

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Војна академија Универзитета одбране у Београду

Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Корозија и заштита метала

Број индекса: 508/2013



Милош Д. Павловић

**Пескарење као фаза у процесу наношења превлака на
површину метала**

-дипломски рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. доц. др Михаел Бучко – ментор

Датум одбране:

2. _____

Оцена:

3. _____

Крагујевац, 2017.

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да:

1. Дефинише процес пескирања и направи поделу процеса
2. Опише и класификује опрему за пескирање као и њено одржавање
3. Опише абразивне материјале који се користе у процесу пескирања
4. Анализира утицај услова околине на процес пескирања

Препоручена литература:

1. В. Вујичић, Корозија и технологија заштите метала, Војна академија, Београд, 2002.
2. В. Ђоровић, Ј. Антић, С. Кочовић, М. Радић, Заштита од корозије у аутоиндустрији, Крагујевац, 2002.
3. Б. Васиљевић, Б. Недић, Модификовање површина, основне технологије модификовања, помоћни универзитетски уџбеник (приручник), Машински факултет, Крагујевац, 2003.
4. Coating Inspector Program, Level 1, Student Manual, NACE International, December 2007.

Крагујевац 2017. године

Ментор:

доц. др. Михаел Бучко

Резиме:

У оквиру овог рада објашњена је припрема површине метала процесом пескирања, историја процеса пескирања и основне методе које се данас користе, као и основне поделе. Објашњени су поступци рада. Наведени су различити типови опреме, различите технике које се користе, као и места на којима се обавља сам процес. Такође је објашњена продуктивност у процесу пескирања. Дефинисани су стандарди чистоће површина, различити степен или стандарди чишћења површине абразивним млазом, као и абразиви који се користе за уклањање нечистоћа. Велики акценат је стављен на безбедност на раду која се налази на првом месту у свим савременим компанијама данашњице.

Кључне речи: абразив, пескарење, заштита

Summary:

This paper will describe the process of metal surface preparation by blasting, history of the blasting process and basic methods used today, along with common division. The process stages are described. Different equipment types, used techniques, along with areas where this process takes place are stated. Also, the productivity of the blasting process is depicted. Standards in surface cleanliness, different degrees and standards of cleaning surface with abrasive blasting, along with abrasives used for impurity removal, are defined in this paper. A large focus is given to the work safety, which comes first in all modern companies today.

Key words: abrasive, sandblasting, protection

Садржај:

1. Увод.....	5
2. Припрема површине пескирањем.....	6
2.1. Опрема за пескирање.....	8
2.2. Продуктивност у процесу пескирања.....	23
2.3. Абразиви који се користе у процесу пескирања.....	26
2.4. Безбедност на раду у процесу пескирања.....	40
2.5. Површински профил након пескирања.....	43
2.6. Утицај околине на операције пескирања.....	49
3. Закључак.....	61
4. Литература.....	62

1. Увод

Корозија је хемијско-физичка појава која изазива постепено губљење својстава материјала услед дејства средине која га окружује. Појавом корозије материјали трпе мање или веће промене, што умањује њихове особине [1].

Применом различитих поступака заштите материјала од деловања агенаса корозије успешно се продужава век трајања материјала. Избор најадекватнијег поступка за заштиту металних површина од корозије зависи од врсте и стања површине метала, од врсте обраде, од врсте производње, естетских захтева и слично [1].

Завршна обрада металних површина, без обзира да ли се обавља у циљу заштите од корозије или у декоративне сврхе, дели се на одмашћивање, чишћење и заштиту. Пре наношења слоја на металним површинама обавља се отклањање евентуалних остатака уља, масти, смола, које су на површини предмета остале од претходних операција обраде а које би својим даљим присуством ометале даљу заштиту. Припрема металних површина чишћењем од великог је значаја за век трајања заштитног средства и његово заштитно дејство. Врло често се боља заштита може остварити наношењем заштитног средства лошијег квалитета на добро очишћену површину него када је обрнуто [2].

Овај поступак подразумева отклањање корозије са површине механичким путем. То се може остварити на три начина и то чишћењем млазом абразива (пескирањем), чишћењем машинским алатом и чишћењем ручним алатом. Поред механичког чишћења, у пракси су присутни и хемијско и електрохемијско чишћење [3].

Овај дипломски рад има за циљ да детаљније опише поступак чишћења површине метала процесом пескирања. С обзиром да се инжењери у процесу припреме и антикорозионе заштите металних површина, најчешће налазе у улози инспектора за превлаке или у улози пројект менаџера [4], у овом дипломском раду је процес пескирања описан из угла инспектора за превлаке. Другим речима, описана су знања која инспектор мора поседовати о процесу пескирања, као и обавезе-задаци инспектора током процеса пескирања.

2. Припрема површине пескирањем

Пескирање или пескарење је технолошки поступак при којем, помоћу машине за пескирање, абразив под притиском ваздуха добија велику кинетичку енергију (убрзање) и удара о површину која се третира. Абразив тако подиже боју, нечистоће и друге супстанце, припремајући подлогу за следеће апликације.

Пескирање је најбољи начин за припрему површина пре наношења заштитних премаза, боје, за одстрањивање корозије, чишћење и припрему површина за термичку обраду делова, уклањање графита и боје са грађевинских објеката, за постизање различитих структурних и декоративних ефеката (гравирање, пескарење стакла и дрвета).

Пескирање се примењује у скоро свим индустријским гранама за различите намене. У бродоградилиштима, аутомобилској индустрији, грађевинарству и индустрији стакла и незаобилазно је при одржавању разних технолошких процеса у свим гранама производње (прехрамбена, рударска, хемијска...) [5].

Неке од метода пескирања су:

- Центрифугални млаз
- Водени млаз са песком
- Чишћење млазом муља
- Водени абразивни млаз
- Суви абразивни млаз
- Суви млаз каменчића (суво пескарење)

Најчешће примењивана метода припреме површине за наношење премаза јесте суво пескарење како је приказано на слици испод. Заиста, пре наношења савремених заштитних премаза за заштиту површине не постоје потпуно задовољавајући и економски еквивалентни алтернативни процеси сувом пескарењу.

Суво пескарење (употреба песка) представља високо концентрисан млаз малих абразивних честица којима се бомбардује површина да би се уклонила рђа, каменац и други контаминанти чиме се креира храпава површина спремна да добро прими премаз.

Фундаментални принцип пескарења је уклањање рђе, каменца и других површинских нечистоћа (да би се постигла одговарајућа храпава површина) усмеравајући високу концентрацију млаза релативно малих абразивних честица при великој брзини на површину која треба да се очисти. Површина је изложена јаком удару абразивних честица. При припреми челичних површина за бојење, методом млазног чишћења се рђа, каменац и стара боја уклањају заједно са основним металом [4].

Дефинисани су различити степени или стандарди чишћења површине абразивним млазом. Стандарди за абразивно чишћење нових челичних површина описани су у NACE, SSPC и ISO. У октобру 1994. NACE и SSPC објавили су заједничке стандарде за абразивно чишћење:

- NACE No. 1/SSPC-SP 5, “Пескирање белих метала”
- NACE No. 2/SSPC-SP 10, “ Пескирање скоро белих метала”
- NACE No. 3/SSPC-SP 6, “Комерцијално пескирање”
- NACE No. 4/SSPC-SP 7, “ Процес пескирања четкањем”



Слика 1. Суво пескарење

Ови стандарди су грубо уједначени са ISO стандардима који су настали из оригиналних шведских стандарда. ISO 8501-1 је објављен 1988. године и садржи четири стандарда:

- Са 3, „Пескирање до визуелно чистог метала“
- Са 2½, „Веома темељно пескирање“
- Са 2, „Темељно пескирање“
- Са 1, „Површно пескирање“

Сваки систем стандарда садржи само прогресивну скалу визуелног приказа, где је у сваком стандарду, најбоља оцена приказана на почетку скале. Квалитет пескирања се утврђује визуелно, и сликовни стандарди се користе у сврху упоређивања. Не постоји корелација између степена пескирања површинских профила и нема специфичне повезаности са уклањањем хемијских нечистоћа (или невидљивих соли). За ова питања морају се користити други стандарди и техничка мерења.

