Y. Park. (2012). Moksliniame darbe [18] buvo tiriama suvirinimo srovės įtaka suvirinimo kokybei. Buvo atliekami tempimo bandymai, mikrostruktūros analizė. Taip pat buvo tiriami atsirandantys suvirinimo taško defektai.

Kontaktinio suvirinimo kokybę, naudojant mažaanglį plieną ir DP plieną, savo darbe, [19] tyrė M. Pouranvari, S.M. Mousavizadeh, S.P.H. Marashi, M. Goodarzi, M. Ghorbani (2011). Tyrimai su šiais plienais buvo atlikti, siekiant nustatyti suvirinimo parametrų įtaką suvirinimo taško kokybei. Buvo atlikti šlyties jėga nustatantys stiprumo tyrimai, atlikta mikrostruktūros analizė.

Kontaktinio suvirinimo kokybę, kai kontroliuojama procentinė šilumos dalis, tyrė M. Jou, (2002). Tyrimai buvo atlikti su įvairiais plienais, naudojamais automobilių pramonėje.[20]

Kontaktinio suvirinimo kokybę ir stiprumą, naudojant padengtus plienus, tyrė S. Aslanlar, (2006). Tyrimai buvo atlikti su 0,8mm ir 1mm storio padengtomis plieno plokštelėmis. Gamyboje dažnai taikomas kontaktinis suvirinimas su dengtais plienais. Jie leidžia sutaupyti, tačiau dėl dangos tampa sunkiau kontroliuojami.

1.4 Gamyboje kylančios problemos

Kai kalbama apie gamyboje kylančias problemas, kaip vieną iš svarbiausių galima paminėti kokybės užtikrinimą. Norint užtikrinti gaminamų detalių kokybę, reikia parinkti optimalius darbo režimus, atsižvelgiant į detalių medžiagas ir kitus kintamus aspektus, norint pasiekti geriausią rezultatą. Šiame darbe gilinamasi į problemas, atsirandančias virinamas veržles kontaktinio suvirinimo metodu.

Naudojant standartinius elementus, kurie pavaizduoti 1.6 paveikslėlyje, norint nustatyti, ar suvirinta jungtis, atitinka nurodytus reikalavimus, problemų dažniausiai nekyla.



1.6 pav. Standartinė, kontaktinio suvirinimo veržlė [14]

Veržlėje esantis sriegis leidžia atlikti testus, kurie nusako suvirintos jungties kokybę. Tokioms jungtims dažniausiai būna sudaryti konkretūs, standartizuoti reikalavimai. Jie būna nustatomi daugumai standartinių elementų pagal atitinkamus veržlių ar varžtų parametrus ir paskirtį. Standartai gali būti valstybiniai, taip pat, kai kurios didesnės įmonės susikuria savo vidinius standartus, kurių turi būti laikomasi visuose jų gaminamuose produktuose. Kaip pavyzdys gali būti laikomas vienos tarptautinės kompanijos standartas [8]. Jame nurodyta, kokioms veržlėms galioja šie reikalavimai, kokie testai turi būti atliekami privirintoms veržlėms, taip pat nurodomos tikrinimo

sąlygos, kurios neleidžia atsirasti dviprasmiškumams ar interpretacijoms. Galiausiai būna pateiktos lentelės su nurodytomis testų reikšmėmis, pagal veržlių nominalius matmenis, nuorodos į susijusius standartus.

Standartuose dažniausiai būna nurodyti bendro pobūdžio reikalavimai, kurie apibrėžia tikrinimo sąlygas. Veržlėms ir varžtams gali būti taikomi tokie tikrinimo kriterijai, su užduotomis skaitinėmis reikšmėmis:

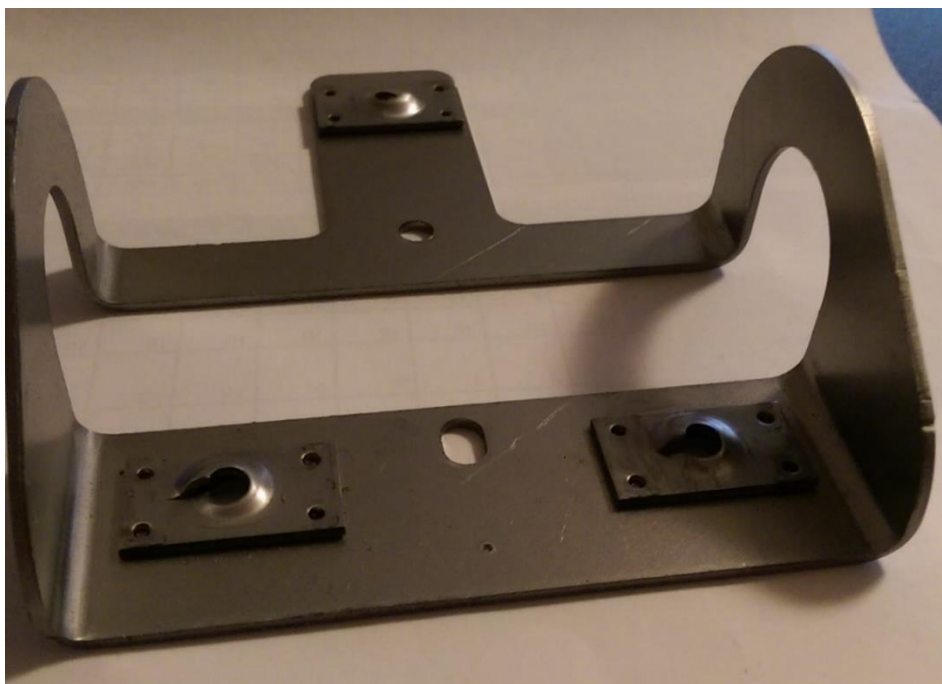
- Vizuali apžiūra;
- Minimalus sukimo momentas;
- Minimali tempimo jėga;
- Metalų mikrostruktūros tyrimas.

Kai prie detalės virinama nestandartinė veržlė, atsiranda sunkumų, norinti iširti tokios jungties patikimumą. Sunkumų gali sudaryti veržlės medžiaga, kai nežinome jos elgsenos suvirinimo proceso metu, jos mechaninės ir terminės charakteristikos. Tokios veržlės gali būti įvairios konfigūracijos. Kaip pavyzdys pateikta 1.7 paveikslėlyje pavaizduota veržlė, pagaminta šaltojo šampavimo metodu.



1.7 pav. Nestandartinė veržlė pavaizduota iš abiejų pusių.

Stačiakampės plokštelės formos veržlė, kurios sriegis suformuotas tam tikru kampu perlenkiant iškirstą skylę ir suformuojant sriegio viją. Taip pat jos kampuose suformuoti medžiagos iškilimai, kurie atlieka sujungimo funkciją, šią veržlę virinant prie detalės 1.8 paveikslėlis.



1.8 pav. Detalė su privirintomis veržlėmis

Veržlė yra nestandartinė, ji buvo pagaminta pagal įmonės užsakymą ir yra naudojama vidiniu mastu kaip vidinio, įmonės lygio, standarto. Ši jungtis nėra skirta atlaikyti didelėms apkrovoms, tačiau jos tikrinimui yra nurodyti reikalavimai, kuriuos turi tenkinti jungtis. Veržlės konstrukcija sudaro sunkumų tiriant suvirinimo stiprumą. Šios veržlės sriegis yra nestandartinis ir sudaro tik nepilną vijos žingsnį. Todėl nuplėšimo bandymo metu, sriegio stiprumo nepakanka, norint nuplėšti ją nuo detalės. Kadangi veržlė pagaminta iš 1mm storio metalo plokštelės, susiduriama su sunkumais norint ją suspausti griebtuve. Tarpelis tarp detalės ir veržlės paviršiaus sudaro 0,2-0,4mm, todėl standartinis griebtuvas naudojamas atsparumo bandymams netinka, atsiranda poreikis gaminti nestandartinį griebtuvą.

Nagrinėjamos jungties atveju, naudojama veržlė, kuri turi keturis kontaktinius paviršius, kurie jungimosi metu išsilydo ir sudaro neardomą jungtį. Kai naudojamos veržlės su trimis kontaktiniais paviršiais, gaunamas geriausias bazavimo atvejis. Visi trys kontaktai priglunda prie virinamo paviršiaus ir suvirinimo metu tarp veržlės ir detalės nesusidaro oro tarpelis, kuris turi neigiamą įtaką suvirinimo procese. Keturi kontaktai ant veržlės sudaro nestabilią bazavimo sistemą. Vienas kontaktas dėl gamybos nukrypimų gali būtų skirtingo aukščio. Dėl to atsiranda oro tarpelis.

Iki šiol detalės bandymas įmonėje buvo atliekamas taip. Privirinta veržlė būdavo perpjaunama per pusę. Tuomet, atlenkiami galai, kad būtų galima veržlę suspausti griebtuvu. Po to veržlė būdavo nuplėšiama ir matuojamas jos likusios dalies skersmuo, kurio dydis buvo apibrėžtas testavimo reikalavimuose. Atliekant bandymą šiuo metodu, veržlė nusiplėšdavo nepilnai, likdavo didesnė jos dalis negu tik suvirinti taškai 1.9 paveikslėlis.



1.9 pav. Privirinto elemento nuplėšimo testas

Toks nuplėšimo bandymas atliekamas tam, kad paskui būtų galima pamatuoti suvirinto taško skersmenį, kai jungtis išardoma. Standarte [8] nurodytas nuplėštos veržlės liekanos skersmens matavimas, kai pagal medžiagos parametrus, nurodomas liekanos skerspjūvio matmuo. Pagal tai atitinkamai sprendžiama, ar jungtis suvirinta kokybiškai. Šis metodas nurodytas suvirinimo standarte, tačiau jis neapibrėžia, ar suvirinamas kontaktas suvirintas optimaliausiais režimais ir kokia jėga yra reikalinga nuplėšti veržlei.

1.5 Literatūros apžvalgos išvados

Išanalizavus gamyboje iškilusią problemą, atlikta literatūros apžvalga ir nagrinėti aktualūs moksliniai straipsniai šiame darbe nagrinėjama tema. Pirmiausia buvo apžvelgta, kokie parametrai yra tiriami ir kokią įtaką jie turi suvirinimo procesui. Toliau apžvelgta, kokie tyrimai yra atlikti tiriant standartines veržles, suvirintas taškiniu metodu ir kokie yra jų kokybės vertinimo būdai. Galiausiai apžvelgta, kokie tyrimai yra atlikti kontaktinio suvirinimo srityje, su kokiomis medžiagomis atlikti bandymai ir kokie tyrimai atliekami nustatant suvirinimo kokybę.

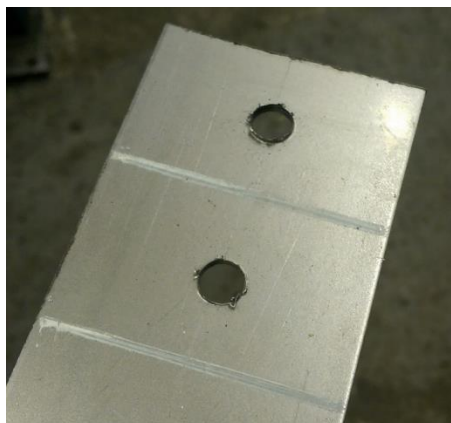
Kai buvo atlikta literatūros bei gamybinės problemos analizė, buvo apsispręsta atlikti bandymus, keičiant suvirinimo srovės stiprį. Šis parametras turi didelę įtaką suvirinimo taško skersmeniui, kuris matuojamas pagal standartą. Siekiama iširti, kokią įtaką suvirinimo kokybei turi šis parametras. Taip pat bus atliekamas stiprumo tyrimas ir palyginamos gautos jėgos, kai bandiniai suvirinami skirtingos srovės verte. Bus atliekama mikrostruktūros analizė, išskiriamos susidarancios zonos ir patikrinamas suvirinto taško kietumas.

