

## ŠVARIŲ PAVIRŠIŲ PARUOŠIMAS

Aurimas Ralys<sup>1</sup>, Valdemar Prokopovič<sup>2</sup>, Vytautas Striška<sup>3</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>aurimas.ralys@gmail.com; <sup>2</sup>prokopovicvaldemar@gmail.com; <sup>3</sup>vytautas.striska@vgtu.lt

**Santrauka.** Apžvelgiami švarių paviršių paruošimo metodai, naudojami gamyboje. Aptariami švarūs paviršiai, jų tipai ir svarba šiuolaikinei gamybai. Pateikiama švarių paviršių paruošimo metodų klasifikacija. Aptariami valymo tirpikliais, valymo vandeniu, ultragarsinio valymo, precizinio valymo, mechaninio valymo ir valymo, naudojant sūkurinį pulsuojančią vandens srautą, metodų principai.

**Reikšminiai žodžiai:** švarūs paviršiai, valymas tirpikliais, ultragarsinis valymas, valymas vandeniu, precizinis valymas, mechaninis valymas, kavitacija.

## Įvadas

Švariems paviršiams keliami specialūs reikalavimai. Ant jų neturi būti nešvarumų, riebalų, oksido plėvelių ar kitų cheminių medžiagų liekanų ir pan., kurios susidaro paviršių formavimo metu gamybos procese.

Po paviršiaus formavimo etapų gamyboje paviršiai dažnai dengiami įvairiomis medžiagomis: dažais, apsauginėmis dangomis, galvaninėmis dangomis ir t. t. Kad paviršių padengimas būtų kokybiškas ir danga tinkamai prikibtų prie paviršiaus, ant jo neturi būti matomų alyvos, tepalo ir purvo, nuodegų, oksido plėvelių, dažų ar kitų dalelių, nes tai gali trukdyti paviršiui ir dangai sukibti. Paviršius turi būti vientiso atspalvio.

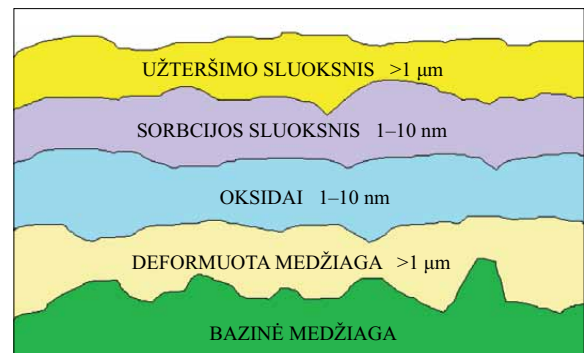
Šiuolaikinėje gamyboje vis mažėjant gaminamų detalių matmenims, griežtėja ir paviršių paruošimo kokybės reikalavimai. Dažnai reikiamas paviršiaus švarumas gaunamas tik naudojant toksiškus tirpiklius, freoną, aktyviąsias paviršiaus medžiagas, todėl griežtėjant aplinkos apsaugos reikalavimams, tampa sudėtingesnis ir tradicinių švarių paviršių paruošimo metodų taikymas.

## Švarūs paviršiai

Vykstant gamybos procesui, ant gaminių paviršių susidaro nepageidaujamos medžiagos sluoksnių, paviršiai dažnai užteršiami. Paviršių taršą galima suskirstyti į plėvelinę (1 pav.) ir taršą kietosiomis dalelėmis (2 pav.) (Haase 1997: 52).

Užterštas sluoksnis gali būti toliau klasifikuojamas pagal (Haase 1997: 54):

