

## NIKELINIŲ DANGŲ PT-19N-01 VIBROMECHANINIO APDIRBIMO ĮTAKOS ADHEZIJAI TYRIMAS

Tomas Stukas<sup>1</sup>, Olegas Černašėjus<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>suvir@vgtu.lt; <sup>2</sup>olecer@vgtu.lt*

**Santrauka.** Terminio purškimo būdu gautos dangos plačiai naudojamos įvairiose srityse. Šiame darbe aptariami pagrindiniai miltelinio liepsniniu būdu užpurkštų dangų trūkumai, nagrinėjama galimybė pagerinti dangų savybes, purškimo metu naudojant mechaninius virpesius. Tyrimų metu esant 30, 60, 90, 120, 150 Hz nustatytų virpesių dažniams ir trims skirtingoms virpesių amplitudėms (skirtingas signalo stiprumas), ant konstrukcinio plieno S235JR detalių buvo užpurkštos dangos. Purkšta naudojant nikelio pagrindo miltelius PT-19N-01. Išanalizavus eksperimentų rezultatus matyti, kad nepriklausomai nuo signalo stiprumo ir dažnio adhezijos reikšmė yra žema. Didžiausia adhezijos reikšmė pasiekta tuomet, kai vibromechaninio apdirbimo dažnis buvo 120 Hz, o signalo stiprumas 10 V. Mažiausia adhezijos reikšmė buvo, kai vibromechaninio apdirbimo dažnis 30 Hz, o signalo stiprumas 5 V.

**Reikšminiai žodžiai:** vibromechaninis apdirbimas, terminis purškimas, adhezijos tyrimas, nikelio pagrindo dangos.

### Įvadas

Dėl įrenginių naudojimo agresyviose terpėse sunkiomis smūginių apkrovų, vibracijos, aukštos temperatūros, dilimo ir korozijos sąlygomis keliami labai griežti reikalavimai ir pačių detalių, ir jų paviršių savybėms, nes dažnai būtent nuo detalės darbinio paviršiaus savybių ir būsenos priklauso viso įrenginio ilgaamžiškumas, eksploatacinis patikimumas, ekonomiškumas. Paviršių dengimo būdas plačiai taikomas tiek gaminant naujas detales norint, kad jų paviršiai įgytų tam tikrų savybių, tiek remonto darbams, kai reikia atkurti detalės paviršiaus formą ir gabaritus. Šios technologijos leidžia sutaupyti brangiai kainuojančius metalus, sumažinti remonto išlaidas, gerokai padidinti gaminių resursą (Ellor *et al.* 2004).

Dengiant gaminius apsaugine danga, taikomas vienas iš paviršiaus apdirbimo būdų – terminis purškimas. Tai procesas, kai koncentruoto energijos šaltinio išlydytos (įkaitintos) mažos medžiagos dalelės dideliu greičiu bloškiamos ant dengiamojo paviršiaus, kur kristalizuojasi ir formuoja dangą.

Terminio purškimo metodai yra technologiškai nesudėtingi ir užtikrina didelį našumą, todėl modernizavus įrangą ir pagerinus purškiamų medžiagų kokybę, terminis purškimas ištobulejo. Dabar tai yra vienas iš plačiausiai taikomų paviršiaus apdirbimo būdų. Jo privalumai:

- galima padengti gaminį, pagamintą iš bet kokios medžiagos: metalo ar metalų lydinio, stiklo ir t. t.;
- terminiu purškimu galima atkurti detalės matmenis;

- purškimo įranga yra paprasta, mažų matmenų, nesudėtingas jos naudojimas;
- purškiamų medžiagų platus pasirinkimas, nes galima naudoti įvairius metalus, jų lydinius, metalų ir oksidų mišinius;
- galima purkšti įvairiomis medžiagomis, keliais sluoksniais naudojant skirtingas medžiagas;
- apdirbamos detalės gabaritai neribojami;
- purškimu dengiami gaminiai mažai deformuojasi;
- purškimo būdu galima padengti ir dideles, ir mažas detales;
- galima užpurkšti ne tik visą detalės paviršių, bet ir ribotą jo dalį.

Pagrindiniai trūkumai – tai didelis dangos porėtumas (iki 25 %) ir tam tikrais atvejais nepakankamai stiprus dangos sukibimas su dengiamu paviršiumi.

Dabartiniu metu šis metodas labai plačiai taikomas formuojant dangas iš keraminių, sunkiai lydžių medžiagų, taip pat iš lydinių nikelio ir kobalto pagrindu (Valiulis *et al.* 2005).