2 Ekspermentinė dalis

2.1 Bandinių gamyba

Kadangi šiame darbe tiriamos, nestandartinės veržlės sriegis yra nepakankamo stiprumo, kad galėtume už jo tempti atlikdami stiprumo tyrimą, reikėjo ieškoti kitų galimybių bandymui atlikti. Buvo pasirinkta gaminti griebtuvą, bet atlikus bandymus pastebėta, kad smailios griebtuvo briaunos yra per silpnos atlaikyti veikiančias jėgas. Galiausiai buvo nuspręsta prie veržlės privirinti plokštelę tvirtinimui. Suvirinimas gali turėti įtakos medžiagos struktūros pasikeitimui, todėl virinant buvo stengtasi kuo mažiau perkaitinti detalę. Šiam tikslui pasiekti, suvirinimo laikas buvo kaip įmanoma trumpesnis, o suvirinimo sritis kuo toliau nuo tiriamų kontaktinių paviršių.

Pirmiausia gaminant bandinius buvo paruošti medžiagos gabalėliai. Juos gaminome iš 1,5mm storio DC 01 metalo juostos. Metalo sertifikatas 1priedas. Ruošinio išmatavimai 30x56mm. Viduryje padaryta 8,5mm skersmens kiaurymė 2.1 paveikslėlis, kad būtų galima ruošini uždėti ant virinimo įrangos naudojamos gamyboje ir nereiktų jo koreguoti.



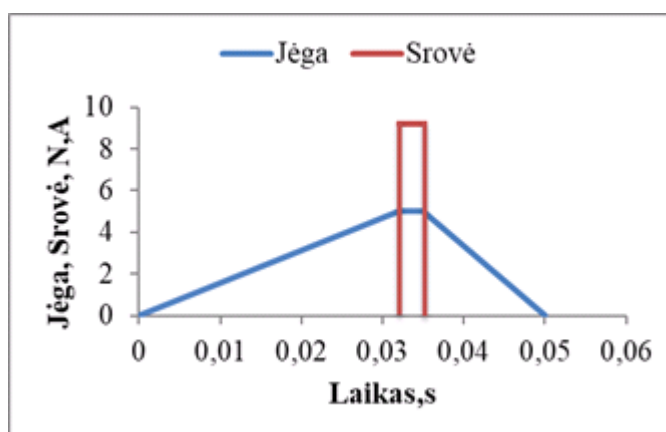
2.1 pav. Pradinis ruošinys su išgręžtomis skylėmis

Prie bandymo plokštelių virintos nestandartinės veržlės, keičiami srovės parametrai. Visi kiti parametrai tyrimo metu buvo nekeičiami. Jie pavaizduoti 1.1 lentelėje. Šie parametrai yra apskaičiuoti teoriškai ir surašomi į informacinę suvirinimo kortelę. Kiekvienas gamyboje atliekamas kontaktinis suvirinimas turi parametrų kortelę, kurią apskaičiuoja ir sudaro technologas. Suderinę įrangą ir į suvirinimo mašinos valdiklį įvedę reikiamus parametrus, pagaminti bandiniai.

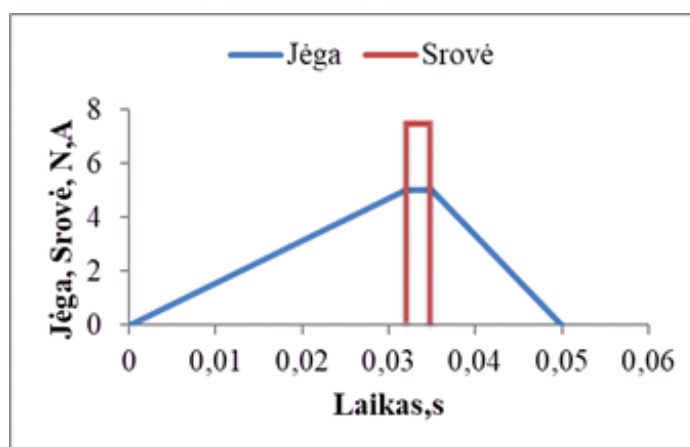
2.1 lentelė Bandinių suvirinimo parametrai

Nr.	Parametro pavadinimas	Parametro vertė
1	Prispaudimo laikas prieš suvirinimą	32ms
2	Impulsų skaičius	1
3	Virinimo laikas	3ms
4	Prispaudimo laikas po suvirinimo	15ms
5	Suspaudimo jėga	5kN

Pagaminti trijų rūšių bandiniai. Visiems išlaikyti parametrai, pavaizduotus 2.1 lentelėje, keičiamos tik srovės stiprio reikšmės. Pirmuoju atveju suvirinimo srovės stipris buvo toks, koks buvo naudojamas ir gamybos metu – 9,2kA. Pirmojo tipo bandinių srovės ir prispaudimo jėgos veikimo grafikas pavaizduotas 2.2 paveikslėlyje.



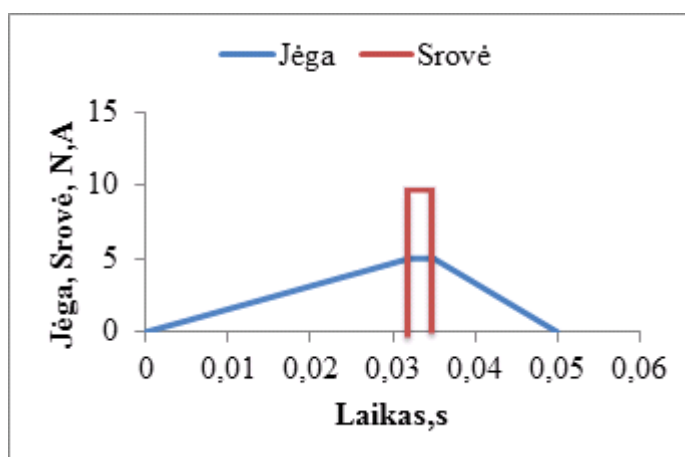
2.2 pav. Srovės ir prispaudimo jėgos veikimo grafikas, kai suvirinimo srovė 9,2kA. Antroji srovės reikšmė buvo sumažinta iki vertės, pavaizduotos 2.3 paveikslėlyje.



2.3 pav. Srovės ir prispaudimo jėgos veikimo grafikas, kai suvirinimo srovė 7,5kA

Šiuo atveju suvirinimo srovės stipris mažesnis 18,5 proc. ir yra lygus 7,5kA.

Trečioji suvirinimo srovės reikšmė buvo pasirinkta 9,7kA. Ši srovės reikšmė buvo pasirinkta todėl, kad virinant su didesne srovės verte smarkiai apkraunama virinimo įranga. Elektrodas greičiau dyla, vyksta didelis metalo išpūtimas. Šiuo atveju, tai yra maksimali leistina suvirinimo srovė su naudojama suvirinimo įranga. Suvirinimo srovės ir prispaudimo jėgos pasiskirstymas pavaizduotas grafiškai 2.4 paveikslėlyje.



2.4 pav. Srovės ir prispaudimo jėgos veikimo grafikas, kai suvirinimo srovė 9,7kA

2.2 Suvirinimo įranga

Bandiniams suvirinti buvo naudojamas kontaktinis suvirinimo automatas „FASE FS 160 – 380“. Šis suvirinimo aparatas skirtas pramonei, veikia cikliniu režimu. Jo techninės charakteristikos surašytos 2.2lentelėje.

2.1 lentelė Suvirinimo automato techninės charakteristikos

Tinklo įtampa	380V	50Hz	2 fazės
Nominali galia	160 KVA (50% FDU)		
Nepertraukiama galia	113 KVA		
Antrinė įtampa	10 Vmin	10 Vmax	1REG
Svoris	800Kg		
Vandens slėgis/ Debitas	0,3 MPa	15 l/m	
Įeinančio vandens temperatūra	15 Cmin	30 Cmin	
Suspausto oro padavimas	0,25 MPa min	1,0 MPa max	
Valdymo įtampa	27 V AC	24 V DC	

Šis kontaktinio suvirinimo aparatas gali būti pritaikomas įvairiems suvirinimo darbams. Jis turi reguliuojamus tvirtinimo stalus su „T“ formos grioveliais. Tvirtinimo stalų aukštis yra reguliuojamas, atitinkamai pagal virinimo įrangos parametrus. Prie virinimo įrangos, gali būti prijungiamas aušinimas. Suvirinimo metu, kontakto zonoje, išsiskiria didelis šilumos kiekis, todėl aušinant elektrodus pasiekiamas didesnis našumas. Aušinant taip pat labiau tausojamas elektrodas ir prailginamas jo tarnavimo laikas.

Suvirinimo proceso parametrai gali būti keičiami. Juos galima reguliuoti skaitmeniniu valdikliu „F4400 HHT“. Valdiklis yra su skaitmeniniu ekranu, kuriame galima lengvai keisti suvirinimo parametrus ir juos stebėti realiu laiku.

2.2.1 Suvirinimo įtaisas

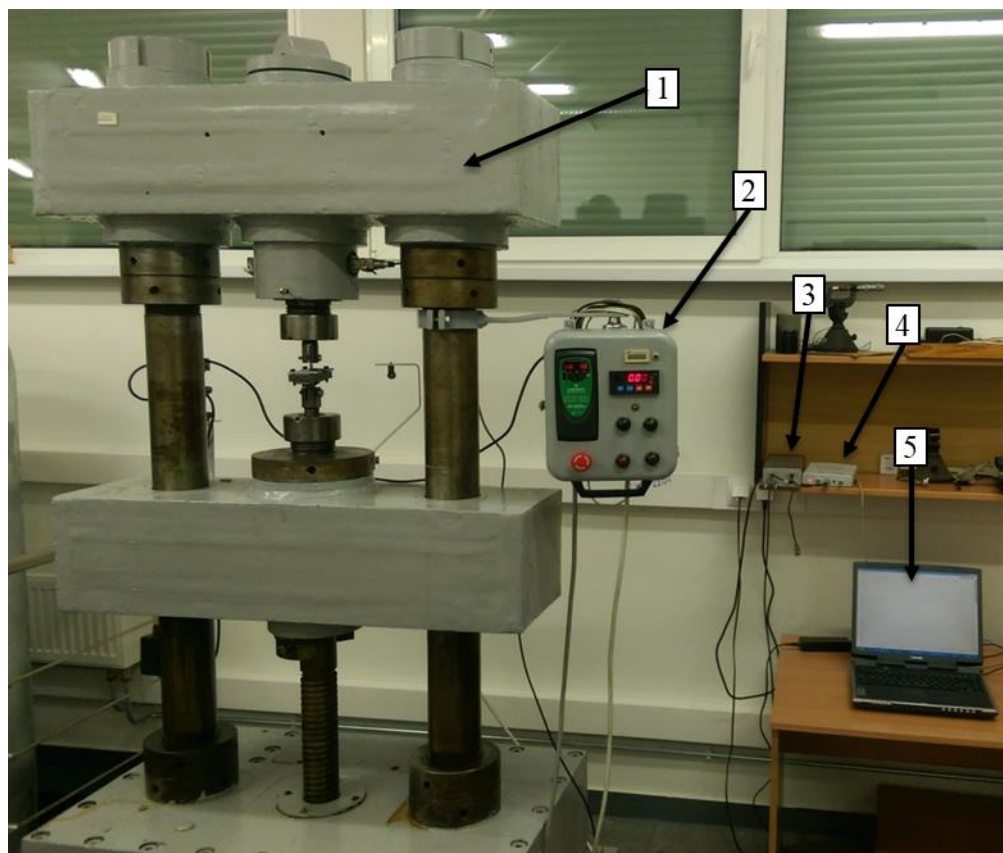
Suvirinant šio tipo detales yra naudojama speciali įranga, pavaizduota 2.5 paveikslėlyje. Ši įranga skirta pastatyti detalę ir veržlę suvirinimo metu į reikiamą poziciją. Ji pagaminta iš vario, todėl suvirinimo metu atlieka ir elektrodų funkciją. Įrangoje esantys iš tekstolito pagaminti elementai atlieka detalės pastatymo į reikiamą poziciją funkciją. Viduryje esantis keraminis kaištis atlieka veržlės centravimo funkciją.