2.1. Опрема за пескирање

Честице за пескирање могу се директно избацивати из посуде под притиском, при чему се формира млаз честица високог притиска (чишћење под притиском) или се честице избацују у центрифугалном млазу из ротора који се окреће великом брзином (центрифугално или безваздушно чишћење).

Опрема за пескирање са директним притиском

Ово је најчешће коришћени метод пескирања. Абразив се усмерава под притиском из посуде (посуда под притиском) кроз цево за чишћење. То је високо продуктивна метода која се користи за високо захтевна радна места као што су рад у бродоградилиштима, рафинеријама, хемијским постројењима и за чишћење железничких и грађевинских објеката [3].



Слика 2. Опрема за пескирање

Опрема за пескирање са вакуумом

Са овом опремом, материјал се испескари и одмах у првобитан положај захваљујући утисавању нечистоћа. Ова метода се користи када около не сме бити летећих честица абразива, као на пример, код осетљиве опреме. Ова метода чишћења је скупа и користи се само у посебним ситуацијама, као што је отклањање боје на бази олова.

Опрема за пескирање са усисивачем

Код ове опреме, ваздух помера песак из смештајне посуде у млазницу. На експанзиони резервоар се не примењује никакав притисак. Енергија за померање абразива из резервоара долази од смањења притиска ваздуха кроз излазну цев. С обзиром да се абразивне честице померају напред малом брзином, ова метода се користи за послове лаког оптерећења, као што су стакло за замрзавање, вијци за минирање и каросерије за кретање и за опрему осетљиву на додир.

Опрема за пескирање са системом млазног снабдевања

Абразивни материјал се удувава у вертикалну цев и излази кроз коленасту кривину напоље. Овај метод се обично користи са финим абразивом. За одређени посао мора бити изабрана одговарајућа опрема за пескирање. Најчешће коришћена опрема за ручно пескирање, су посуде под притиском, које могу довести абразив помоћу струје компримованог ваздуха који се убацује у посуду са абразивом. Остали дизајни, као што су посуде из којих абразив излази под дејством гравитације, или опрема са усисавањем, се не користе уобичајено за припрему површина на индустријском нивоу [4].

Када је важна контрола прашине и остатака, системи за вакумско оптерећење су уграђени у постојећу опрему или се користи додатна опрема за вакум. Абразив и отпад се скупљају заједно, а затим се одвајају и абразиви се рециклирају. Абразиви који се користе у овом случају морају бити погодни за рециклирање. Величина јединице за чишћење обично варира са задатком. Јединице за пескирање могу да варирају од оних које држе 1½ вреће од абразива (0,7 килограма, 150 lbs) за мали посао, па до оних које држе преко 40 тона абразива.

Важно је документовати количину, врсту и величину опреме током извршења посла. Уколико спецификација наводи одређене захтеве за опрему и опрема не испуњава ове услове, инспектор треба да достави недостатак представнику власника.

Кабинети за пескирање

Понекад је пожељно пескирати поједине предмете у затвореном простору тако да друге радне групе могу наставити да раде у непосредној близини. Ако је ово редован захтев, многе фабрике ће купити или направити кабинет за чишћење. Величина типичних кабинета-ормара може се разликовати од малих ормара - где се чишћење врши изван кућишта, а руке се убацују кроз рупе у страну - до релативно велике просторије за пескирање. Софистицираније собе за пескирање могу имати железнички систем за транспорт великих предмета у подручје пескирања и имати систем за рециклирање песка. Уопштено гледано, уређај за избацивање абразива је сличан ономе који се користи за пескирање на отвореном [3].



Слика 3. Кабинет за пескирање

Машина за центрифугално пескирање

Најкомплекснији од ормана за чишћење дизајнирани су за велике количине челика који се редовно чисте, као што су све плоче које је примило бродоградилиште. Ове машине, често познате као точкови, дизајниране су да раде континуирано и укључују преносни систем који ће континуирано носити предмете кроз кабинет. Типично је да ови ормари користе систем ротирајућих точкова са крилима за покретање абразива. Ови ормани такође имају систем за рециклирање абразива и способни су за врло високе брзине пескирања [2].

Чишћење помоћу машине са точковима често је потпуно аутоматизовано и најбоље одговара пословима где се врши понављање истих операција на фиксној локацији. Типичне локације би укључивале бродоградилишта или објекте за израду челичне конструкције, као што су они који се користе за изградњу платформи за производњу нафте и њихова помоћна опрема.

Ова метода пескирања се користи:

- Када материјал може да се доведе до опреме за пескирање
- Код великих равних површина, када се преносиви точак за пескирање може возити преко површине, на пример на летачкој палуби носача авиона или на бетонским површинама, као што су подови, јаме и слично
- Да би се елиминисала потреба за подешавањем компресора укључујући црева за ваздух и чишћење
- За мањи трошак производње

Центрифугално пескирање се може користити на радним деловима као што су цеви, армирани челик, греде, равна плоча, итд. Низ центрифугалних точкова је смештен у кућишту за пескирање, и точкови су распоређени тако да се све стране опреме чисте док се точкови крећу изнад опреме.

Процес пескирања помоћу точка је детаљније описан у стандарду CIP NIVO 2.



Слика 4. Машина за центрифугално пескирање

Техника ручног пескирања

Ручно пескирање подразумева да се цела површина метала очисти, и то померањем млазнице одређеном брзином у различитим смеровима, на начин да сваки следећи прелазак преко површине, захвата део претходне стазе, док се не добије чиста површина метала. Стандард чишћења не би требао бити више, а свакако не мање, захтеван него што се захтева у спецификацији. Млазницу треба држати близу правог угла (90°) у односу на површину, али ипак са малим углом различитим од 90° , тако да се абразив не враћа према млазници.

Неке површине, попут оних са дебелим слојевима рђе или са превлакама као што су метализацијом нанесени цинк или алуминијум, најбоље се пескирају тако што је на почетку угао блажи, то јест, на пример, 45° . Оператор мора бити свестан да ова техника, уз ефикасно уклањање постојећег слоја, ствара мање храпав профил површине због мањег угла удара. Завршно чишћење под правим углом на површину је потребно да би се постигао одговарајући профил површине [2].

Брзина кретања млазнице зависи од брзине чишћења и требало би да буде такве брзине да се површина темељно очисти, али без непотребног задржавања.

Црева

Црева су врло битан део технике чишћења. Користе се две врсте црева:

- Црево за довод ваздуха
- Црево за довод и избацивање абразива

Црево за довод ваздуха

Ово црево проводи ваздух од компресора до посуде са абразивом. Генерално, што је већи проток ваздуха, то је боље. Препоручује се да унутрашњи пречник црева буде не мањи од 31 mm (1,25 in.). Препоручени пречник би требао бити три до четири пута већи од пречника отвора млазнице. Ако је црево дуже од 30 m (100 ft), пречник црева треба да буде четири пута већи од пречника отвора млазнице. Велики пречник црева елиминисаће губитак ваздушног притиска кроз црево за ваздух због трења између ваздуха и зидова црева.