Dangos adhezijos stipris priklauso nuo ryšio tarp išlašelių susidarančių atskirų plokštelių ir ryšio tarp plokštelių ir substrato. Dangos ryšio stipris su substratu priklauso nuo dangos ir substrato medžiagos tarpusavio fizinės ir cheminės sąveikos, vykstančios paviršių sąlyčio zonoje. Blogas adhezijos stipris atsiranda dėl medžiagų paviršinio struktūrinio nesuderinamumo, nepakankamo metalurginio ryšio, didelių vidinių įtempimų, netinkamai parinkto purškimo režimo parametrų.

Kyla klausimas, ar įmanoma technologiškai nesudėtingu ir pigiu būdu pagerinti miltelinio liepsninio purškimo kokybę paliekant tą pačią purškimo įrangą. Gamybinė praktika ir kitų mokslininkų tyrimų rezultatai rodo, kad apdorojimas mechaniniais virpesiais sumažina liekamuosius įtempius suvirintose konstrukcijose ir turi teigiamą poveikį elektriniu nusodinimu gaunamų dangų savybėms. Remiantis šiais duomenimis buvo pasiūlyta purškimo metu naudoti mechaninius virpesius (Škamat *et al.* 2008).

### Tyrimų metodika

Bandymams ir tyrimams iš plieno S235JR buvo išpjautos 150 mm ilgio, 70 mm pločio ir 8 mm storio plokštelės. Prieš apipurškiant milteliais, detalės buvo nuvalytos šratasvaide, nes tą rekomenduoja terminį purškimą reglamentuojantis standartas (LST EN 14616:2005) ir naudojamų miltelių gamintojas.

PT-19N-01 milteliai yra skirti liepsniam terminiam purškimui be aplydymo (pagal gamintojo rekomendacijas).

Purškiamų PT-19N-01 miltelių cheminė sudėtis pateikta 1 lentelėje.

**1 lentelė.** PT-19N-01 miltelių cheminė sudėtis, %

**Table 1.** The PT-19N-01 powder chemical composition, %

Ni	Cr	B	Si	Fe	C	Al
Pagrindas	8–14	1,7–2,8	1,2–3,2	2,0–5,0	0,3–0,6	0,8–1,3



**1 pav.** Vibracijos stendas

**Fig. 1.** Vibromechanical stand

Paruoštas bandinys įtvirtintas surinktame vibracijos stende (1 pav.).

Terminis purškimas taikytas 200 mm atstumu iki bandinio paviršiaus su „RotoTec 80“ dujinio liepsninio purškimo įrenginiu (2 pav.), naudojant acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) ir deguonies (O<sub>2</sub>) dujų mišinį.

Acetileno dujų slėgis purškiant yra 0,65 atm., deguonies – 4 atm. Bandiniai purškšti keičiant vibromechaninio apdirbimo režimus (2 lentelė).

Vienas iš svarbiausių kriterijų, lemiančių dangos paskirtį ir eksploatacines savybes, yra adhezija, t. y. savybė, apibūdinanti dangos ir pagrindinio metalo sukibimo stip-

rumą. Danga laikoma geros kokybės, kai turi stiprų sukibimą su pagrindu.

Adhezijai matuoti buvo pasirinktas kljavimo metodas su „PosiTest“ įrenginiu, leidžiančiu gauti realias skaitines reikšmes. Bandymams atlikti pasirinkti 14 mm skersmens kljuojami „Dolly“ bandiniai.

Dengtų detalių ir kljuojamų „Dolly“ bandinių paviršiai buvo paširkštinti ir pritvirtinti vienas prie kito kljais „Araldite extra strong“, švelniai spaudžiant, kad išeitų susidaręs kljū perteklius (3 pav.). Kai tarp dangos ir detalės susidarė tvirtas sujungimas, adhezija buvo matuojama atplėšimo būdu.



**2 pav.** RotoTec 80 dujinis liepsninis purškimo įrenginys

**Fig. 2.** RotoTec 80 thermal spraying equipment

**2 lentelė.** Dangos vibromechaninio apdirbimo režimai

**Table 2.** The parameters of vibromechanical treatment of coatings

Bandinių serija	Dažnis, Hz	Signalų stiprumas (amplitudė), V		
		1 bandymas	2 bandymas	3 bandymas
I	30	5,0	7,5	10
II	60	5,0	7,5	10
III	90	5,0	7,5	10
IV	120	5,0	7,5	10
V	150	5,0	7,5	10
VII	Purškama nenaudojant virpesių			