2.5 pav. Kontaktinė veržlių suvirinimo įranga

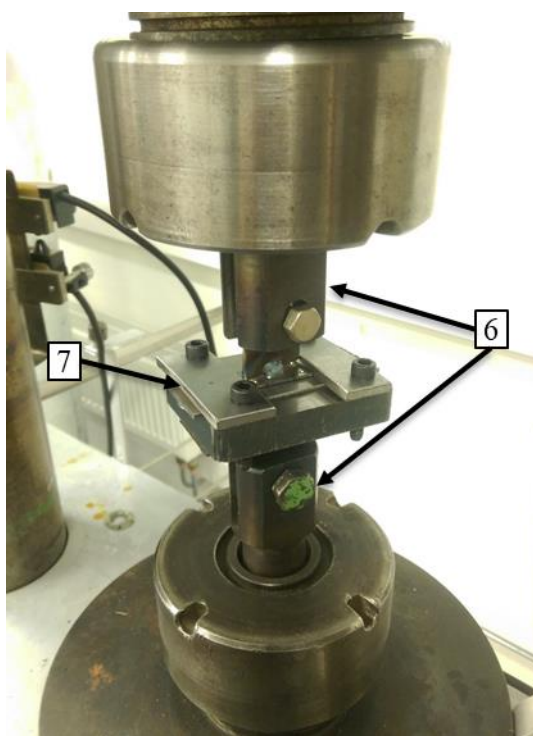
2.3 Eksperimentinė įranga

Jungčių stiprumui tirti buvo naudojama Kauno technologijos universiteto bandymo įranga, 2.6 paveikslėlis. Ši įranga yra universali, ją galima sukombinuoti taip, kad bandymo metu gautume norimus išėjimo signalus. Tam reikia prijungti jutiklius, kurių išėjimo signalus norima gauti. Bandymo įranga yra sudaryta iš 25 tonų tempimo gniuždymo preso – 1. Presas veikia mechaniniu principu, jėga generuojama elektros varikliui sukant sliekinę perdavą. Presas gali veikti dviem greičiais, reguliuojant, kokio dydžio yra varomasis skriemulys. Preso paleidimą, taip pat veikimo kryptį reguliuojame valdymo bloku – 2. Išėjimo signalas laidu perduodamas į mechatronikos instituto pagamintą, specialiai šiai mašinai skirtą stiprintuvą – 3. Iš stiprintuvo signalas siunčiamas į osiloskopą „PicoScope3204“ – 4, kur yra apdorojamas ir perduodamas į kompiuterį per USB laidą. Kompiuteryje – 5 įrašyta programinė įranga „PicoScope 5.12“. Šiame darbe buvo naudojama viena programa iš šio programų paketo „PicoLog“. Šia programa buvo fiksuojami duomenys bandymo metu, po to gauti rezultatai eksportuoti į programą „MS Excel“.



2.6 pav. Stiprumo tyrimo eksperimentinė įranga

Bandomas ruošinys tvirtinamas prie standartinių kilpų – 6, pavaizduotų 2.7 paveikslėlyje, kurios yra keičiamos atitinkamai pagal ruošinio geometriją. Vietoje šiame tyrime naudotų kilpų, bandymo mašinoje galima naudoti kitus tvirtinimo elementus arba griebtuvus.



2.7 pav. Ruošinys įstatytas į tempimo mašiną

2.7 paveiksle matome jau įtvirtintą ruošinį. Viršuje jis tvirtinamas, prie viršutinės tvirtinimo kilpos. Apačioje ruošinio plokštelė tvirtinama prie specialiai šiam bandymui pagaminto laikiklio – 7. Laikiklio apačioje yra dar viena plokštelė su skylė, kuria laikiklis tvirtinamas prie bandymo mašinos standartinės kilpos.

Po stiprumo bandymų, buvo atliktas bandymo mašinos kalibravimas su 10kN dinamometru. Atlikus kalibravimą, buvo sudarytas tiesinės įtampos ir poslinkio priklausomybės grafika. Iš gautų rezultatų buvo nustatyta, kokią jėgos vertę atitinka vieno volto įtampa. Remiantis gautais rezultatais, buvo nubraižyti jėgos kitimo laike grafikai.

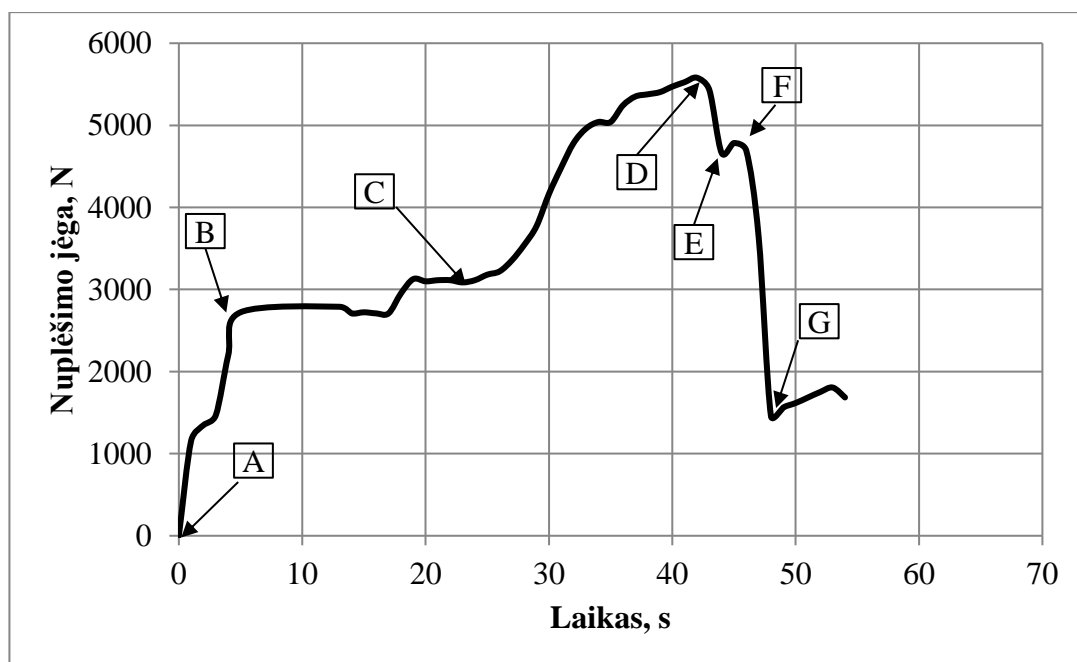
2.3.1 Tempimo bandymas

Po atliktų tempimo bandymų buvo gautos bandymo reikšmės, išreikštos įtampos kitimu laike. Buvo atliktas mašinos kalibravimas. Pagal gautus rezultatus, programa „MS Excel“ nubraižyti

jėgos kitimo laike grafikai. Turint šiuos grafikus, galima grafiškai palyginti jėgų vertes, gaunamas nuplėšiant veržles ir nustatyti didžiausias jėgų vertes. Šio bandymo tikslas yra palyginti jėgų kitimo kreives, kai bandiniai buvo suvirinti skirtingais suvirinimo srovės dydžiais. Šių duomenų pakanka, norint nustatyti, kuri suvirinta jungtis atlaiko didžiausią apkrovimą tempiant. Vertinant tempimo jėgos diagramą, mechaninės medžiagos charakteristikos nebus nustatinėjamos.

2.3.2 Grafiko charakteringi taškai

Nagrinėjant grafiką 2.8 paveikslėlyje, galime išskirti kelias zonas, kurios atsispindi visose kreivėse. Pirmoje grafiko dalyje, AB zonoje matomas jėgos didėjimas. BC dalyje jėgos kitimas sulėtėja, kol pasiekiamas taškas C. CD zonoje jėga pradeda kilti staigiau iki kritinio taško D. Kritiniame taške D įvyksta pirmas plyšimas ir nutraukiama viena iš keturių auselių. Šioje vietoje bus vertinama didžiausia jėgos vertė ir lyginama su kitais bandiniais. Toliau atkarpoje DE vyksta jėgos kritimas, šioje vietoje deformuojama veržlė, o jos deformacijai reikalinga mažesnė jėga. Taške E pradedamas tempti antras kontaktinis taškas, esantis toje pačioje pusėje kaip ir pirmasis nutrūkęs jungties taškas. Galiausiai pasiekus tašką F, yra pasiekama antro kontaktinio taško stiprumo riba ir kontaktas nutrūksta. Jėga nukrenta iki taško G. Atkarpoje FG vyksta veržlės deformavimas, kol pasiekus tašką G pradedami tempti paskutiniai du suvirinti kontaktai.



2.8 pav. Jėgos kitimo laike kreivė su pažymėtais charakteringais taškais

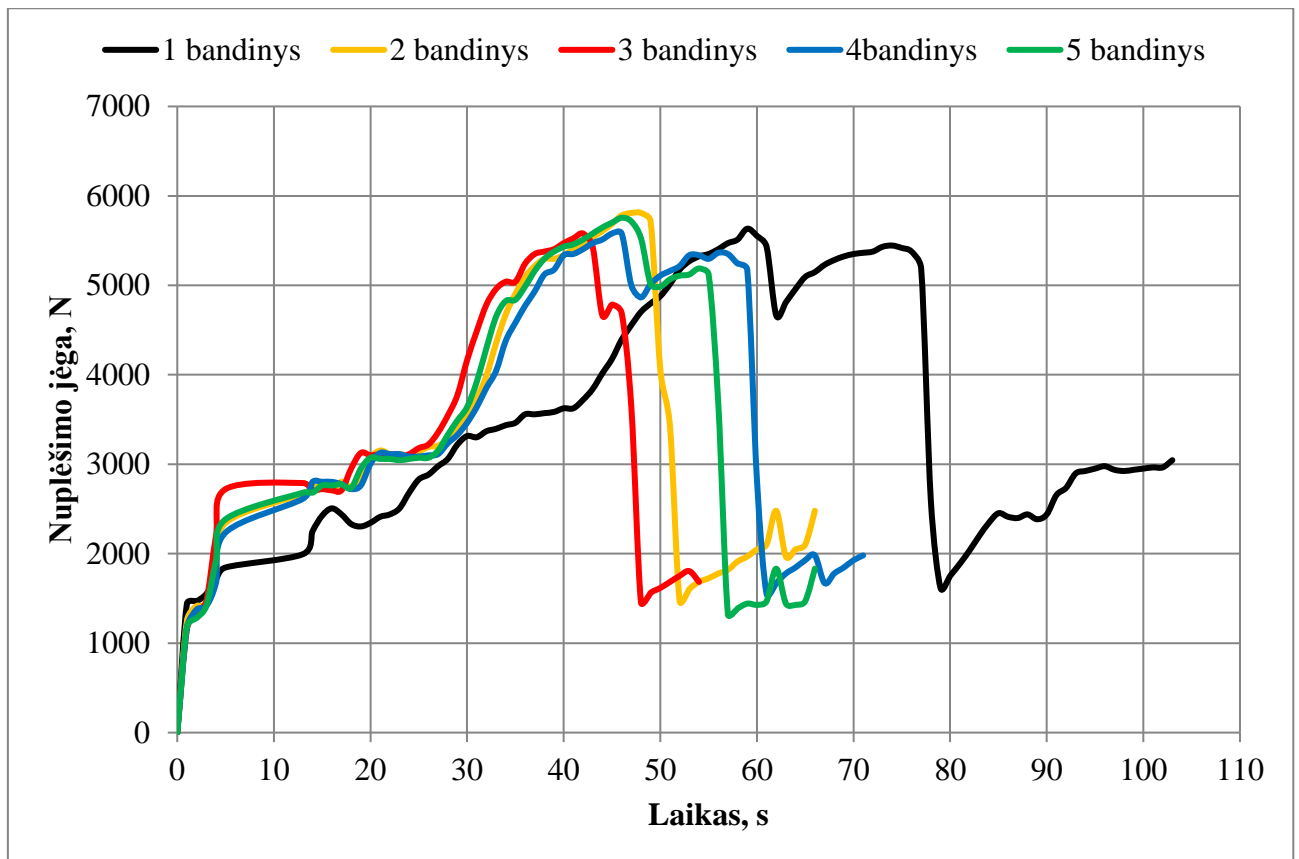
Šioje vietoje tempimo mašina yra sustabdoma, konstatuojama, kad jungtis yra praradusi stiprumą. Po atlikto stiprumo tyrimo, nuplėštas bandinys pavaizduotas 2.9 paveikslėlyje.