- kilmę,
- sudėtį,



1 pav. Plėvelinė paviršiaus tarša

Fig. 1. The pollution of a stratified surface

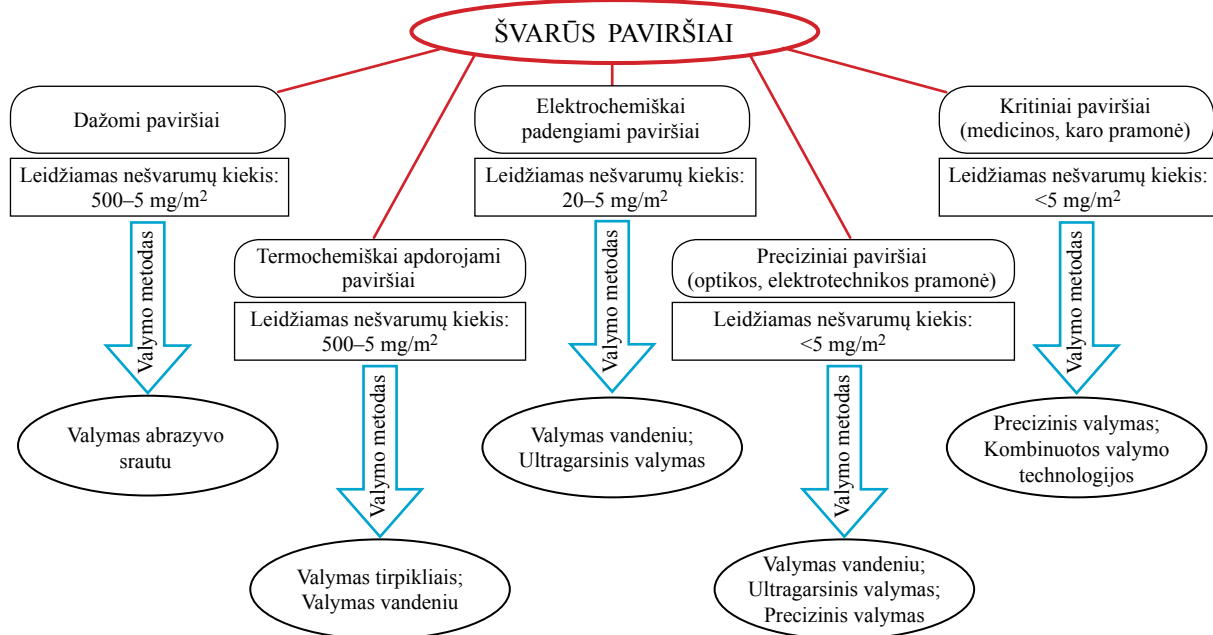


2 pav. Tarša kietosiomis dalelėmis

Fig. 2. Pollution with solid particles

- pavidalą,
- chemines ir fizines savybes.

Kiekviename konkrečiame gamybos procese švariems paviršiams keliami įvairūs reikalavimai, todėl šių paviršių paruošimo kokybė turi būti kruopščiai parinkta, kad užtikrintų tolesnės gamybos procesų ir galutinę gaminio kokybę. Švarių paviršių paruošimas pagal reikalaujamą kokybę



3 pav. Švorių paviršių paruošimas  
 Fig. 3. Preperation for clean surfaces

skirstomas į: tarpinis valymas, galutinis valymas, precizinis valymas ir kritinis valymas. Švorių paviršių paruošimo klasifikavimas pagal reikiamą kokybę (ASM International 1996) pateiktas 3 paveiksle.

Kuo reikiamas pašalinti sluoksnis yra arčiau bazinės medžiagos sluoksnio, tuo daugiau energijos jam prireikia, todėl labai svarbu parinkti tinkamą švorių paviršių paruošimo metodą. Bendruoju atveju galima taip klasifikuoti švorių paviršių paruošimo metodus (ASM International 1996):

- Valymas tirpikliais,
- Valymas vandens pagrindo valikliais,
- Mechaninis valymas,
- Precizinis valymas,
- Ultragarsinis valymas.

### Valymas tirpikliais

**Valymas tirpikliais** – tai švorių paviršių paruošimo metodai, naudojant angliavandenilių tirpiklius.

Pvz., šiuo tikslu naudojamas freonas 113 (CFC-113) ir trichloroetanas. Tai ozono sluoksnį ardančios medžiagos.

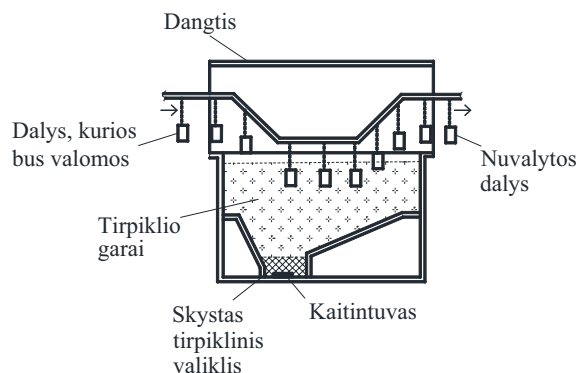
Švorių paviršių paruošimą, naudojant tirpiklius, galima suskirstyti į dvi pagrindines grupes (Center of Emission Control 1992: 5):

- Šaltas valymas – tirpikliai yra aplinkos temperatūros.
- Valymas garais – tirpikliai kaitinami iki virimo, kad pradėtų garuoti.