**3 pav.** Priklijuoti Dolly bandiniai

**Fig. 3.** The agglutinating Dolly specimens

## Tyrimų rezultatai

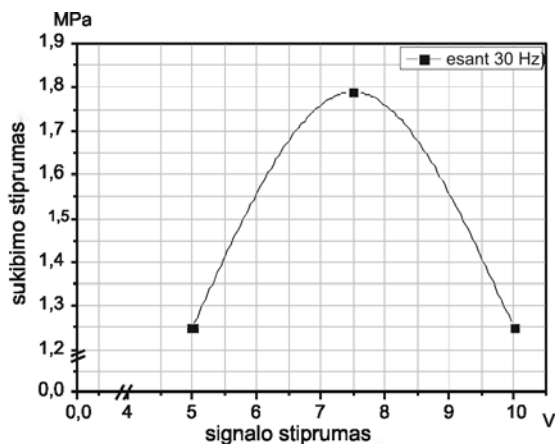
Tyrimo metu, esant 30, 60, 90, 120, 150 Hz vibromechaninių virpesių dažniams ir trims skirtingiems 5 V, 7,5 V ir 10 V signalo stiprumams, buvo nustatyta dengtų bandinių dangos adhezija (3 lentelė).

Dangos PT-19N-01 adhezijos priklausomybių nuo signalo stiprumo, esant skirtingiems dažniams, grafikų kreivės buvo skirtingos (4–7 pav.).

### 3 lentelė. Adhezijos bandymų rezultatai

Table 3. The results of adhesion test

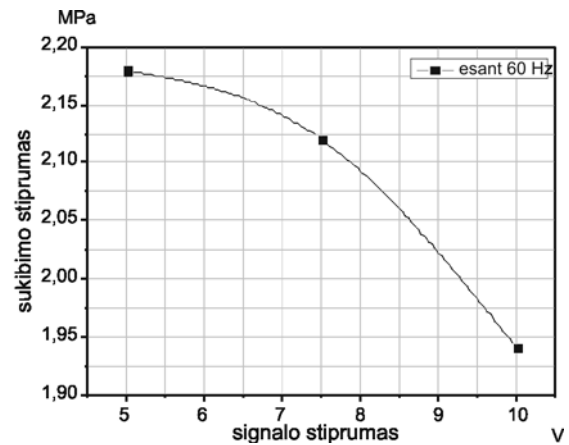
Signalo stiprumas, V	Dažnis, Hz	Adhezijos bandymai, MPa
		Vidurkis
5	30	1,25
7,5		1,79
10		1,44
5	60	2,18
7,5		2,12
10		1,94
5	90	1,55
7,5		1,42
10		2,27
5	120	1,64
7,5		1,75
10		2,91
5	150	2,16
7,5		1,97
10		1,63
Be virpesių		2,35



4 pav. PT-19N-01 dangos adhezijos priklausomybė nuo signalo stiprumo (esant 30 Hz vibromechaniniams virpesiams)

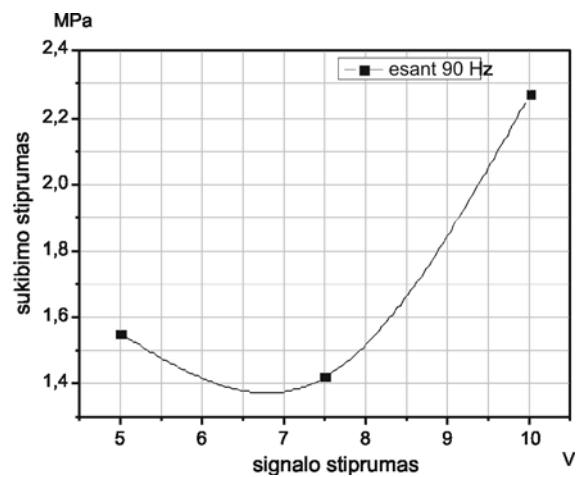
Fig. 4. The dependence of coating adhesion on signal strength (as 30 Hz vibration frequencies)

Buvo nustatyta tiriamos dangos adhezijos priklausomybė nuo vibromechaninių virpesių dažnių, esant tam pačiam signalo stiprumui (8 pav.).



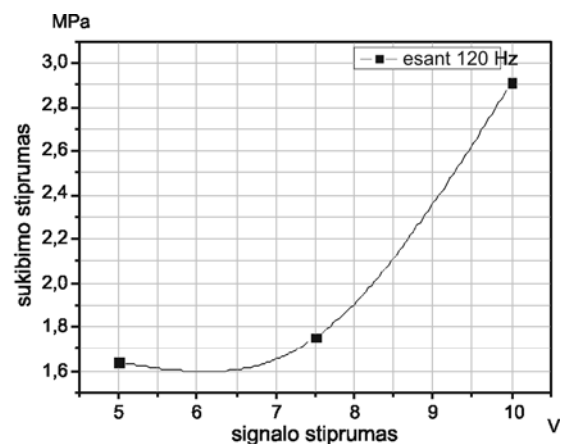
5 pav. PT-19N-01 dangos adhezijos priklausomybė nuo signalo stiprumo (esant 60 Hz vibromechaniniams virpesiams)