Црево за довод и избацивање абразива

Постоје две врсте црева за напајање абразивом:

- Четворослојно, за употребу када је црево подложно спољашњим напрезањима или када постоји опасност да га оператер повуче под правим углом
- Двослојно, лакше црево које је погодније за одређене намене због своје веће флексибилности

Сва црева треба да имају закривљене крајеве како би се омогућило спајање између црева и спречавање влаге или компримованог ваздуха да прође кроз слој црева. Ваздух унутар црева може проузроковати појаву мехура на цреву. Вода може проузроковати труљење амбалаже на цреву. Оператер који врши пескирање мора извршити инспекцију ових недостатака на почетку и периодично кроз пројекат пескирања.

Пречник и дужина црева за избацивање абразива, утичу на њихову ефикасност. Црева, генерално, не смеју бити превише великог пречника. Седамдесет пет посто црева које се данас користе имају пречник од 31 до 38 mm (1,25 до 1,5 in.). Правило је да пречник црева мора бити три до четири пута већи од отвора млазнице.

Мање црево, дужине од 3 до 4,5 m (10 до 15 ft) са само 19 mm (0,75 in.) пречника се понекад додаје на крај црева ради лакшег руковања. Мањи пречник доводи до знатног пада притиска, а препоручује се да оператери користе овај привезак само када је то потребно.

Већина црева за чишћење сада се производи са унутрашњим уземљењем, које се често постиже убацивањем гуменог материјала са угљеником, да би се статички електрицитет одводио у земљу. У неким ситуацијама може бити потребно додатно, спољашње уземљење. Треба користити само уземљена црева како би се осигурала безбедност оператера [1].

Спојница

Треба користити само спојнице које се спајају са спољашње стране. Унутрашње монтиране спојнице значајно смањују пречник црева и капацитет за провођење ваздуха. Поред тога, ако су спојнице унутар црева, може се појавити турбулентно струјање на месту где ваздух или абразив ударају у ивице носача спојнице. Стога може доћи до пада притиска и тешког хабања.



Слика 5: Спојница

Све заптивке на спојницама треба пажљиво одржавати како би били потпуно непропусни и било каква цурења брзо спречена.

Брзе спојнице се фиксирају помоћу спољних вијака који продиру у зид црева. Вијци не би требали продрети у црево или ће доћи до цурења ваздуха. Спојнице су израђене од месинга (који траје дуже) и алуминијума (који је лакши и лакши за руковање када се црево подиже у ваздух).

Спојнице треба да буду обезбеђене жицом или на други начин правилно спојене, како би се обезбедила безбедна веза и спречило отварање спојнице ако се ставе на неправилне површине. Уземљење треба да има извод преко спојнице.

Због неизбежног пада притиска у цревима, црева за ваздух треба да буду што је могуће краћа. На пример, пожељно је да растојање од посуде са ваздухом до млазнице не буде више од 6 m (20 ft). Када се морају користити црева веће дужине, црево треба поставити у праву линију, а све кривине треба да буду широке и имају велики пречник скретања [4].

Одржавање и безбедност на раду код посуде за пескирање

Ефикасна употреба посуде за пескирање може уштедети новац, и у смислу радних сати људи и усмислу абразива. Посуду за пескирање треба свакодневно празнити, ако је то изводљиво, и одржавати је сувом, како би се избегла контаминација абразива. Одржавање треба вршити да би се избегло цурење и губитак притиска. Посуда треба да се проверава једном годишње и да се ради тестирање воденим притиском, где је притисак воде 1 до $\frac{1}{2}$ вредности од пројектованог притиска како би се обезбедило ефикасно функционисање посуде.

Пескирање је потенцијално опасан посао. Са абразивима и опремом под притиском, безбедност је веома важна. Треба увек имати у виду да абразиви и ваздух напуштају млазницу великом брзином (брзином од 720 km/h или 660 ft/s или око половине брзине кретања метка из пушке) и могу утицати на површину метала или друге раднике на великој удаљености.

Целокупни систем, укључујући црева, оператера и део који се пескира, мора бити уземљен како би се спречила повреда услед електричног удара. Уземљење је посебно важно када оператер ради на висинама (када шок може довести до пада) или када се пескирање ради у опасном окружењу [5].

Компресор за ваздух и опрема за припремање површине

Током избацивања абразива, компресор мора бити способан да испоручује довољну количину ваздуха како би се одржао потребан притисак на млазници. Друга опрема, укључујући следеће, мора бити довољне величине и типа да одговара типу компресора:

- Црева за ваздух и абразив
- Спојнице зацрево
- Млазница за чишћење



Слика 6: Компресор за ваздух

Компримовани ваздух мора бити без загађивача, укључујући уље и воду. Прво, пошто је у питању и довод ваздуха за дисање, који се користи приликом извођења абразивног чишћења, од кључног је значаја да ваздух за дисање буде свеж и чист. То је одговорност лица које користи опрему. Друго, важно је да ваздух буде чист како би се осигурало да операција чишћења не додаје загађиваче на површину која се чисти.

Извођач радова је одговоран за усклађивање са свим захтевима спецификација, као што су пречник црева, врста млазнице и запремина ваздуха, када је то детаљно описано у спецификацијама. Инспектор за превлаке може проверити сваки од наведених услова како би обезбедио сагласност од стране извођача радова.

Компримовани ваздух је уобичајени извор енергије за машине за пескирање, опрему за распршивање боје, електричне алате итд. Он се најчешће користи на местима за пескирање, јер је релативно сигуран, мање опасан од електричне енергије. За производњу одређене количине компримованог ваздуха потребно је користити компресор. Обично има дизел мотор (иако су електрични компресори уобичајени у стационарним радионицама), компресор црпи атмосферски ваздух, ствара притисак и доводи ваздух у посуду под притиском (познату као пријемник). Ваздух се затим држи у пријемнику док га не захтева опрема која се користи.

Производња компримованог ваздуха изазива два проблема у процесу припреме површине:

- Свака промена атмосферског притиска може довести до ослобађања водене паре из ваздуха.
- Пошто се компримовани ваздух у пријемнику чува под притиском, а притисак се ствара тако што се повећава притисак у резервоару за уље, постоји могућност да ваздух који се ослобађа, садржи паре уља.

Оба ова фактора захтевају опрему за хватање паре, која се налази уз опрему за пескирање, и уклања уље и воду из ваздуха.

Компресори се класификују како према притиску ваздуха, тако и према капацитету.

Ваздушни притисак се мери у паскалима (Pa), фунтама по квадратном инчу (psi) или bar. Притисак ваздуха се нормално поставља мало изнад предвиђеног радног притиска, обично максимално 690 kPa (100 psi, 7 bar) за преносиве компресоре. Овај притисак, ако се успешно одржава, производи ефикасно пескирање. Новији компресори могу одржавати притисак до 1034 kPa (150 psi, 10.5 bar). Ваздушни притисак не би требало да буде већи због безбедносних разлога и прописа. Ова бројка може се разликовати у различитим земљама [5].

Одговарајући притисак је критичан за ефикасан процес пескирања. Ако се абразив не избацује под довољним притиском, потребно је додатно време за обављање посла. Притисак компресора треба да буде такав да компензује губитак притиска у цреву. Притисак на млазници се може мерити помоћу игличног мерача, који ће бити описан касније.

Капацитет се мери у литрима у минути (l/min). Капацитет компресора одређује количину ваздуха коју може да избаци при његовом радном притиску. За потребе пражњења, боље је имати компресор великог капацитета који ради испод његовог максималног нивоа, од мањег компресора који ради близу његовог максималног нивоа. Одабрани компресор би требало да буде у могућности да испоручује више ваздуха него што је потребно како би се омогућио резервни капацитет за максимална оптерећења или за додатну опрему.

За пескирање са млазницом пречника 11 mm (7/16 in.) која узима абразив из једне посуде, углавном се препоручује коришћење компресора са минималним капацитетом од 9,900 l/min. За продужену употребу, компресор већег капацитета, можда 17.000 l/min, ће радити са мањим оптерећењем и већом ефикасношћу.