2.9 pav. Deformuotas bandinys po tempimo tyrimo

2.3.3 Tempimo grafikų analizė

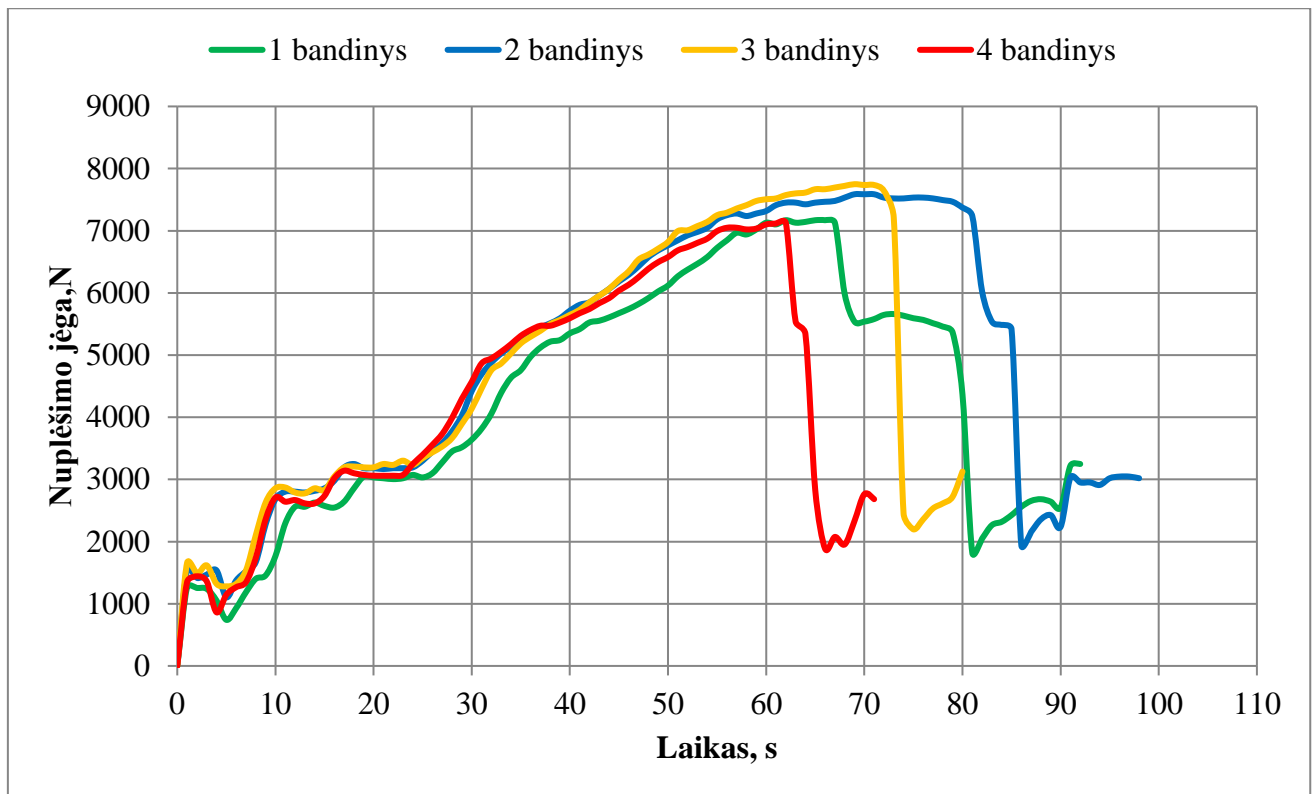
Atliekant tyrimą, pirmiausiai buvo nuplėšinėjamos prie plokštelių privirintos veržlės, kurios buvo suvirintos 9,2kA dydžio srove. Buvo paruošti 5 bandiniai. Rezultatai su jėgų kreivėmis pateikti 2.10 paveikslėlyje pavaizduotame grafike. Grafike pavaizduotos penkios kreivės vaizduoja jėgos kitimą atliekant tempimo bandymą su pirmo tipo bandiniais. Šiame grafike, vertikaloje ašyje pažymėta jėga, išreikšta Niutonais. Horizontalioje ašyje pažymėta laiko skalė išreikšta sekundėmis. Visos kreivės yra skirtingos spalvos ir vaizduoja kiekvieno atskiro bandymo jėgos kitimą laike.



2.10 pav. Pirmo tipo bandinių jėgos kitimo laike kreivės

1-asis bandinys buvo tempiamas mažesniu greičiu. Tai matoma ir grafike, nes jėgos kitimo kreivė atsilieka nuo likusių keturių. Tačiau rezultatas mažai skiriasi nuo likusių, taip pastebime, kad tempimo greitis praktiškai neturi reikšmės, siekiant nustatyti didžiausią jėgos vertę. Taigi, pirmuoju bandymu, didžiausia jėga, prie kurios nuplyšo veržlė, yra 5633N. Lyginant kreives, 3-asis ir 4-asis bandiniai nutrūko greičiausiai, tačiau visi keturi bandiniai, kurie buvo tempiami vienodu greičiu, nutrūko 8s intervale, todėl laikome, kad laiko atžvilgiu duomenys panašūs. 3-asis ir 4-asis bandiniai nutrūko atitinkamai prie 5579N. 2-asis ir 5-asis bandiniai nutrūko veikiant didžiausioms jėgoms. 2-asis nutrūko veikiant 5808N, tai yra didžiausia jėga, kurą atlaikė pirmo tipo bandinys. 5-asis bandinys nutrūko veikiant 5754N.

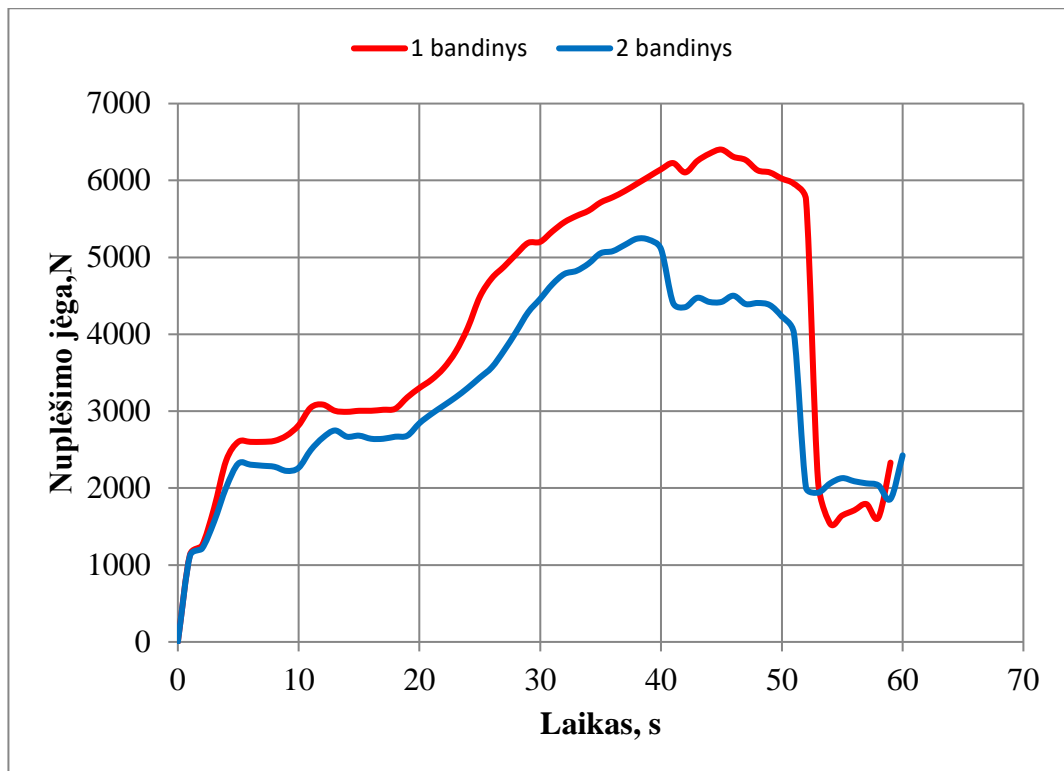
Antrojo tipo bandiniai buvo virinti su mažesne, 7,5kA srove. Atliktas bandymas su 4 bandiniais. Bandymo rezultatai pateikti 2.11 paveikslėlyje pavaizduotame grafike. Iš grafiko matoma, kad antro tipo bandinių kreivėse galima išskirti tas pačias zonas kaip ir pirmo tipo bandiniuose. Vertinant antro tipo bandinių kreives, matoma, kad šie bandiniai nutrūko prie didesnės jėgos vertės. Taip pat skiriasi EF zona, kuri šiuose grafikuose nėra taip išsiskirianti, o vertinant trečią bandinį, jos visai nelieta. Taip atsitinka dėl to, kad abu vienos pusės kontaktiniai taškai nuplyšo vienu metu.



2.11pav. Antrojo tipo bandinių jėgos kitimo laike kreivės

Iš grafiko 2.11 paveikslėlyje matoma, kad šiuo bandymu pirmasis ruošinys nuplyšo praėjus 60s nuo tempimo pradžios. Tuo tarpu pirmojo tipo ruošinys nutrūko po apytiksliai 45s. Tai rodo, kad antrojo tipo bandinio plastiškumas yra didesnis. Veikiant mažiausiai jėgai, nuplyšo 1-asis ir 4-asis bandiniai. Juos veikianti maksimali jėga buvo labai panaši. 1-ojo bandinio buvo 7170N. Maksimali jėga, veikusi 4-ąjį bandinį, yra 7129N. 2-asis bandinys nuplyšo veikiant 7588N. Vertinant bendrai visų trijų tipų bandinius, didžiausia jėgą atlaikė 3-asis bandinys 7749N.

Trečiojo tipo bandiniai buvo virinti su didžiausia 9,7 kA srove. Atlikome bandymą su 2 bandiniais, nes tokio dydžio suvirinimo srovė labai trumpina įrankio naudojimo trukmę, elektrodas nuo tokio dydžio srovės prisilietuoja prie detalės. Šio bandymo tikslas buvo patikrinti, kokią įtaką suvirinimui darytų toks srovės padidinimas. Bandymo rezultatai pateikti 2.12 paveikslėlyje pavaizduotame grafike.