Be metalų, tirpiklių garais gali būti valomi stikliniai, keramininiai, plastikiniai, kompozitiniai ar kiti paviršiai.

Valymo tirpiklių garais liniją sudaro: talpa, kurioje kaitinamas tirpiklis, garų vonia, kurioje laikomi tirpiklių garai, nes jie yra sunkesni už orą, dalių transporteris, kuris transportuoja ir į garus panardina skirtus valyti dalių paviršius, ir dangtis, kuris neleidžia tirpiklių garams patekti į aplinką (4 pav.).

Kadangi didžioji dauguma tirpiklių yra toksiški, tai jų naudojimas griežtai reglamentuojamas, siekiant užtikrinti darbo saugos, aplinkosaugos ir poveikio aplinkai bei visuomenės sveikatai keliamus reikalavimus. Griežtėjant šiems reikalavimams, valymas tirpikliais taikomas rečiau, ieškoma ir taikomi alternatyvūs švorių paviršių paruošimo būdai, nenaudojant tirpiklių.



4 pav. Valymo tirpiklių garais linija  
 Fig. 4. An in-line cleaning system

## Valymas vandens pagrindo valikliais

Valymas vandens pagrindo valikliais – tai švirių paviršių paruošimo būdas, naudojant vandens pagrindo valiklius. Šis metodas taikomas kaip valymo tirpiklių garais alternatyva, nuo paviršių šalinant druskas, riebalus, aliejus, vašką, derivas ir kitus teršalus. Vandens pagrindo valikliuose paprastai yra detergentų (paviršiaus aktyviųjų medžiagų) su įvairiais priedais (pvz., rišamosiomis medžiagomis, emulsikliais ir pan.) (Center of Emission Control 1992: 50).

Valymo vandens pagrindo valikliais efektyvumui didinti naudojami įvairūs detergentai ir paviršiaus aktyviosios medžiagos, ir nors jie nėra tokie pavojingi žmogui kaip tirpikliai, tačiau išleisti su nuotekomis didina vandens telkinių BDS ir skatina jų užžėlimą.

## Ultragarsinis valymas

Ultragarsinis valymas – tai švirių paviršių paruošimo metodas, naudojant ultragarsą. Ultragarsas sukelia vandenyje fizikinę reiškinį, vadinamą kavitacija.

Kavitacija – tai prisotintų dujų burbuliukų formavimasis skystyje. Kavitacija atsiranda ir ultragarsui sklindant vandenyje. Garso banga, sklisdama vandenyje, suspaudžia ir įtempia vandens terpę, dėl ko ir sklinda garsas. Garso bangų amplitudei pasiekus tokį lygį, kad vanduo nebegali išlaikyti įtempimo, garso bangos tiesiogine prasme atsiplešia nuo vandens ir dėl neigiamo slėgio susidaro milijonai vakuominių burbuliukų. Šių burbuliukų dydis auga tol, kol viršijama jų vidinė pusiausvyra. Viršijus šią pusiausvyrą vanduo staigiai burbuliukus suspaudžia ir sukuria milijonus smulkučių vandens čiurkšlių. Čiurkšlių procesas išlaisvina milžinišką kiekį energijos, sukauptą vakuominiuose burbuliuose (Emilife.com 2011).

Valymas ultragarsu gali būti naudojamas kaip atskiras švirių paviršių paruošimo metodas arba kaip būdas, siekiant padidinti valymo vandeniu efektyvumą per plovimo etapą.

## Mechaninis valymas

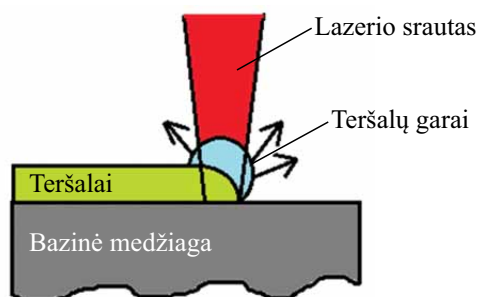
Mechaninis valymas – tai švirių paviršių paruošimo metodas, kuriam priskiriami: valymas smėliu, valymas sausu ledu ( $\text{CO}_2$ ), valymas vandens srove. Valymui smėliu priskiriami metodai, kai valoma abrazyvo srautu. Valymas smėliu yra vienas iš populiariausių paviršių paruošimo metodų, prieš dažant paviršius ar dengiant juos antikorozine danga. Tačiau valymas vandens srove ar sauso ledo srautu dažnai pamiršamas, nors būtent šie metodai gali pakeisti sudėtingą švirių paviršių paruošimą, taikant valymo tirpikliais būdą (Schulz 2010).