Исти компресор који се користи за пескирање, често се користи за напајање пиштоља за распршивање боје и друге опреме. Ниједна друга операција не захтева тако велике количине компримованог ваздуха као операција пескирања.

Процењује се да ће у раду једне млазнице пречника 9,5-mm (3/8-in.), доћи до пада притиска од 35 kPa (5 lb) за сваки 15 m (50 ft) црева које се користи. Укупни пад притиска зависи од броја радних млазница, величине млазница и дужине црева.

Компресори са недовољним притиском стварају неефикасност која директно утиче на цену и распоред процеса пескирања. Они могу довести до:

- изгубљеног времена чекајући да компресор достигне довољни притисак, када му капацитет није довољно велики
- непотребно напрезање компресора током максималног оптерећења
- изгубљено време због неефикасног рада опреме која нема довољно ваздуха
- немогућност додавања нових алата у систем
- већа могућност слома или пада система
- прекомеран рад да би се обезбедила потребна количина ваздуха
- прекомерна топлота и кондензација

Још једна ставка је величина вентила компресорског колектора. Компресор треба да буде опремљен са излазима од 38 до 50 mm (1,5 до 2 in.), да би био компатибилан са цревима за довод ваздуха [5].

Неопходан прибор за компресоре

Уређај за одвајање воде и уља

Веома је важно да чистоћа површине не буде нарушена током процеса пескирања. То може бити последица паре или капљица уља која се преносе кроз ваздух из компресора, од влаге која је ушла у ваздух под високим притиском или од остатака прашине која се јавља током пескирања.

Треба предузети мере предострожности да би се обезбедило да је компримовни ваздух очишћен од уља и влаге. Потребна је уградња одговарајућих хватача за уље и влагу, заједно са накнадним хладњацима и филтерима у ваздушним водовима, и њих се мора адекватно одржавати. Већина уређаја за хватање уља и влаге су отвореног типа, што омогућава да се распрши акумулирана влага.

Влажан ваздух такође може узроковати да честице абразива уђу у храпаву површину или посуду за абразив и може проузроковати корозију очишћене површине [4].

Филтери

Ови уређаји садрже угаљ и испоручују пречишћени ваздух до црева за пескирање. Такође су опремљени детекторима који откривају присуство угљен монооксида (CO).

Сушилице

То су уређаји који уклањају влагу из компримованог ваздуха како би спречила влажење абразива.

Упијачи-адсорбенти

У питању су филтери који упијају влагу из компримованог ваздуха како би спречили кондензацију влаге на радном комаду.

Расхладна средства

Ова средства уклањају воду хлађењем ваздуха, чиме спречавају кондензацију на радном комаду. Хладнији ваздух садржи мање влаге него топлији ваздух.

Центрифугални одвајач

Одстрањује воду центрифугалном силом.

Водено хлађен измењивач топлоте

Циљ овог уређаја је хлађење врућег ваздуха из компресора тако да се влага може уклонити из ваздушног тока.

Помоћни пријемник

Понекад се користи помоћни пријемник или складиште за смештај компримованог ваздуха. Делује као резервоар компримованог ваздуха. Ваздух се напаја у помоћни резервоар из једног или више компресора и чува се све док није потребан за напајање различитих уређаја, алата и операција повезаних са резервоаром.

Тестирање са папиром за мрље

Компримовани ваздух који се користи у пескирању, може се проверити на присуство уља или воде једноставном тестом, који укључује употребу белог упијајућег папира који се стави у ваздушну струју која се испушта из компресора. Стандард ASTM D 4285, "Стандардна метода испитивања за означавање уља или воде у компримованом ваздуху" захтева употребу адсорбента, као што је бели упијајући папир или тканина на крутој подлози, или, алтернативно, неабсорбујући колектор, као што је 6 mm (1/4-in.) прозирна пластика. Колектор се поставља у струју ваздуха на удаљености 61 cm (24 in.) од тачке испуштања ваздуха, у периоду од једног минута. Тест треба спроводити на ваздуху који се испушта, што је могуће ближе месту употребе и након проласка кроз сепаратор уља и воде [4].

Тест се користи за визуелно проверавање било ког трага уља или воде у компримованом ваздуху који се користи у избацивању абразива или превлака. У обављању овог теста, одговорно лице треба да:

- Дозволи систему компримованог ваздуха да достигне услове рада.
- Дозволи да се ваздух празни у прописаним условима рада како би се уклонила акумулирана кондензација у систему.
- Причврсти материјал колектора на круту подлогу и избегава лични контакт са струјом ваздуха.

Према ASTM D 4285, било који индикатор промене боје на колектору је последица трагова уља, и мора бити узрок одбијања компримованог ваздуха за употребу у пескирању и поступцима наношења премаза. Свака индикација воде на колектору мора бити узрок одбијања компримованог ваздуха за примену у оним случајевима у којима је вода штетна, као што је чишћење абразивним пиштољем, чишћење ваздухом и наношење премаза.

Угљоводонична уља се обично могу разликовати од воде коришћењем ултраљубичастог (UV) светла или откривањем карактеристичног мириса уља. Очишћена површина такође треба темељно да се прегледа на било који знак уља или воде.

Млазнице за чишћење и притисак млазнице

Величина млазнице

Ако су остали параметри константни, брзина чишћења је директно повезана са пречником употребљене млазнице. Такође је и потрошња ваздуха. Сходно томе, максимални пречник млазнице који се може користити мора зависити од капацитета компресора који га напаја. У следећој табели приказана је запремина ваздуха потребна за различите притиске како би се напајале млазнице различитих пречника [3].

Табела 1. Запремина ваздуха потребна за различите притиске како би се напајале млазнице различитих пречника.

Неопходна величина отвора, in.		Неопходна запремина ваздуха (ft ³ /min)				
		60 psi	70 psi	80 psi	90 psi	100 psi
¼	#4	67	76	85	94	103
3/8	#6	151	171	191	211	232
½	#8	268	304	340	376	413

Неопходна величина отвора, mm		Неопходна запремина ваздуха (l/min)				
		4.1 bar	4.8 bar	5.5 bar	6.2 bar	6.9 bar
6.3	#4	1900	2150	2400	2660	2920
9.45	#6	4280	4840	5410	5980	6570
12.6	#8	7590	8610	9630	10650	11700

Карактеристике млазнице

Одржавање задатог пречника млазнице је од великог значаја и може бити проблем ако се користе дизне од ливеног гвожђа, јер се то брзо хаба. Ефикасније чишћење се може постићи помоћу млазница произведених од специјалних легура отпорних на хабање или од материјала као што су волфрам карбид или керамика. Иако су већи почетни трошкови, ове млазнице су економичније у пракси.

Дизајн млазнице

Важан фактор је и унутрашњи профил млазнице за пескирање. Излазне млазнице су данас више коришћене од праволинијских млазница које су раније биле коришћене. Оне трају дуже, дају већу брзину пескирања уз економичнију потрошњу ваздуха и дају резултат у свеукупном повећању ефикасности чишћења.

Дизајн млазнице: Излазне или шмрк млазнице

Током много година, све млазнице су имале равну унутрашњу површину са малим отвором грла. Такве, директне млазнице имају излазну брзину абразива од око 349 km/h, односно 315 ft/s. Осим тога, оне имају тенденцију ширења абразива у широком обиму, са већом концентрацијом у центру, а мањом на ивицама.

Године 1954. за млазнице је развијен облик излазне цеви. Нови облик има велико улазно грло, постепено се сужава до средине, а затим се прошири на излазу. Излазни облик омогућава брзину до 720 km/h, или 660 ft/s и омогућава скоро једнак утицај на целу површину. Излазни облик је најефикаснији облик млазница за грубо пескирање.