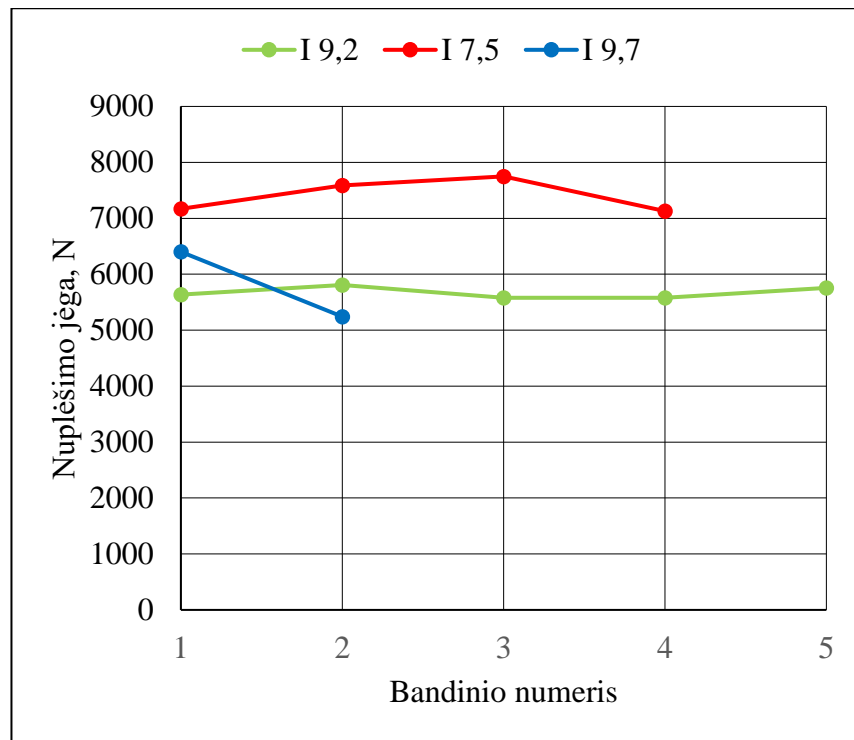


2.12 pav. Trečiojo tipo bandinių jėgos kitimo laike kreivės

Grafike, 2.12 paveikslėlyje, pavaizduotos trečio tipo bandinių tempimo jėgos kitimo laike kreivės. Šios kreivės turi tas pačias zonas kaip ir pirmųjų dviejų bandinių grafikai. 1-asis bandinys nuplyšo pasiekus 6402N, tačiau šios kreivės zonoje EF yra didesnė nei taške D. Tai reiškia, kad, nuplyšus pirmajam vienos pusės kontaktiniam taškui, jėga nukrito, tačiau, kad būtų nuplėštas antrasis kontaktinis taškas prirėkė didesnės jėgos. Toks rezultatas buvo pasiektas tik su viena kreive. Antrasis bandinys nuplyšo pasiekus 5243N jėgą.

2.3.4 Rezultatų palyginimas

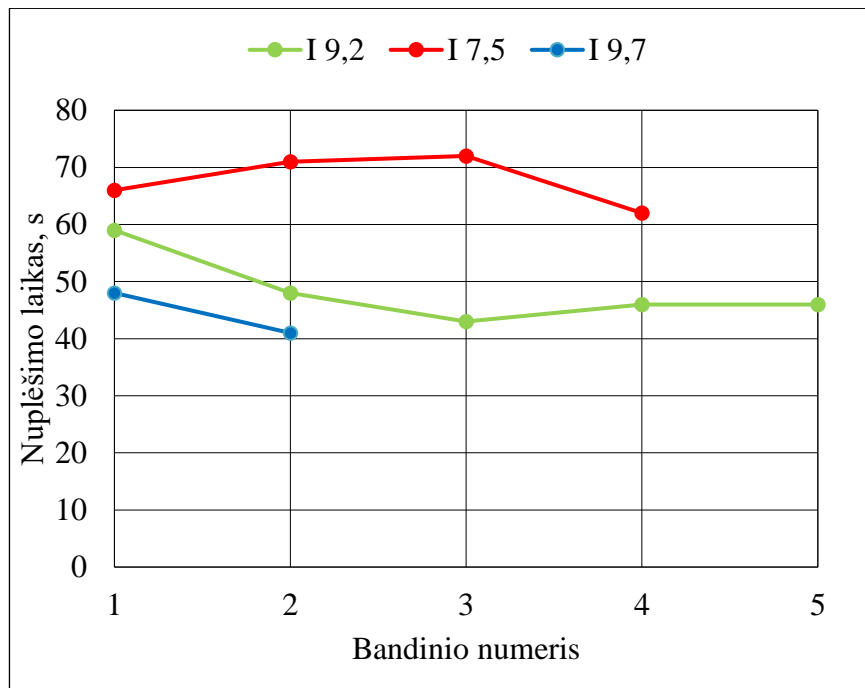
Atlikus visus tempimo bandymus, buvo galima palyginti gautus rezultatus. Kad galima būtų įvertinti, kurie bandiniai atlaikė didžiausias apkrovas, gautos reikšmės buvo pavaizduotos grafiko forma 2.13 paveikslėlyje. Vertikalioje ašyje nurodytos jėgų vertės, matuojamos Niutonais, o horizontalioje ašyje pažymėti bandinių numeriai. Grafike matomos trys kreivės, nubrėžtos per taškus, kurie žymi jėgos vertę, prie kurios nutrūko bandinys. Atskira spalva pažymėti trijų tipų bandiniai, spalvos reikšmė nurodyta viršuje esančioje legendoje.



2.13 pav. Nuplėšimo jėgų grafinis palyginimas

1 tipo bandinys pažymėtas žaliai. Lyginant su kitų tipu bandiniais, jo nuplėšimo jėgos vertė mažesnė už bandinių, suvirintų 7,5kA srove. Lyginant su trečio tipo bandiniais, jėgos vertė yra panašesnė. Pirmo tipo bandinių nuplėšimo jėgos vertė svyruoja apytiksliai nuo 5500N iki 5800N. Antro tipo bandinių, pažymėtų raudonai, jėgos vertės yra didžiausios ir skiriasi daugiau nei 1 kN nuo antro tipo bandinių. Apibendrinant grafiką, matome, kad geriausiai bandymą atlaikė ir veikiami didžiausios jėgos nuplyšo antro tipo bandiniai, kai maksimali nuplėšimo jėga buvo 7749N. Tuo tarpu, didėjant suvirinimo srovės stipriui, nuplėšimo jėgos vertė mažėja ir tai rodo, kad pirmo ir trečio tipo bandiniai, kurie buvo suvirinti didžiausia srove, atlaikė mažiausią nuplėšimo jėgą.

Toliau, vertinant nuplėšimo bandymą, buvo atsižvelgiama į nuplėšimo laiką. 2.14 paveikslėlyje pavaizduotame sudarytame grafike, pažymėtos visų bandinių nuplėšimo trukmės. Horizontalioje skalėje pažymėti bandinių numeriai. Vertikalioje skalėje pažymėtas laikas, matuojamas sekundėmis. Vienoda spalva pažymėti bandiniai suvirinti tokio paties dydžio suvirinimo srove. Iš grafiko matoma, kad pirmo tipo bandiniai, kurie suvirinti 9,2kA srove, nutrūko praėjus 43s - 59s nuo tempimo pradžios. Trečio tipo bandiniai, kurie suvirinti 9,7kA srove, nutrūko po 41s - 48s nuo tempimo pradžios. Vertinant antro tipo bandinius, kurie buvo suvirinti 7,5kA srove, matoma, kad jie nutrūko praėjus 62s - 72s nuo tempimo pradžios ir tai yra didžiausias laikas, kurį atlaikė bandiniai. Galima daryti išvadą, kad, didėjant suvirinimo srovės stipriui, nuplėšimo laikas mažėja.



2.14 pav. Nuplėšimo laiko grafinis palyginimas

2.4 Mikrostruktūros tyrimas

2.4.1 Eksperimentinė įranga ir bandinių paruošimas

Suvirintų jungčių mikrostruktūros tyrimui buvo naudojama Kauno technologijos universiteto laboratorinė įranga. Šlifavimo-poliravimo mašiną „LAM PLAN SMARTLAM 2.0“, pavaizduota 2.15 paveikslėlyje.



2.15 pav. Šlifavimo-poliravimo mašina LAM PLAN SMARTLAM 2.0

Tai universali šlifavimo-poliravimo mašina, kuria atliekamas bandinių paruošimas prieš mikrostruktūros tyrimą. Mašina turi besisukantį diską, ant kurio priklijuojamas šlifavimo arba poliravimo popierius, priklausomai nuo to, kokia operacija atliekama. Šlifavimo šiurkštumas priklauso nuo naudojamo popieriaus abrazyvo dydžio. Poliravimo operacijos metu, naudojamas poliravimo audinys ir papildomai naudojama poliravimo pasta. Galima įjungti aušinimą vandeniu. Apatinis diskas gali sukurti nuo 20 iki 650 aps./min. Ant apatinio disko dedama apvali ruošinių apkaba, kurioje telpa trys bandiniai, ji įstatoma į tvirtinimo laikiklį. Mašina turi liečiamą 3.5" įstrižainės ekraną, kuriuo yra valdoma.

Mikrostruktūros tyrimas buvo atliktas naudojant metalografinį mikroskopą „Carl Zeiss Axio Scope“, 2.16 paveikslėlis.



2.16 pav. Metalografinis mikroskopas Carl Zeiss Axio Scope

Metalografinis mikroskopas skirtas mikrostruktūros tyrimams atlikti. Juo galima stebėti bandinius per keturis skirtingus didinimo lęšius ir padidinti vaizdą iki 500x kartų. Galima pasirinkti dvi stebėjimo padėtis: pirmoji yra pro paprastam stebėjimui skirtus lęšius. Antroji stebėjimo padėtis skirta bandinių fiksavimui nuotraukose, naudojant fotoaparata. Naudodami antrąją padėtį galima daryti aukštos kokybės nuotraukas ir jas perkelti į kompiuterį

Pirmiausia buvo pasigaminti ruošiniai, kuriuos būtų patogu įstatyti į tyrimo įrangą. Tam panaudoti plastiko cilindrai. Į juos buvo įstatyti atpjauti ruošiniai ir užpilti epoksidine derva. Tokiu būdu buvo gauti cilindro formos ruošiniai. Gauti ruošiniai įstatyti į šlifavimo-poliravimo įrenginį „LAM PLAN SMARTLAM 2.0“. Ruošiniams atliktos šlifavimo ir poliravimo operacijos, išvardintos 2.3 lentelėje.

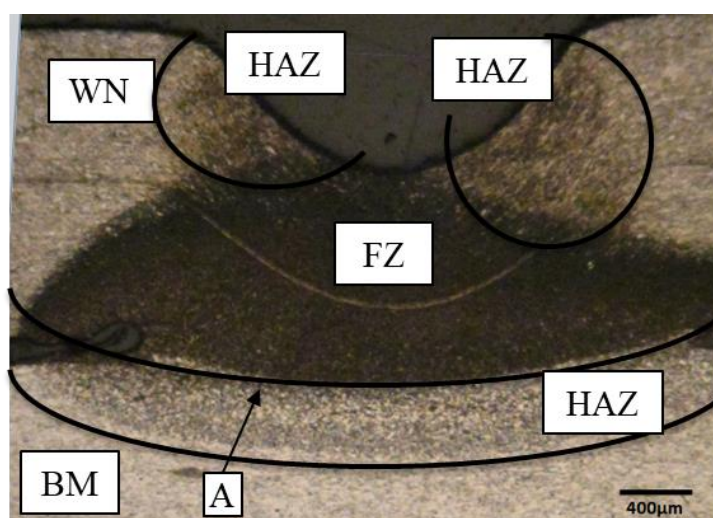
2.3 lentelė Šlifavimo ir poliravimo operacijų parametrai.