Valymas  $\text{CO}_2$  srautu dažnai naudojamas optikos, elektronikos pramonėje. Šis metodas populiarus ir dėl gero suderinamumo su aplinka, nedidelių įrangos matmenų, mažesnių investicijų ir veiklos išlaidų.

## Precizinis valymas

**Precizinis valymas** apima metodus, taikomus specialiose pramonės šakose, kur paviršiaus švarumo kokybė griežtai reglamentuojama. Tai apima medicinos, elektronikos ir kosmoso technikos sritis.

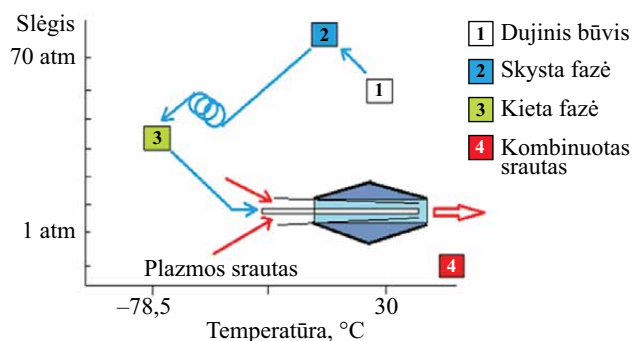
Precizinio valymo metodams priskiriamas valymas lazeriu (5 pav.). Šis metodas grindžiamas teršalų garavimo principu, kai teršalai apšviečiami didelės energijos koncentruotu šviesos srautu – lazeriu. Apšviesti lazerio teršalai intensyviai garuoja ir dėl skirtingo teršalų ir valomo paviršiaus šiluminio plėtimosi koeficientų tampa trapūs. Atkibę nuo paviršiaus teršalai dažniausiai šalinami oro ar kitų inertinių dujų srautu.



5 pav. Valymas lazeriu

Fig. 5. Laser cleaning

Kitas precizinio valymo metodas yra hibridinė  $\text{CO}_2$  srovės ir  $\text{CO}_2$  plazmos srauto valymo technologija, vadinama „BlueFire“ (6 pav.). „BlueFire“ – tai hibridinis švirių paviršių paruošimo metodas, apimantis makromechaninį švirių paviršių paruošimą  $\text{CO}_2$  aerozolių srove ir mikromechaninį ir cheminį paruošimą  $\text{CO}_2$  plazmos srove (Jackson 2007).



6 pav. „BlueFire“ technologija

Fig. 6. BlueFire technology

## Valymas sukuriniu pulsuojamuoju srautu

Švarems paviršiams paruošti kavitacine vandens srove naudojamas tik toks vanduo, kuriam tekant pro specialius antgalius, atsiranda kavitacija. Taip pat procese vanduo, iš kurio išvalyti teršalai, buvę ant ruošiamų paviršių, gali būti naudojamas pakartotinai. Taip iki minimumo siekiama sumažinti emisijų kiekį.

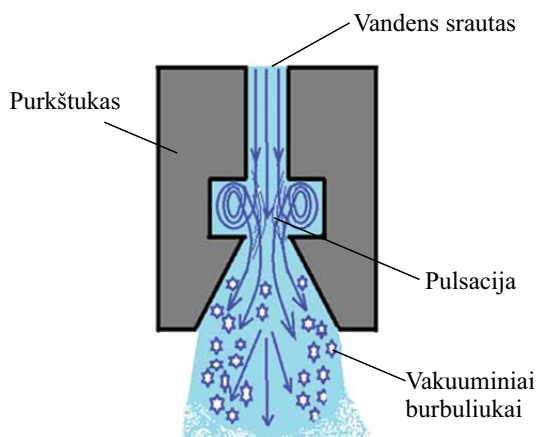
Švarių paviršių paruošimas kavitaciją sukeliančiomis galvutėmis yra eksperimentinis metodas, reikalaujantis nuodugnių tyrimų, tačiau tuo pačiu kavitacijos principu vandenyje pagrįstas ultragarsinis metodas yra plačiai taikomas gamybos srityje.

Šio metodo raida prasidėjo nuo kavitacijos generavimo galvučių naudojimo paviršiams apdirbti (Johnson, Virgil 1970).