Периодично корисник треба:

- Провери врсту млазнице. Тип излазног облика обезбеђује већу абразивну брзину од праволинијског типа исте величине.
- Проверити испуцане и хабане млазнице. Испуцане млазнице не треба користити, јер могу представљати озбиљну опасност по безбедност. Исхабане млазнице смањују ефективност чишћења.

За мерење хабања, користи се мерач отвора млазнице. Неки корисници наводе да хабање млазнице не би требало да прелази један број млазнице (у Сједињеним Државама, 1,6 mm [1/16 in.]); други корисници могу захтевати да се млазница замени када ниво хабања достигне 50% првобитног пречника. Тест отвора млазнице је описан у наставку рада.

Испитивање да ли је притисак млазнице у оквиру оптималне вредности, то јест 620 до 690 kPa (90 до 100 psi), треба спроводити помоћу игличастог мерача притиска током операције пескирања. Са чистачевом сагласношћу, инспектор или оператер треба да измери притисак убацивањем игле у црево, што је ближе иза млазнице, када је црево у стварној употреби. Испитивање ваздушног притиска у цреву детаљно је описано даље у раду [3].

Материјали који се користе за облагање млазнице

Описани материјали односе се на унутрашњу облогу млазнице, што је подручје у контакту са абразивом. Ови материјали морају бити издржљиви и одолевати абразији која се неизбежно дешава.

Волфрам карбид

Млазнице обложене овим материјалом имају век трајања од 300 сати. Међутим, очекивани животни век се скраћује када се ова млазница користи са алуминијум-оксидам или силицијумом као абразивом.

Силицијум карбид

Силицијум карбидна млазница има 42% мању масу од млазнице обложене волфрам карбидом, што олакшава њено држање у рукама дуже време. Са поузданим абразивом, млазница са облогом од силицијум карбида траје до 500 сати, што је 50 до 60% дуже од оне са облогом од волфрам карбида.

Норбид (бор карбид)

Ово је најдуготрајнија облога, са трајањем од 750 до 1000 сати. Може се користити са свим абразивима. Иако су бор карбидне млазнице два до три пута скупље од оних са облогом од карбида силицијума и волфрама, њихов дужи век чини их економичним.

Разматрања величине млазнице

На избор величине млазнице утиче:

- Врста посла који треба обавити
- Доступна запремина компримованог ваздуха
- Количина расположивог притиска
- Тип опреме за пескирање која се користи

Дуже млазнице резултују већом брзином и више концентрисаном шаржом, тако да су пожељније на чврстим пословима чишћења. Међутим, употреба млазнице која је превелика за рад може довести до губитка снаге при изласку абразива.

Одржавање и безбедност млазнице

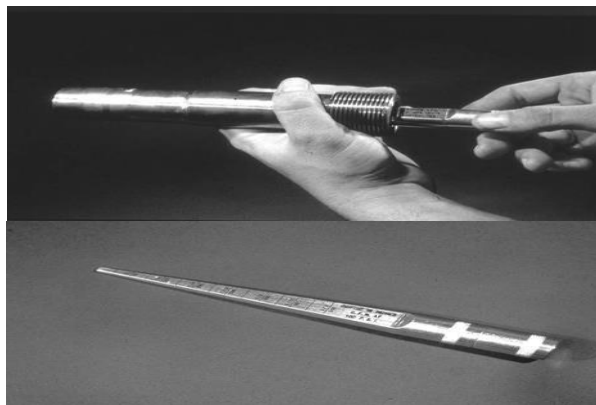
Дизне се не смеју користити уместо чекића, да се користе за упућивање сигнала из унутрашњости резервоара лупкањем о резервоар, и не смеју се испуштати и падати на тло. Треба их редовно проверавати на пукотине и хабање [3].

Тест пречника млазнице

Како се употребљава млазница, абразиви носе облогу, повећавајући пречник грла млазнице и смањујући његову ефикасност. Отвор млазнице треба редовно проверавати помоћу бројача млазнице, као што показује слика. Приликом извођења овог теста:

- Прво, помоћу масне оловке се прави ознака на мерачу пречника млазнице, на вредностимакоје се очекују за дату млазницу
- Затим, мерач се убацује у задњу страну млазнице и заврне један пун круг (360°)
- Затим, мерач се повлачи и провери се ознака нанесена масном оловком. Пречник млазнице се прочита из ознаке на мерачу, где је маст са мерача скинута.

Поред измереног пречника млазнице, мерач показује и запремину ваздуха у кубном метру у минути (m^3/min) неопходну за испоруку 690 kPa (100 psi) на млазници.



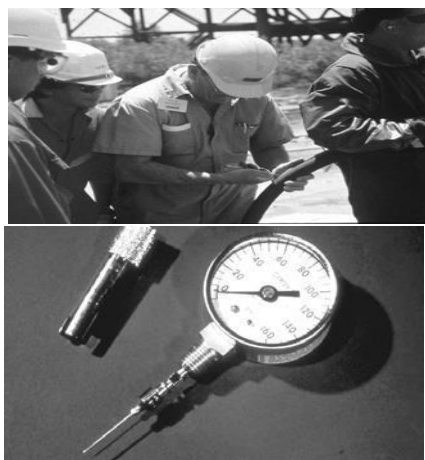
Слика 7: Поступак мерења пречника млазнице и приказ мерача

На пример, за једну млазницу пречника 6,5 mm (3/8 in.) потребан је компресор који снабдева ваздух са протоком $6.5 \text{ m}^3/\text{min}$ то јест 6500 l/min, да би испоручио и одржао притисак од 690 kPa (100 psi, 6.9 bar). Ако се користи млазница већег пречника или ако се млазница похабала на пречник од 12.5 mm (1/2 in.), потребан је већи компресор са протоком од $11.7 \text{ m}^3/\text{min}$ или 11700 l/min да би се одржао исти притисак [3].

Мерење ваздушног притиска у млазници помоћу игличастог мерача

Игличasti мерач се користи за мерење притиска ваздуха у млазници. Игла се убацује у црево за пескирање одмах иза млазнице док опрема за пескирање ради. Ако је притисак мањи од очекиваног или пожељног, треба проверити следеће ставке:

- Величину компресора
- Величину и дужину црева за ваздух
- Спојнице (на цурење, померање заптивки)
- Величину и тип млазнице
- Облогу црева (провера на оштећења)
- Цев на посуди за пескирање (да није делимично блокирана)



Слика 8: Игличаст мерач

Црева за ваздух и абразив

Инспектор треба да:

- Провери да ли има оштећења или оштрих кривина на цревима. Тешки предмети никада не смеју да се спуштају на црево
- Се увери да су спојнице повезане и безбедно спојене
- Се увери да су црева за абразив правилно уземљена.

2.2. Продуктивност у процесу пескирања

Ефикасност пескирања

Стање материјала који се пескира значајно утиче и на брзину пескирања и на квалитет пескиране површине.

Веома зарђао челик или челик који је подлегао питинг корозији је тешко потпуно очистити, због тога што треба утрошити додатно време за пескирање и пажње за уклањање продуката корозије који су ушли у дубину а који су веома штетни. Теже врсте песка и високи притисци су погодни за пескирање таквих површина. Одређени топлотно обрађени легирани челици такође имају посебно издржљиву оксидну превлаку, која опет захтева тежи песак и високе притиске ради ефикаснијег пескирања [6].