Nr.	Operacija	Naudotos priemonės	Apsisukimų skaičius, aps/min	Apdirbimo laikas, min
1	Grubus šlifavimas	220P	300	5
2	Glotnus šlifavimas	P1500	300	5
3	Glotnus šlifavimas	P2000	300	5
4	Poliravimas	1µm poliravimo pasta	300	20

Atlikus poliravimą, įsitikinta, kad ruošiniai yra tinkamai paruošti ir nesimato papildomų įbrėžimų. Tada paviršius buvo padengtas ryškinimo priemone, kad būtų galima matyti medžiagos struktūrą. Galiausiai visi ruošiniai buvo vertinami stebint pro mikroskopą.

2.4.2 Mikrostruktūros analizė

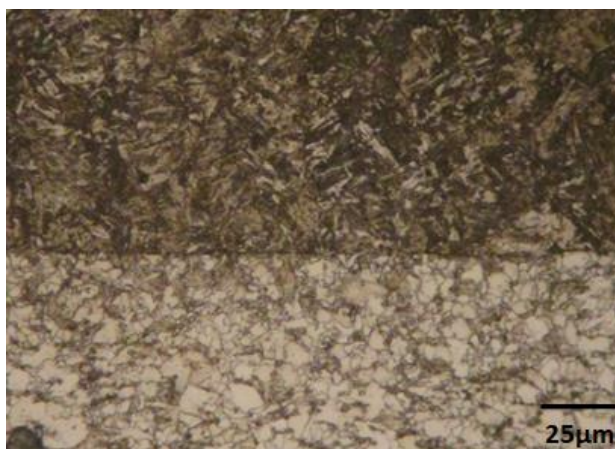
Stebint pro mikroskopą, buvo įvertinta tiriamą suvirintą jungtį. Išnagrinėjus šaltinius [15], [16], [17], [19], kuriuose buvo tiriamos suvirintos jungtys, galime išskirti tris mikrostruktūroje susidarančias zonas. Pirmoji yra bazinis metalas (BM), šiuo atveju, tai yra plokštelė prie kurios buvo privirinta veržlė. Antroji zona yra privirinta veržlė (WN). Trečioji zona – tarp veržlės ir plokštelės esantis išlydytas metalas (FZ), kur įvyksta susijungimo procesas.



2.17 pav. Pirmo tipo bandinio mikrostruktūros vaizdas

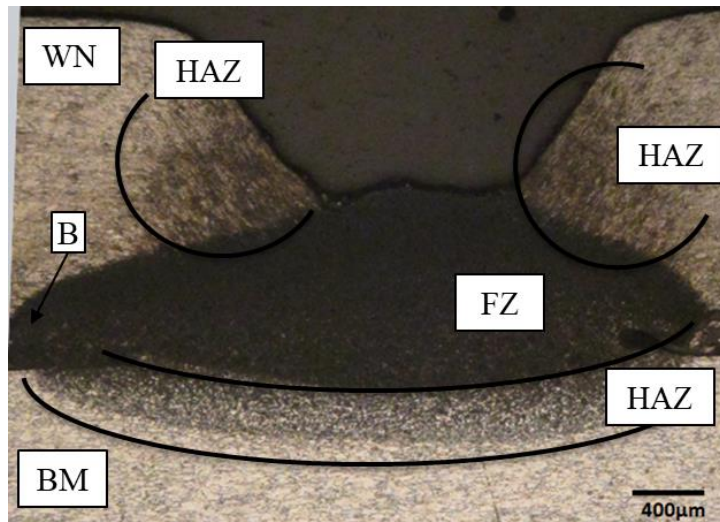
Pirmojo bandinio atveju, kaip pavaizduota 2.17 paveikslėlyje, kai suvirinimo srovė 9,2kA, matoma, kad atsiranda vidurinės FZ zonos asimetriškumas. Dažniausiai šis požymis atsiranda dėl skirtingų metalų terminių savybių, kadangi veržlė ir bandomoji plokštelės pagamintos iš skirtingo plieno. Kita asimetriškumo priežastis gali būti skirtinga elementų geometrija. Veržlė pagaminta su medžiagos iškilimais, tose vietose medžiaga tampa plonesnė ir suvirinimo metu labiau paveikiama termiškai. Vertinant kita kryptimi, veržlės medžiagoje esanti termiškai paveikta zona – HAZ yra platesnė nei detalės medžiagoje. Galima daryti išvadą, kad veržlės medžiaga turi didesnę šilumos laidumą nei detalės. Tačiau reikia pabrėžti, kad įtakos šiems rezultatams turi ir skirtingas medžiagų storis.

Iš suvirinto taško skerspjūvio matoma, kad atsiranda suvirinimo defektų, tokių kaip tuščios ertmės, kurios matomos 2.17 paveikslėlyje. Šios ertmės susidaro dėl didelės srovės, kuomet suvirinamas metalas išpučiamas iš suvirinimo zonos. Priartinus vaizdą ir atidžiau panagrinėjus suvirinimą, matoma linija, kuri rodo perėjimą iš FZ zonos į HAZ, kuri pavaizduota 2.18 paveikslėlyje. Ši zona 2.17 paveikslėlyje pažymėta tašku A.



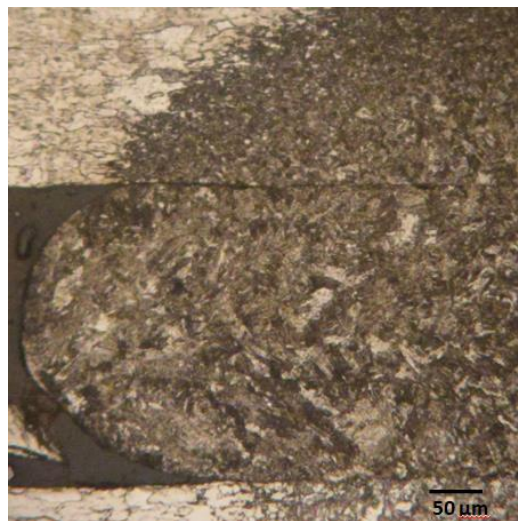
2.18 pav. Pirmo tipo bandinio mikrostruktūros A zona

Vertinant antrąjį bandinį, kai suvirinimo srovė 7,5kA, galime išskirti tas pačias zonas kaip ir pirmajame bandinyje. Kaip matoma 2.19 paveikslėlyje, FZ zona taip pat asimetriška kaip ir pirmajame bandinyje.



2.19 pav. Antro tipo bandinio mikrostruktūros vaizdas

HAZ zona didesnė veržlės pusėje, tačiau matoma, kad šitame bandinyje HAZ zona, esanti detalės pusėje, yra mažesnė, lyginant su pirmuoju bandiniu. 2.20 paveikslėlyje matomas suvirinimo defektas, tuščiavidurė ertmė. Zona 2.19 paveikslėlyje pažymėta raide B.



2.20 pav. Antro tipo bandinio mikrostruktūros B zona

Šalia susiformavusios atskiros metalo struktūros, kurios nesijungia su likusia bandinio dalimi, rodo, kad šioje zonoje įvyko metalo išpūtimas. Šios zonos susiformavimas turi įtakos suvirintos jungties stiprumui. Metalą veikiant termiškai, kai vyksta struktūros pasikeitimai, jo viduje susidaro vidiniai įtempiai, kuriems pasiekus tam tikrą ribą, gali susiformuoti mikroįtrūkimai. 2.20 paveikslėlyje matomos linijos, kurios yra medžiagos mikro įtrūkimai.

Kad būtų galima atlikti tempimo bandymus, prie veržlės reikėjo privirinti plokštelę, už kurios ruošinys buvo tvirtinamas tempimo mašinoje. Suvirinimas galėjo turėti įtaką medžiagos

struktūrai ir taip iškraipyti rezultatus. Šiuo tikslu atliktas papildomas bandymas. Jo metu vienas bandinys buvo su privirinta plokštele ir suvirintas tokiais pačiais parametrais kaip ir be privirintos plokštelės. Po to, atlikus mikrostruktūros bei kietumo tyrimus, jokio pastebimo terminio poveikio nebuvo nustatyta, todėl buvo priimta, kad šis suvirinimas tyrimo rezultatams įtakos neturi.

2.5 Suvirinto taško kietumas

2.5.1 Eksperimentinė įranga

Kietumo tyrimui buvo naudojama Kauno technologijos universiteto laboratorijoje esanti tyrimo įranga, universalus kietumo matuoklis „VERZUS 750 CCD“, 2.21 paveikslėlis.



2.21 pav. Universalus kietumo matuoklis „VERZUS 750 CCD“

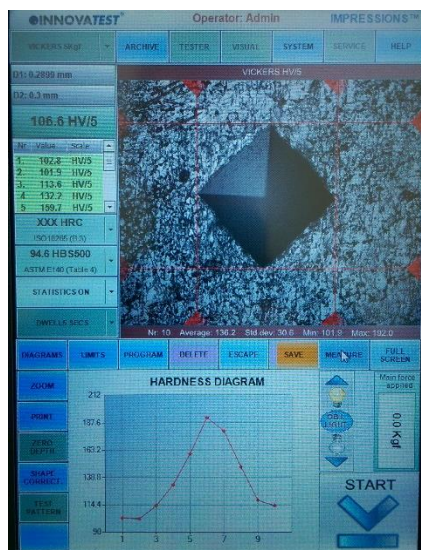
Su šia mašina galima matuoti ruošinio kietumą trimis metodais: Rokvelio, Brinelio ir Vikerso skalėmis. Mašina turi 8.5” įstrižainės liečiamą ekraną, joje instaliuota „Windows 7“ programinė įranga. Duomenis galima perkelti į atminties raktą. Naudojant specialų perstūmimo įtaisą su mikrometriniu perstūmimo mechanizmu, galima nubrėžti kietumo pokyčio diagramą. Mašiną galima apkrauti nuo 1Kgf iki 250Kgf. Galimas vaizdo padidinimo diapazonas 37.5x, 75x, 150x kartai.

2.5.2 Suvirinto taško kietumo bandymas

Suvirinimo proceso metu išsiskiria dideli šilumos kiekiai, kurie veikia suvirinamas medžiagas. Termiškai paveiktos medžiagos keičia savo savybes, viena iš šių savybių yra medžiagos

kietumas. Ši medžiagos savybė gali įtakoti suvirinimo stiprumą, todėl šiame darbe atlikome suvirinto taško kietumo matavimą.

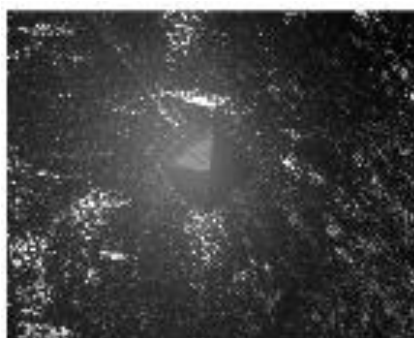
Atlikus mikrostruktūros tyrimą, buvo patikrintas medžiagos kietumas ties detalės ir veržlės kontakto vieta. Bandymas atliktas su universaliu kietumo matavimo prietaisu. Prietaisas matuoja Vickerso metodu, kai į bandinį spaudžiama keturšonė deimantinė piramidė. Tada matuojami atstumai tarp piramidės kampų ir apskaičiuojamas medžiagos kietumas.



2.22 pav. Universalaus kietumo matuoklio ekrano vaizdas

2.22 paveikslėlyje pavaizduotas matavimo prietaiso ekranas, kai matuojamas įspaudas, kuris matomas padidintas. Pamatavus kietumą, bandinys perstumiamas per žingsnį ir matuojamas kitas taškas. Atlikus visus matavimus, apibendrinti gauti rezultatai.