Kavitaciją sukeliančių antgalių naudojimas švarems paviršiams ruošti išsprendžia pagrindinį ultragarsinio metodo trūkumą: nereikia valomų paviršių laikyti pamerktų ultragarsinėse vonelėse. Taip pat šių antgalių naudojimas nesudėtingai pritaikomas automatizuotose linijose.

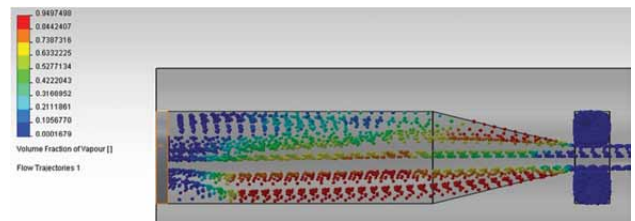
Kad srautui tekant pro antgalį atsirastų kavitacija, tiekiamo vandens slėgis turi būti 80–150 barų. Norint suformuoti kavitaciją esant mažesniai tiekiamo srauto slėgiui pradėti naudoti purkštukai, kuriuose srautas sukuriuodamas pulsuoja. Vandens srauto sukurių sukelta pulsacija veikia kaip ir garso bangos esant ultragarsiniam švarių paviršių paruošimo metodui. Todėl taikant sukurinį pulsuojantį srautą, kavitacija formuojasi jau esant 30 barų tiekiamo vandens slėgiui (7 pav.) (Johnson, Virgil 1984).

Skaitmeninės simuliacijos būdu modeliuojant trijų skirtingų purkštukų konstrukcijas nustatyta, kad efektyviausias yra kavitacijos formavimo purkštukas su išsiplėtimo kamera prieš difuzorių (8 pav.) (Johnson, Virgil 1984).



7 pav. Antgalis, skirtas kavitacijai generuoti sukuriniu pulsuojančiu srautu

Fig. 7. A nozzle of generating cavitation applying a pulsating vortex flow



8 pav. Kavitacijos formavimo purkštukas su išsiplėtimo kamera prieš difuzorių

Fig. 8. A cavitation nozzle with an expansion chamber before a diffuser

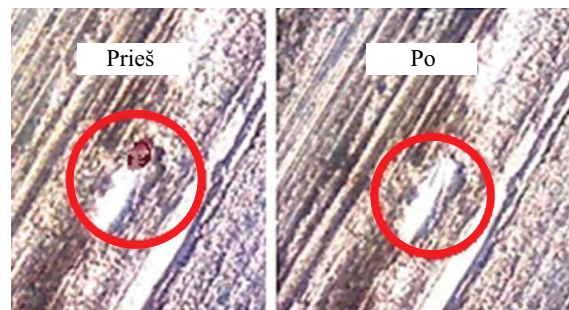
Atliktas eksperimentinis tyrimas, kai taikant kavitacijos formavimo purkštuką su išsiplėtimo kamera (8 pav.) prieš difuzorių, iš aliumininės plokštelės buvo šalinamos abrazyvo liekanos, likusios po šlifavimo.

Eksperimento metu vertinamas abrazyvo dalelių šalinimas sukuriniu pulsuojančiu srautu iš aliumininės plokštelės, nušlifotos abrazyviniu šlifavimo disku (abrazyvinė medžiaga – baltasis elektrokorundas; grūdėtumo numeris – 0,25–0,4 mm; surišimo būdas – keraminis; kietumas – vidutiniškai minkštas).

Eksperimentas atliktas naudojant du skirtingo skersmens purkštukus, esant skirtingiems slėgiams ir skirtingiems valomo paviršiaus ir purkštuko tarpusavio atstumams. Naudojant kiekvieną pasirinktų parametų rinkinį, atlikta po penkis bandymus, bandant pašalinti skirtingas aliumininės plokštelės paviršiuje po šlifavimo operacijos įstrigusias abrazyvo daleles. Bandymo metu pašalintų dalelių kiekis įvertintas procentais.

Eksperimento metu ištirti 0,8 ir 0,4 mm skersmens purkštukai, kai į juos tiekiamo vandens slėgis yra 36 bar. Taip pat tirta abrazyvo dalelių šalinimo priklausomybė nuo valomo paviršiaus ir purkštuko atstumo.