Притисак ваздуха

Уопштено, притисак ваздуха за пескирање зависи од фактора као што су квалитет и врста песка, врста материјала који се пескира и укупни захтеви производње. Потрошни абразиви се боље користе при високим притисцима, - изнад 620 kPa (90 psi, 6,2 bar), да би се постигле максималне стопе чишћења, зато што распадање честица абразива након удarca о површину не изазива теже последице, осим стварања прашине. Повећани притисак значајно повећава брзину пескирања због повећаног протока песка и веће брзине честица. Тиме се знатно смањује трошак за радну снагу, иако губици песка знатно расту када је притисак пескирања изнад 517 kPa (75 psi, 5,1 bar). Такође приликом високих притисака пескирања, изнад 620 kPa, (90 psi, 6.2 bar), замор радника може ограничити продуктивност у дужим сменама пескирања. Ипак, уобичајено се препоручује да се притисак пескирања, мерен на млазници, држи што је више могућим, са одредбом да нормално не може прећи 690 kPa (100 psi, 6.9 bar) да би се придржавало сигурносних прописа. Разлози за коришћење високог притиска пескирања се односе на ефикасност и стопу производње код пескирања:

- Завршен рад се сматра директно пропорционалном притиску ваздуха на млазници.
- притисак од 690 kPa (100 psi, 6.9 bar) на млазници даје 100% ефикасност
- притисак од 550 kPa (80 psi, 5.5 bar) на млазници даје 66% ефикасности
- притисак од 455 kPa (66 psi, 4,5 bar) на млазници даје 50% ефикасности.

На пример, при притиску млазнице од 455 kPa (66 psi, 4,5 bar) за исто време извршиће се пескирање само половине површине у односу на случај када је притисак 690 kPa (100 psi, 6.9 bar).

Напомена: Притисак млазнице може се мерити од стране оператера или инспектора користећи игличасти мерач.

Главни разлози за немогућност одржавања високих притисака млазнице су следећи:

- Неадекватно снабдевање ваздухом. Теоретски, млазница са бројем #6 (9,4 mm, 3/8-in.)- једна од популарних величина - захтева проток ваздуха 6.570 l/min. Да би се обезбедила неопходна количина ваздуха, обично би се користио компресор од најмање 8.600 l/min. За већу млазницу, биће потребно више ваздуха и потребан је сразмерно већи компресор [4].
- Превише мала црева за ваздух где губици услед трења могу бити велики.
- Спојнице стављене са унутрашње стране црева могу изазвати губитак ефикасности, до 15% радног притиска. Зато је неопходно користити спољне спојнице и носаче млазница.
- Лоше постављене и дизајниране машине за пескирање могу имати значајан утицај на губитак притиска кроз машину.
- Превише мале цеви на машини изазивају губитке од трења.
- Црева за компримован ваздух се не држе равно и што је могуће краће.

Други важни фактори који утичу на перформансе пескирања су:

- Прави избор млазница. Излазне млазнице су много ефикасније него млазнице са дизама.
- Ваздух мора бити чист и сув.

Брзина пескирања се не може једноставно предвидети. Постоји много варијабли које утичу на операцију пескирања, укључујући:

- доступност ваздуха
- величину и тип млазнице
- врсту опреме која се користи
- стање површине која се пескира
- стандард о чистоћи површине који треба задовољити
- ограничење у погледу замора оператера
- квалитет осветљења
- растојање млазнице од површине
- вештина оператера
- тип и величина абразива који се користи.

Као врло уопштени водич, високе брзине пескирања могу достићи $30 \text{ m}^2/\text{h}$ ($300 \text{ ft}^2/\text{h}$) док ниске брзине могу бити $4 \text{ m}^2/\text{h}$ ($40 \text{ ft}^2/\text{h}$). Мора се нагласити да су ове брзине пескирања само индикативне и не могу се предвидети за било који конкретан посао. Слично томе, потрошња абразива може бити променљива, а израчунавање потребних количина је у великој мери питање процене или искуства. Као опште правило, потрошња абразива од 50 kg/m^2 (10 lbs/ft^2) је честа за неправилне профиле [4].

2.3. Абразиви који се користе у процесу пескирања

Степен храпавости површине и брзина пескирања зависе првенствено од карактеристика употребљеног абразивног материјала. Иако, уопштено гледајући, абразиви за пескирање могу бити материјали у широком опсегу, од дробљених орахових љуски, стакла и здробљених парчића метала до различитих металних остатак муниције и греда, па чак и керамичких греда, постоји ограничен број врста абразива који се обично користе за пескирање, а то су:

- Опиљци хлађеног челика или сачме
- Дробљена шљака
- Шљунак, минерални природни
- Керамички опиљци

Напомена: Упркос широко распрострањеном коришћењу термина пескирање, песак није наведен као абразивни материјал.

Оштри песак је јефтин и ефикасан абразив, али се не може користити широм света (нити се може користити било који абразив који садржи силицијум) због велике опасности по здравље. Радници који су изложени опасним концентрацијама силицијумске прашине - попут оних који су ослобођени током процеса пескирања - могу добити силикозу, болест плућа.

За неке природне облике песка се каже да су без силицијума, и ти облици се и даље могу наћи у употреби, посебно у Сједињеним Америчким Државама. Песак без силицијума не ослобађа силицијум у штетном облику (такозвани слободни силицијум) када се разграђује током процеса пескирања.

Дозвола за коришћење песка као абразива се понекад издаје ако се ради пескирање на отвореном, али само када су оператери и друго особље добро заштићени од прашине која се ствара, а подручја пескирања су одобрена од стране здравствених органа (нпр. Фабрички инспектор, Инспектор заштите на раду). Ово се најчешће дешава када се песак користи у комбинацији са опремом за снабдевање водом [1].

Куглице или сачма од спрашеног гвожђа

Ово је далеко најчешће коришћени абразив за пескирање у постројењу за наношење премаза или било ком сличном радионичком постројењу. Спрашено гвожђе је доступно у различитим категоријама гранулације и са одређеним вредностима минималне тврдоће. То је одличан абразив опште намене, захваљујући релативно високој густини, која даје високу енергију честицама, и спору, али ефективну брзину лома која обезбеђује стварање оштрих ивица на честицама абразива.



Слика 9: Сачма од спрашеног гвожђа

Док се спрашено гвожђе користи у великој мери за поступке пескирања у радовима или на местима на којима се може изводити рециклирање абразивног материјала, ово је превише скуп брусни материјал у ситуацијама где се не може регенерисати, као што је то случај код многих послова на отвореном.

Шљака

Чишћење шљаком насталом од металуршких процеса или сагоревања је релативно јефтин поступак. Уобичајена је бакарна шљака, трозга од угља или алуминијума. Иако је ова врста абразива веома ефикасна за једнократно коришћење, она углавном није погодна за рециклирање и поновну употребу, због брзог распадања материјала и претварања у прашину. Ови материјали се често називају потрошним абразивом [1].

Хемијска анализа најчешће коришћене бакарне абразивне шљаке:

Типична анализа бакарне абразивне шљаке показује да је хемијски садржај сличан следећој табели:

Табела 2. Анализа бакарне шљаке

Al ₂ O ₃	3.35%
TiO ₂	0.35%
FeO	41.55%
Fe ₂ O ₃	3.15%
MnO	0.27%
CaO	5.86%
MgO	2.15%
K ₂ O	0.53%
Na ₂ O	0.40%
CuO	0.47%
PbO	0.04%
ZnO	1.68%
S	0.96%

Из табеле се може уочити да је остатак шљаке бакар, у веома малој концентрацији, иако је шљака нуспродукт производње бакра. Такође се примећује да већину садржаја чине оксиди различитих метала.

Керамички абразиви (алуминијум оксид и силицијум карбид)

Ово су релативно скупи абразиви, али њихова употреба понекад може бити оправдана њиховим посебним карактеристикама. Због задржавања оштрих ивица на честицама дуже време, њихово абразивно дејство може бити нарочито ефикасно, посебно на тврдим основним материјалима који су отпорни на пескирање помоћу спрашеног ливеног гвожђа. Осим тога, применом ових абразива се постиже ефикасно храпављење при притисцима нижим од оних који се нормално користе за друге абразиве.