Pirmo tipo bandinio, suvirinto 9,2 kA srove, didžiausias kietumas buvo ties FZ zona ir yra lygus 476,9 HV vienetų. Bandomasis taškas pavaizduotas 2.23 pav. 2 priede pateikta kietumo tyrimo ataskaita.



2.23 pav. Pirmo tipo bandinio taškas, kurį matavome Universalu kietumo matavimo prietaisu

Antro tipo bandinio didžiausias kietumas taip pat buvo ties FZ zona. Matuojamo taško didžiausias kietumas 422,1HV vienetų. Antro tipo bandinio matuojamas taškas pavaizduotas 2.24 paveikslėlyje. 3 priede pateikta antro tipo bandinio kietumo matavimo ataskaita.



2.24 pav. Antro tipo bandinio taškas, kurį matavome Universalu kietumo matavimo prietaisu

2.5.3 Kietumo tyrimo išvados

Iš šio bandymo matoma, kad virinant didesne srove, suvirinto taško kietumas FZ zonoje yra didesnis. Virinant didesne srove išsiskiria didesnis šilumos kiekis, kuris labiau termiškai paveikia medžiagas ir sukietina jų struktūrą. Antro tipo bandinio FZ zonos kietumas yra mažesnis, todėl šio bandinio kontaktinė zona išlieka elastiškesnė. Tai rodo ir nuplėšimo laikas. Nuplėšti antro tipo bandinį reikėjo daugiau laiko tempimo bandymo metu. Šis bandinys atlaikė didesnę nuplėšimo jėgą.

Išvados

- Atliekant magistro darbo tyrimą, susipažinta su kontaktinio suvirinimo procesu, jo taikymu privirinant veržles. Analizuota, kokios problemos iškyla gamyboje taikant kontaktinį suvirinimą ir kokie kokybiniai reikalavimai taikomi šiam procesui. Suformuota aktualiausia problema, susijusi su kontaktiniu suvirinimu ir surinkta reikiama informacija tolimesniam tyrimui. Atlikta literatūros analizė ir susipažinta su informacija, kontaktinio veržlių privirinimo tema. Atlikta mokslinių straipsnių analizė, surasta, kokie tyrimai yra atlikti, tiriant kontaktiniu būdu privirintas veržles, kokios medžiagos yra tirtos naudojant kontaktinį suvirinimą, kokie bandymai yra atliekami, siekiant nustatyti kontaktinio suvirinimo kokybę. Taip pat išsiaiškinta, kokie parametrai yra tiriami ir kokia jų įtaka suvirinimo proceso kokybei.
- Pasirinktas parametras, kurio įtaką tiriama suvirinimo procesui. Pagaminti trijų tipų bandiniai. Pirmojo tipo bandiniai buvo suvirinti, kai srovės stipris lygus 9,2kA. Antrojo tipo bandiniai suvirinti, kai srovės stipris 7,5kA. Trečiojo tipo bandinių suvirinimo srovė 9,7kA.
- Atliktas suvirintų bandinių stiprumo tyrimas. Naudojant tempimo mašiną, nuplėštos veržlės nuo bandinių ir išanalizuoti rezultatai. Palygintos visų trijų tipų bandinių jėgų vertės. Pirmojo tipo bandinio maksimali jėgos vertė, prie kurios nuplyšo veržlė, yra 5633N. Antrojo tipo bandinio maksimali jėgos vertė, prie kurios nuplyšo veržlė, yra 7749N. Trečiojo tipo bandinio maksimali jėgos vertė, prie kurios nuplyšo veržlė, yra 6402N. Atlikus rezultatų analizę, nustatyta, kad didžiausia veržlės nuplėšimo jėgą atlaikė antro tipo bandinys. Šis bandinys suvirintas, kai suvirinimo srovės stiprio vertė mažiausia, tai yra 7,5kA.
- Atliktas suvirintų bandinių mikrostruktūros tyrimas. Išanalizuota bandinių mikrostruktūra, nustatyta, kokios zonos susidaro kiekvieno bandinio atveju ir palygintos tarpusavyje. Nustatyta, kad suvirinimo kontakto zona yra asimetriška ir medžiagos turi skirtingą šilumos laidumą. Šis medžiagos parametras turi daugiausiai įtakos suvirintos zonos asimetriškumui. Taip pat nustatyta, kad virinant didesne suvirinimo srove, atsiranda daugiau mikroįtrūkimų. Nustatyti kokie defektai atsiranda suvirinimo zonoje.
- Atliktas visų bandinių tipų suvirinimo kontakto kietumo tyrimas, naudojant universalų kietumo matavimo prietaisą. Nustatyta, kad pirmo tipo bandinio maksimalus kietumas yra 476,9 HV . Antro tipo bandinio kietumas yra 422,1HV. Atlikus rezultatų analizę, nustatyta, kad pirmo tipo bandiniai, kurie buvo suvirinti naudojant didesnę srovės stiprio vertę, t.y. 9,2kA, buvo kietesni ir nutrūko prie mažesnės nuplėšimo jėgos vertės. Antrojo tipo bandiniai, kurie buvo suvirinti su 7,5kA suvirinimo srove, atlaikė ilgesnį laiką ir nuplyšo veikiami didesnės nuplėšimo jėgos. Tai rodo, kad suvirinant didesne srovės stiprio verte, suvirinimo

taškas yra labiau veikiamas termiškai ir tampa kietesnis bei trapesnis ir atlaiko mažesnę nuplėšimo jėgą.

Literatūra

1. **M. Raut and V. Achwal.** Optimization of spot welding Process Parameters for maximum tensile strength [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-08]. Prieiga per internetą: <http://www.ijmerr.com/uploadfile/2015/0409/20150409043714398.pdf>
2. **N. Charde.** CHARACTERIZATION OF SPOT WELD GROWTH ON DISSIMILAR JOINTS WITH DIFFERENT THICKNESSES [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-08]. Prieiga per internetą: http://www.academia.edu/8190088/CHARACTERIZATION_OF_SPOT_WELD_GROWTH_ON DISSIMILAR_JOINTS_WITH_DIFFERENT_THICKNESSES
3. **V. Furlanetto, D. Stocco, G. F. Batalha, F. R. Szabados.** INSPECTION OF PROJECTION WELDED AUTOMOTIVE NUTS THROUGH B-SCAN ULTRASONIC ACOUSTIC IMAGING [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: http://www.ndt.net/article/wcndt2012/papers/466_Stocco_Rev1.pdf
4. **B tipo skanavimas** [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: <http://www.bindt.org/What-is-NDT/Index-of-acronyms/B/B-Scan/>
5. **M. Burcă, I. Lucaciu.** RESEARCH ON WELD NUTS FIXED BY RESISTANCE WELDING [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: <http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2013-v3/BurcaM-IMT-Oradea-2013.pdf>
6. **E. Tolf, J. Hedegård.** Resistance nut welding of high strength steel [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: <http://www.svets.se/4.1e24ab2e146d4b7d93ca79.pdf?properties=70.33b15fae13e6adc0453f53>
7. **J. Larsson.** Projection welding for nut and bolt attachment [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: <http://www.thefabricator.com/article/shopmanagement/projection-welding-for-nut-and-bolt-attachment>
8. **Strength Test for Welded Joints of Weld Nuts/Welded Bolts.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: <http://files.instrument.com.cn/FilesCenter/20081220/200812201224987467.pdf>
9. **Resistance Spot Welding.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: http://mech.mcmaster.ca/undergraduate/courses/me3m02/pdf_files/me3m02_expt_rsw.pdf
10. **Automotive Resistance Welding – WeldNuts.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: <http://www.updatetechnology.com/WeldNuts.asp>

11. **Expulsion curve.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.geschmidt.com/uploads/images/general/current-time-force-correlation-to-expulsion-ges.png>
12. **Expulsion.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.geschmidt.com/uploads/images/general/large/wh-expulsion-2.jpg>
13. **B scan.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.tessonics.com/images/rswa/product-rswa-f1.jpg>
14. **Standartinė veržlė.** [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.geelong.com.cn/en/pic/hanjiefangluomusquare-weld-nuts-DIN928-GB13680-177330.jpg>
15. **A. Marashi, M. Pouranvari, S. Amirabdollahian, A. Abedi, M. Goodarzi.**
Microstructure and failure behavior of dissimilar resistance spot welds between low carbon galvanized and austenitic stainless steels. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-10]. Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921509307014104>
16. **M. Vural, A. Akkus, B. Eryüreğ.** Effect of welding nugget diameter on the fatigue strength of the resistance spot welded joints of different steel sheets. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013606002032>
17. **W. Liu, R. Wang, J. Han, X. Xu, Q. Li.** Microstructure and mechanical performance of resistance spot-welded cold-rolled high strength austenitic stainless steel. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013610002025>
18. **D. C. Saha, S. Han, K. G. Chin, I. Choi, Y. Park.** Weldability Evaluation and Microstructure Analysis of Resistance-Spot-Welded High-Mn Steel in Automotive Application. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-10]. Prieiga per internetą:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/srin.201100324/full>
19. **M. Pouranvari, S.M. Mousavizadeh, S.P.H. Marashi, M. Goodarzi, M. Ghorbani.**
Influence of fusion zone size and failure mode on mechanical performance of dissimilar resistance spot welds of AISI 1008 low carbon steel and DP600 advanced high strength steel. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-10]. Prieiga per internetą:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306910005522>
20. **M. Jou.** Real time monitoring weld quality of resistance spot welding for the fabrication of sheet metal assemblies. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-11]. Prieiga per internetą:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013602004090>

21. S. Aslanlar. The effect of nucleus size on mechanical properties in electrical resistance spot welding of sheets used in automotive industry. [Interaktyvus]. [Žiūrėta 2017-12-11]. Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306904002572>

PRIEDAI

- 1 priedas DC 01 metalo sertifikatas;
- 2 priedas. Pirmo tipo bandinio kietumo matavimo ataskaita;
- 3 priedas. Antro tipo bandinio kietumo matavimo ataskaita.

1 priedas DC 01 Metalo sertifikatas



СЕРТИФИКАТ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА CERTIFICATE OF QUALITY AND QUANTITY №

Продавец (Экспортер)
Seller (Exporter)
ПАО "СЕВЕРСТАЛЬ"
JSC "SEVERSTAL"
Грузополучатель, адрес
Consignee, address
ООО "СЕВЕРСТАЛЬ ДИСТРИБУЦИЯ"
OOO "SEVERSTAL DISTRIBUTION"

СЕРТИФИКАТ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ
INSPECTION CERTIFICATE EN 10204/3.1
Система качества сертифицирована согласно ИСО 9001-2008
The quality system is certified according to ISO 9001-2008
Заказ №
Order No
Контракт №
Contract No

Spec No

Страна назначения ЛАТВИЯ 428
Country of destination LATVIA

Разрешение на вывоз №
Export license No

Вагон №
Freight car No

Лист 1 Листов 1
Page Pages

Наименование и код товара Description and code of goods	ОКП	Вид груз. мест Type of packages	Кол-во мест Places
Рулон х/к отожженный Annealed CRC	99100	РУЛОН COIL	2

ГОСТ, OCT, TУ (марки/поставки/профиля) EN 10130-06 / EN 10130-06 / EN 10131-06
Standards of (grade/product/shape)

№ пп tem No	Поз № Poz No	Плавка Heat No	Партия/Ед Lot No	Марка Grades	Размеры, мм Dimensions, mm	Кол-во Quantity	Масса, кг Mass, kg		ШАУ Internal code
							нетто/Net	брутто/Gross	
1	80	351850	57881/1	DC01	2.00x1000	1	8 740	8 810	161815036
2	80	351850	57881/2	DC01	2.00x1000	1	9 170	9 240	161815036
						2	17 910	18 050	

Показатели качества продукции / Quality characteristics of goods

№ пп tem No	Кромка Edge	Группа поверхность Surface Group	Отделка поверхности Surface Finish
1-2	SE	A	m

Результаты испытаний / Test data

№ пп tem No	Предел прочности Tensile strength, MPa	Предел текучести Yield strength, MPa	Относительное удлинение Relative elongation, %	Шероховатость Ra Roughness Ra
1-2	341	245	38	1.20

Химический состав / Chemical composition

№ пп tem No	C, x100	SI, x100	MN, x100	S, x1000	P, x1000	CR, x100	NI, x100	CU, x100	AL, x100	N2, x1000
1-2	6	1	15	26	11	3	2	2	4	5

Указанный в настоящем ДОКУМЕНТЕ товар соответствует по качеству действующим стандартам, техническим условиям и спецификации и может быть отгружен на экспорт.
It is hereby the quality of goods mentioned in this DOCUMENT is in conformity with demands of specifications to contract and the goods may be exported.