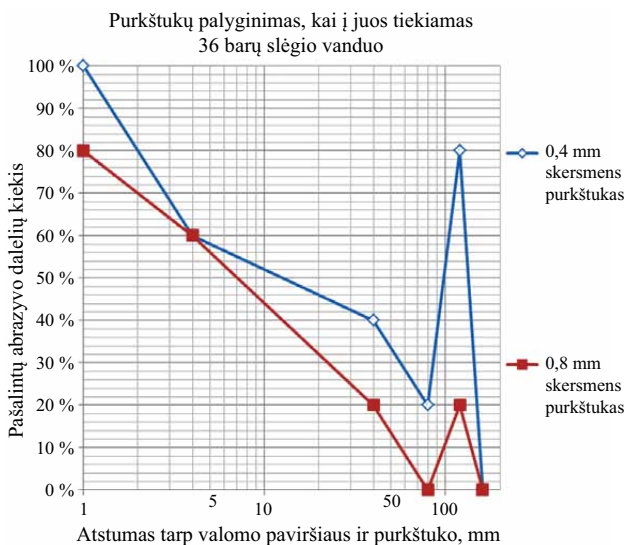
Abrazyvo dalelių kiekis tirtas mikroskopu prieš valymą ir po jo (9, 10 pav.):



9 pav. Paviršiaus vaizdas

Fig. 9. The view of the surface





10 pav. Eksperimento rezultatai

Fig. 10. Results of the test

## Išvados

1. Šiuolaikinėje gamyboje vis mažėjant gaminių matmenims kartu didėja ir reikalavimai, keliami švarių paviršių paruošimo kokybei.
2. Švarių paviršių paruošimo procesai, kuriuose naudojami freonai ar aktyviosios paviršiaus medžiagos, nors ir yra efektyvūs, tačiau dėl šių medžiagų kenksmingo poveikio aplinkai yra nepageidaujami ir jų naudojimas vis labiau ribojamas.
3. Kavitacinio srauto naudojimas davė teigiamų rezultatų šalinant nuo aliumininės plokštelės abrazyvo likučius po šlifavimo.
4. Geriausi bandymo rezultatai buvo pasiekti naudojant sūkurinio pulsuojančio srauto generavimo purkštuką, kai jo skersmuo 0,4 mm, tiekiamo vandens slėgis 36 bar ir atstumas tarp valomo paviršiaus ir purkštuko 120 mm. Tokiomis sąlygomis buvo pašalintos penkios iš penkių į aliumininę plokštelę įstrigusios abrazyvo dalelių.

## Literatūra

- ASM International [interaktyvus]. 1996. *Choosing a cleaning process*. USA [žiūrėta 2011 m. balandžio 8 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.asminternational.org/portal/site/www/AsmStore/ProductDetails/?vgnnextoid=6af010a74e0f8110VgnVCM100000701e010aRCRD>. ISBN 0-87170-572-9.
- Center of Emission Control 1992. *Solvent Cleaning (Degreasing)*. USA: Washington. 91p.
- Emilife.com 2011 [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.emilife.com/lt/10536117043887>.
- Haase, B. 1997. Wie sauber muss eine Oberfläche sein? *Journal Oberflächentechnik* 37(4): 52–57.

Johnson, Jr.; Virgil, E. 1970. *Process for Drilling by a Cavitating Fluid Jet*. Int. Cl.: E21B 7/18. US patent, US-3528704.

Johnson, Jr.; Virgil, E. 1984. *Enhancing Liquid Jet Erosion*. Int. Cl.: E21B 7/18. US patent, US-4474251.

Jackson, D. 2007. *Breaking the Surface Treatment Barrier*. *Process Cleaning* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. balandžio 9 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.processcleaning.com/articles/breaking-the-surface-treatment-barrier>.

Schulz, D. 2010. *Brilliantly Blasted Surface*. *Process Cleaning* [interaktyvus], [žiūrėta 2011 m. balandžio 9 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.processcleaning.com/articles/brilliantly-blasted-surfaces>.

## PREPERATION FOR A CLEAN SURFACE

A. Ralys, V. Prokopovič, V. Striška

### Abstract

The article reviews techniques for preparing clean surfaces used in the manufacturing process, considers the types of clean surfaces and their role in modern production and provides the classification methods of arranging such surfaces. The paper also discusses the principles of methods for solvent cleaning, aqueous cleaning, ultrasonic cleaning, precision cleaning and mechanical cleaning. The study focuses on the possibility of adjusting a clean surface using a water flow, including cavitation.

**Keywords:** clean surfaces, solvent cleaning, ultrasonic cleaning, aqueous cleaning, precise cleaning, mechanical cleaning, cavitation.