Ове керамичке честице су посебно погодне за пескирање танких металних површина које трпе губитке или изобличење ако се пескирају применом спрашеног гвожђа при конвенционалним притисцима. На крају, пошто су ове керамичке честице у суштини инертне на уобичајене корозивне утицаје, могу се безбедно користити за пескирање нерђајућег челика или површине обојених метала, без стварања обојених продуката корозије, промене боје површине или контактне корозије [1].

Шут

Абразиви за пескирање који су заобљеног облика, су познати као шут. Њихова уобичајена употреба током пескирања, доводи до тога да се поступак пескирања често назива пескирање шутом.

Шут који се користи за пескирање има мањи ефекат храпављења и зато продужава век трајања опреме за пескирање (на пример, точкови и друга аутоматизована опрема). Недостатак је у томе што мањи ефекат храпављења даје више заобљену, а мање грубу површину, која често не задовољава захтеве за адхезију данашњих премаза високих перформанси. Овај абразив се још увек широко користи у уређајима за чишћење челика пескирањем, који се користе за припрему челика пре даље обраде. Материјали за основни премаз морају бити пажљиво одабрани и морају бити компатибилни са површином која се пескира и са накнадним премазима, ако ће остати на челичној површини и постати део система премаза.

Поред пескирања, примена шута служи и за очвршћавање металне површине процесом такозваног печења, то јест процесом који може смањити појаву пуцања услед напонске корозије.

Провера абразива

Инспектор и оператер треба да:

- обезбеде врсту и величину употребљеног абразива како је прецизирано
- следе одговарајућу процедуру за рециклирање абразива. Већина металних абразива, као што су челична и гвоздена сачма и шут, као и скупни абразиви, као што су стаклене куглице, се може рециклирати. Загађивачи, укључујући прашину, боју и продукте хабања, се морају уклонити из абразивних материјала када се рециклирају
- обезбеде да су абразиви чисти и без влаге и уља
- обезбеде да се абразиви складиште даље од тла, влаге и других предмета [1].

Тест чистоће абразива

Абразиви се могу тестирати на чистоћу помоћу једноставног теста познатог као тест бочице. Узорак абразива спушта се у малу бочицу са водом познатог рН (пожељно дестиловану или дејонизовану воду са $\text{pH} = 7$) и бочица се протресе. По правилу, однос би требао бити једна запремина абразива на две запремине воде. Затим се проверава да ли на површини воде има слоја масти или уља. Вода се може визуелно проверити на замућеност (појава облачића услед седимената), што је обично знак вишка прљавштине, прашине или глине у абразиву.

Тест воде са лакмус папиром у бочици ће показати да ли је абразив киселина или алкалија. Лакмус папир ће показати стварну вредност киселости или алкалности. Ако је абразив прљав, или је киселе или алкалне природе, инспектор за премазе треба да евидентира ове резултате и одмах то пријави представнику власника.

Лакмус и рН папири указују на присуство оних хемијских соли растворених у води, које стварају кисели или базни раствор (напомена: лакмус и рН папири неће открити присуство хлорида). Ако црвени лакмус папир промени боју у плаво, раствор је неутралан. Ако плави лакмус папир промени боју у црвену, раствор је кисео. Ако се, међутим, боја плавог лакмус папира не мења, то значи да је раствор неутралан. Међутим, чак и ако је раствор неутралан, то не указује на одсуство растворљивих хемијских соли, јер неке хемијске соли, као што је NaCl (уобичајена морска со), формирају скоро неутрални раствор. Специфични тестови могу указивати на присуство различитих хемијских соли.

Анализа величине честица абразива помоћу сита

За анализу величине честица абразива, било да се ради о ситним или храпавим честицама, користи се стандард ASTM C 136. По правилу, репрезентативни узорак абразива од 1 kg се просејава кроз низ сита (као што је 12/40 или 16/40) и бележи се проценат честица задржан на свакој величини сита. Овај тест омогућава инспектору да упоређи величину честица и расподелу абразива са подацима добијеним од стране снабдевача абразива [1].



Слика 10: Упоредба величине честица и расподелу абразива са подацима добијеним од стране снабдевача абразива.

Свака врста абразива је по правилу доступна у више од једне величине честица. Абразиви се класификују према томе колико Fino сито могу проћи без иједне честице абразива задржане на мрежи сита. Када се постави питање да ли је величина честица абразива тачна, може се извршити и тест мрежице или сита. Опрема која се захтева за тесту кључује:

- прецизну вагу и
- збирку сита Националног бироа стандарда Сједињених Америчких Држава (NBC).

Одређена количина абразива се измери на ваги (оптимална маса је 1.000 g), а затим се наспе на поређана сита. Сита су поређана тако да је сито са највећим отворима на врху, а са најмањим на дну, на пример од врха до дна, величине сита су #8, #15, #16, #40, #50, итд. Када се сита протресу, честице абразива се задржавају на ситима чије су величине мање од честица абразива честице. Најфиније абразивне честице пролазе до краја и падају на тањир на дну.

Следећи корак је да се измери маса честица које остају на сваком ситу и израчуна задржани проценат. Због тога је згодно коришћење 1.000 g абразива. Ако се, на пример, 238 g абразива задржи на датом нивоу, знамо да је 23.8 % абразива задржано на том нивоу без пуно рачунања.

Осим специфичне величине абразива, тврдоћа је такође значајан фактор. Тежи абразиви имају већи ефекат храпављења, али могу такође да се више расипају приликом удара, ограничавајући њихову способност рециклирања. Лакши абразиви имају мањи ефекат храпављења и могу се заоблити кад се користе, али економично рециклирање је предност таквих материјала. Тврдоћа се обично мери на Роцквелловој скали (на пример сачма од хладно спрашеног челика има тврдоћу HRC опсег од 50 до 55) или на Мохсовој скали (на пример абразив од бакарне шљаке има опсег тврдоће од 6 до 7 Мохса). Ове две скале могу да се упоређују, али произвођачи обично наводе једну скалу или другу, не обе [1].

Типови абразива

- метални
- чврсти неметални (оксиди)
- шљака
- силицијумски
- пољопривредни

Метални абразиви

Неки примери металних абразива укључују:

- **челични лим у комадима:** ово је тврдо метални брусни материјал који се користи за уклањање старих превлака и других тврдых површина.
- **челична сачма:** челична сачма је абразив са неправилним обликом. Ефикасан је у скидању површинских наслага или поравнању неправилности површине. Челична сачма је скупа и углавном се користи само у системима са рециклирањем и када су јефтинији абразиви недоступни.
- **челични шут:** шут је сферичног облика; може се добити као нуспроизвод или се намерно производи за пескирање. Челични шут је добар за тешке али крхке насlage. Због свог сферичног облика, он се одбија од површине и тиме узрокује вишеструки утицај. Шут може проузроковати истезање лакших материјала или увлачење честица хабања и других нечистоћа у пескирану површину.
- **ливено гвожђе:** ово је најтежи метални брусни материјал, који се користи за уклањање оксида метала (рђе) и других тврдых наслага. Међутим, тврдоћа се не сме мешати са жилавошћу. Тврди абразиви понекад имају висок степен разградње због њихове крхкости. Овај материјал се може користити у било ком корозивном окружењу. Има високу почетну цену, али се може рециклирати
- **сиви лив:** релативно тврд метални абразив, који се користи за уклањање рђе и других тврдых наслага.