Примечание (Note):

Маркировка:
Marking:
Код стана:

Подписи (Signatures)

Контролер ОТК: ЖУРАВЛЁВА
Controller

Заказ УП:
Internal order

Бригадир отгрузки: ДЕНИСОВ
Shipping supervisor

Дата печати:
Print date

2 priedas. Pirmo tipo bandinio kietumo matavimo ataskaita.



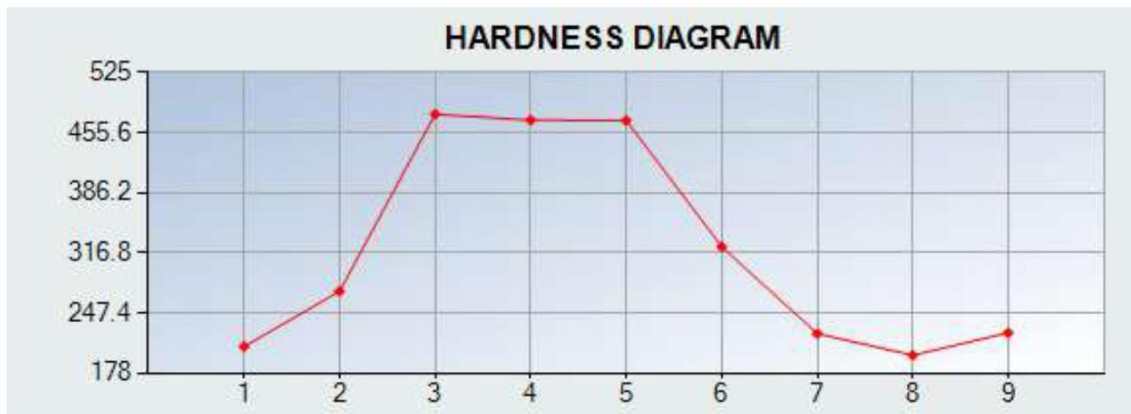
Tinius Olsen
 1065 Easton Road
 Horsham, PA 19044-8009
 U.S.A.
 +1-2156757100

Tester Info:

Statistics:

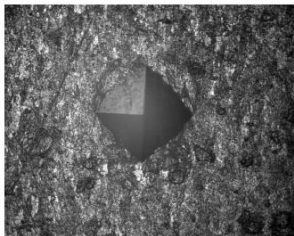
Type	VERZUS 750	Nr of measurements	9
Date	12/3/2017	Max	476.9
Operator	Admin	Min	198.7
Test	VICKERS HV/5	Average	318.8
Dwelltime	5 sec.	Standard Deviation	114.1

Notes:



1 03 Dec 2017 21:0 208.8 HV/5 d1: 0.2167 d2: 0.2047
 X=0.00m Y=0.00m 13.9 HRC XXX HBS500 706.3 Mpa

Comment



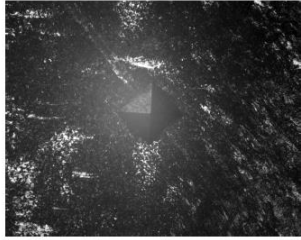
2 03 Dec 2017 21:1 272.6 HV/5 d1: 0.1830 d2: 0.1858
 X=0.00m Y=0.00m 26.4 HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



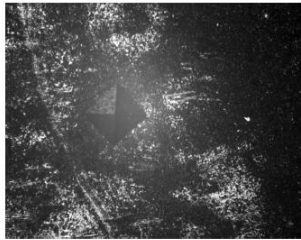
3 03 Dec 2017 21:1 476.9 HV/5 d1: 0.1491 d2: 0.1297
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



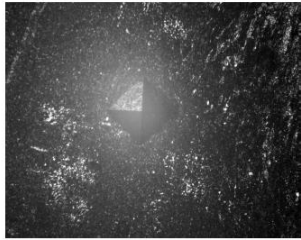
4 03 Dec 2017 21:1 470.1 HV/5 d1: 0.1299 d2: 0.1510
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



5 03 Dec 2017 21:2 469.7 HV/5 d1: 0.1362 d2: 0.1447
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



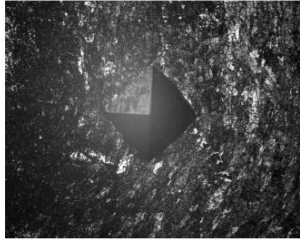
6 03 Dec 2017 21:2 324.0 HV/5 d1: 0.1738 d2: 0.1645
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



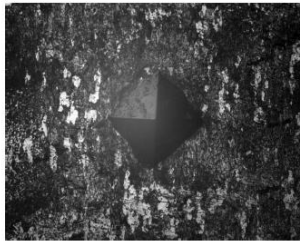
7 03 Dec 2017 21:2 223.7 HV/5 d1: 0.1963 d2: 0.2108
X=0.00m Y=0.00m 17.2 HRC XXX HBS500 754.1 Mpa

Comment



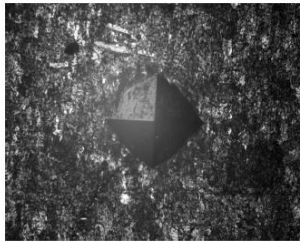
8 03 Dec 2017 21:3 198.7 HV/5 d1: 0.2173 d2: 0.2147
X=0.00m Y=0.00m 11.6 HRC XXX HBS500 669.2 Mpa

Comment



9 03 Dec 2017 21:3 224.6 HV/5 d1: 0.2106 d2: 0.1957
X=0.00m Y=0.00m 17.4 HRC XXX HBS500 756.8 Mpa

Comment



3 priedas. Antro tipo bandinio kietumo matavimo ataskaita.



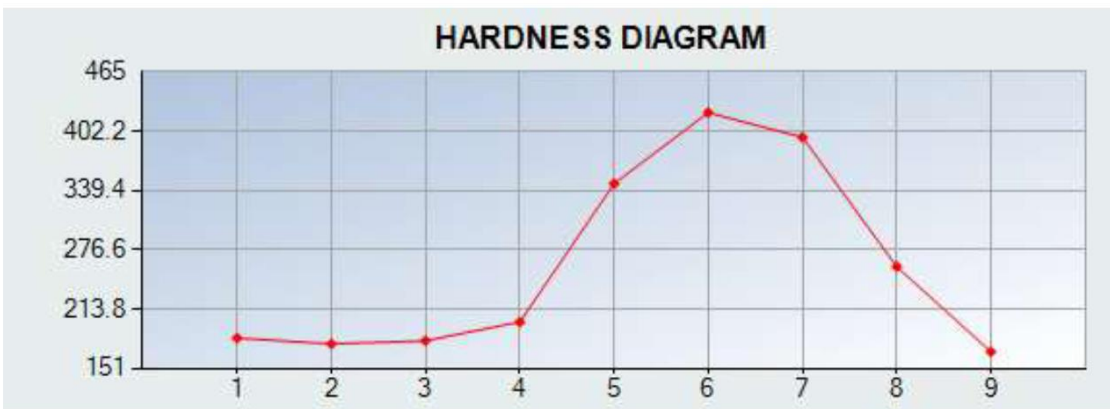
Tinius Olsen
 1065 Easton Road
 Horsham, PA 19044-8009
 U.S.A.
 +1-2156757100

Tester Info:

Statistics:

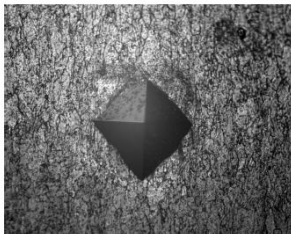
Type	VERZUS 750	Nr of measurements	9
Date	12/3/2017	Max	422.1
Operator	Admin	Min	168.8
Test	VICKERS HV/5	Average	259.2
Dwelltime	5 sec.	Standard Deviation	96.2

Notes:



1	03 Dec 2017 20:2	183.2	HV/5	d1: 0.2261	d2: 0.2232
	X=0.00m Y=0.00m	7.6 HRC		158.2 HBS500	617.6 Mpa

Comment



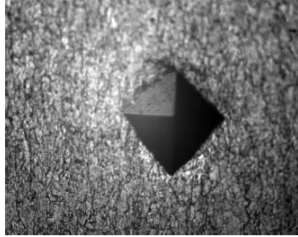
2	03 Dec 2017 20:2	177.1	HV/5	d1: 0.2213	d2: 0.2362
	X=0.00m Y=0.00m	6.0 HRC		153.1 HBS500	599.9 Mpa

Comment



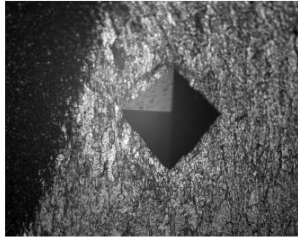
3 03 Dec 2017 20:3 180.3 HV/5 d1: 0.2202 d2: 0.2320
X=0.00m Y=0.00m 6.9 HRC 156.3 HBS500 610.0 Mpa

Comment



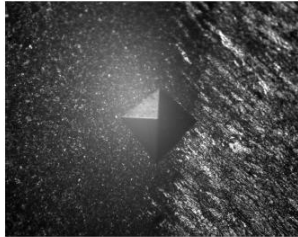
4 03 Dec 2017 20:3 200.2 HV/5 d1: 0.2121 d2: 0.2183
X=0.00m Y=0.00m 11.9 HRC XXX HBS500 674.8 Mpa

Comment



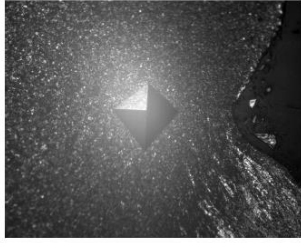
5 03 Dec 2017 20:3 346.7 HV/5 d1: 0.1686 d2: 0.1584
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



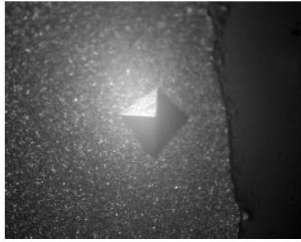
6 03 Dec 2017 20:3 422.1 HV/5 d1: 0.1445 d2: 0.1519
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



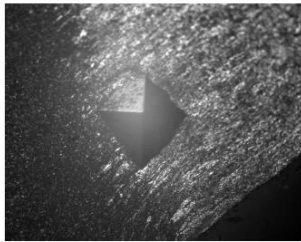
7 03 Dec 2017 20:4 395.9 HV/5 d1: 0.1396 d2: 0.1664
X=0.00m Y=0.00m XXX HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



8 03 Dec 2017 20:4 258.7 HV/5 d1: 0.1815 d2: 0.1970
X=0.00m Y=0.00m 24.1 HRC XXX HBS500 XXX Mpa

Comment



9 03 Dec 2017 20:4 168.8 HV/5 d1: 0.2241 d2: 0.2446
X=0.00m Y=0.00m 3.6 HRC 146.8 HBS500 572.6 Mpa

Comment