Fig. 5. The dependence of coating adhesion on signal strength (as 60 Hz vibration frequencies)



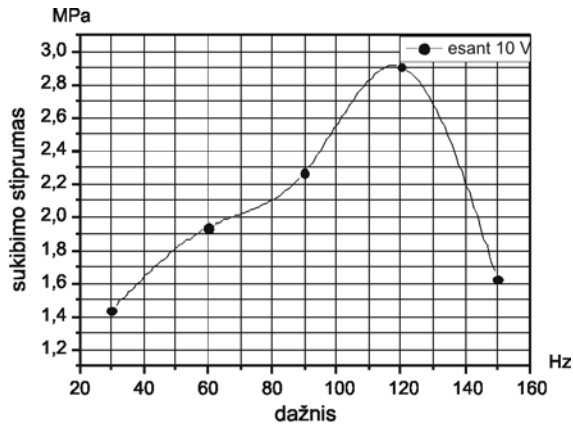
6 pav. PT-19N-01 dangos adhezijos priklausomybė nuo signalo stiprumo (esant 90 Hz vibromechaniniams virpesiams)

Fig. 6. The dependence of coating adhesion on signal strength (as 90 Hz vibration frequencies)



7 pav. PT-19N-01 dangos adhezijos priklausomybė nuo signalo stiprumo (esant 120 Hz vibromechaniniams virpesiams)

Fig. 7. The dependence of coating adhesion on signal strength (as 120 Hz vibration frequencies)



8 pav. PT-19N-01 dangos adhezijos priklausomybė nuo vibromechaninių virpesių dažnio (esant 10 V signalo stiprumui)

Fig. 8. The dependence of coating adhesion on vibration frequencies (as 10 V signal strength)

Didžiausia adhezijos reikšmė nustatyta tuomet, kai vibromechaninio apdirbimo dažnis buvo 120 Hz, o signalo stiprumas 10 V ir siekė 2,91 Mpa (8 pav).

Mažiausia adhezijos reikšmė nustatyta tuomet, kai vibromechaninio apdirbimo dažnis buvo 30 Hz, o signalo stiprumas 5 V ir siekė 1,25 Mpa (4 pav.).

#### Išvados

1. Išanalizavus eksperimentų rezultatus matyti, kad nepriklausomai nuo signalo stiprumo ir dažnio, adhezija yra žema.
2. Adhezijos priklausomybė nuo signalo stiprumo, esant skirtingiems dažniams, buvo skirtinga.
3. Didžiausia adhezijos reikšmė pasiekta tuomet, kai vibromechaninio apdirbimo dažnis buvo 120 Hz, o signalo stiprumas 10 V ir siekė 2,91 MPa.
4. Mažiausia adhezijos reikšmė pasiekta tuomet, kai vibromechaninio apdirbimo dažnis buvo 30 Hz, o signalo stiprumas 5 V ir siekė 1,25 MPa.

#### Literatūra

- Ellor James, A. 2004. *Thermally sprayed metal coatings to protect steel pilings: final report and guide*. Washington: Transportation Research Board. 100 p.
- Škamat, J. 2008. *60–120 Hz dažnio mechaninių virpesių įtakos nikelio pagrindo dangų savybėms tyrimas*: baigiamasis magistro darbas. Vilnius. 62 p.
- Valiulis, A. V. 2005. *Naujos medžiagos*. Vilnius: Technika. 116 p.

#### THE RESEARCH OF INFLUENCE OF VIBROMECHANICAL TREATMENT ON NI COATINGS PT-19N-01 ADHESION

T. Stukas, O. Černašėjus

Abstract

Thermal spray coating is very widely used in various fields. It is technologically simple, compact, inexpensive, universal and mobile mode, which ensures a high process efficiency and good surface quality. In this paper, the examination of the possibilities to improve nickel base coating properties made by thermal spraying with vibromechanical treatment into the coating process. Studies at 30, 60, 90, 120, 150 Hz frequencies of introducing vibrations, and three different vibration amplitudes (different signal strength), the steel S235JR specimens was coated by thermal spraying. The nickel base powder PT-19N-01 for thermal spraying was used. The analysis of experimental results shows that, irrespective of signal strength and frequency, adhesion is low. Maximum adhesion value was achieved when the working frequency of vibromechanical treatment was 120 Hz, and the signal strength of 10 V. The lowest adhesion value was achieved when vibromechanical treatment frequency was 30 Hz, and the signal strength of 5 V.

**Keywords:** vibromechanical treatment, thermal spraying, adhesion test, nickel base powder.