Набројани абразиви се често топлотно третирају до различитих степена тврдоће, како би им сепродужио век трајања и повећала брзина пескирања. Тврди абразиви, тврдоће од 62 до 65 HRC (HRC = тврдоћа, Rockwell C) се често се користе за храпављење, али се брзо распадају. За блажепескирање могу се користити меки абразиви, тврдоће од 35 до 40 HRC. Ови материјали могу се више пута користити. Просечна тврдоћа металних абразива је од 45 до 50 HRC, тврдоћа која је захвална код абразива за ваздушно пескирање.

Тврди неметални абразиви (оксиди, природни или произведени)

Тврди неметални абразиви могу се користити у затвореном простору и на отвореном, у различитим атмосферским условима. Чврсти неметални абразиви имају степен разарања већи од било ког металног абразива. Међутим, ниски почетни трошкови могу надокнадити висок губитак током пескирања.

Гранат или оксид граната: абразив за брзо храпављење, има дуг животни век, погодан је за ормане и затворене просторије за пескирање, пун је оштрих ивица.

Силицијум карбид (или оксид): овај брусни материјал је скуп и користи се за брзо храпављење. Такође се користи за облагање точкова за брушење.

Алуминијум оксид: Минерал корунд је природни алуминијум оксид, а смарагд, рубин и сафир су нечисти облици кристала. Може се производити од боксита. Брзо сече површину, издржљив је, равномерних ивица и скуп.

Рециклирање је од пресудне важности за економичну употребу силицијум карбида и алуминијум оксида. Употреба чврстих неметалних абразива не ствара опасности од силицијума, које постоје у примени силицијумских абразива [1].

Шљака

Шљака из фабрика: ова врста шљаке произведена је као нуспроизвод сагорелог угља, рафинације бакра и никла. Поседује високу брзину сечења и средњу издржљивост.

Минерална шљака: спецификација SSPC-AB 1, "Минерална шљака као абразив", дефинише услове за одабир и процену абразива на бази минералне шљаке, за пескирање челика и осталих површина као припрему за фарбање и друге намене. Ова спецификација углавном обухвата абразиве намењене за једнократну употребу без рециклирања. Обновљени материјали морају бити поново тестирани пре поновне употребе.

Абразиви који садрже слободни силицијум оксид (силикат)

Силикатни абразиви се могу користити у затвореном и отвореном простору и при различитим атмосферским условима. Могућност ослобађања слободног силиката је ограничавајући фактор примене ових абразива, због опасности по здравље органа за дисање, повезаних са прашином која садржи слободни силикат.

Због већег ослобађања прашине, абразиве који садрже слободни силикат не би требало користити тамо где прашина представља опасност по раднике или машине. У Сједињеним Америчким Државама, пропис OSHA захтева да све особе које раде у близини операције пескирања, укључујући инспекторе за премазе, носе заштитну одећу, наочаре и опрему за дисање.

Песак: ово је некада био најчешће коришћен абразив у процесу тешког пескирања као што је чишћење старих зарђалих површина. Песак је доступан у многим величинама зрна. Врсте песка се разликују брзини распадања, али обично постају знатно финији већ након прве употребе. Многи оператери не практикују поновну употребу абразивног песка.

Кремен: кремен је кристални облик природног силиката или кварца. Боја кремента може бити различита, од сиве боје дима, до смеђе-црне или тамно жуте. Ови материјали су производи разарања тврдог камена. Тврди су и распадају се на парчад са врло оштрим ивицама.

Кварц (SiO_2): кварц је оштар, брзо сече површину и скуп је.

Песак се и даље користи у САД јер је јефтин. Висок степен распадања песка може да, као негативна страна примене, надвлада позитивну страну, то јест почетну ниску цену песка. Обично се не покушава рециклирати песак. Међутим, још увек се сматра (нарочито у САД) најповољнијим абразивом који се користи у индустрији. За пескирање површине може се захтевати завршно чишћење ваздухом како би се уклонио остатак прашине на површини.

Пољопривредни абразиви

Поред осталих абразива о којима је било речи, пољопривредни абразиви се обично користе у различитим ситуацијама где прашина која је повезана са другим абразивима може бити штетна за осетљиву опрему. Када се врши пескирање нерђајућег челика или других легура високе чистоће, важно је да се абразив не може уградити у металне честице на површини. На пример, љуске ораха се користе за пескирање компоненти спејс шатла, да се не би нарушио интегритет материјала специјалних легура [1].

Специјални абразиви

То укључује такве абразиве као што су суви лед, пластичне куглице, сунђер, соду бикарбону и лед.

Суви лед (угљен-диоксид): ово је замрзнут (чврст) угљен-диоксид. Може се производити на лицу места хлађењем течног угљен-диоксида и компримовањем добијених љуски у пелете. Овај брусни материјал се такође може производити брушењем и сечењем блокова сувог леда. Опрез: суви лед ствара веома ниске температуре (температура кључања је -79°C , -110°F) и може проузроковати непосредно смрзавање ако дође у директан контакт са изложеном кожом. Суви лед је успешно коришћен за уклањање одређених врста површинских нечистоћа и заосталих органских превлака. Не мења површинску храпавост металних површина. Он производи мало или нимало прашине и обично оставља супстрат сувим и хладним. Суви лед је абразив за једнократну употребу, јер испари одмах након употребе. Пелети CO_2 се производе у непосредној близини места пескирања (у року од неколико метара), и одмах се користе.

Лед (вода): производи се замрзавањем воде, било на лицу места или изван места примене. Лед се дроби и просејава да би се добио абразивни материјал. Користи се за уклањање одређених врста површинских нечистоћа и заосталих органских превлака. Не мења храпавост подлоге и не ствара прашину, али оставља подлогу мокру. Лед је абразив за једнократну употребу.

Пластичне куглице: у питању су мале пластичне куглице (величине рупица у пластичном дугмету) које се користе за уклањање премаза са минималном променом храпавости подлоге. Пластичне куглице се скоро увек користе у системима за рециклирање. Обично се користе за скидање премаза са авиона. Прашина која настаје може бити запаљива. Пластично пескирање зупчаника захтева обиман тренинг оператера, јер су потребан проток абразива, растојање између млазница и површине и притисак ваздуха, различити за различите врсте премаза. Ове услове обично одређује оператер. Овај брусни материјал оставља површину сувом, али могуће прашњавом.

Сода бикарбона (натријум бикарбонат): Сода бикарбона се обично користи у облику воденог раствора који се покреће компримованим ваздухом. Корисна је за уклањање нечистоћа са површине и постојећих превлака, са минималном променом подлоге. Она производи мало или нимало прашине, али подлога мора бити испрана свежеом водом као последњи корак. Захтева посебну обуку оператера. Абразив се не може рециклирати.

Сунђер: синтетичке честице сунђера се користе за уклањање нечистоћа са површине и стварање површинског профила погодног за поновно премазивање. Честице сунђера се покрећу помоћу компримованог ваздуха на површину, где се, након контакта, шире и храпаве површину. Честице сунђера очисте површину апсорбовањем загађујућих материја и њиховим заробљавањем унутар сунђера. Резултат је врло чиста површина са одговарајућом абразијом која омогућава уклањање продуката корозије и обезбеђивање охрапављеног профила за наношење индустријских превлака [1].

Честице сунђера се могу одбацили након једне употребе или се више пута користе у циљу смањења отпада и проблема одлагања. Пескирање сунђером ствара веома мало прашине, није штетно за раднике и може пружити различите профиле површине, јер се различити абразиви могу убацили унутар честица сунђера како би се постигли жељени резултати.

Остали абразиви

Ова класа абразивних материјала обухвата водене растворе абразива који имају ниску тврдоћу и растворљиви су у води. Као такви су коришћени натријум хлорид (со) и други производи тог типа.

Избор абразива

Неке или све од следећих параметара треба узети у обзир приликом одабира брусног абразива:

- врста површине која се пескира
- величина и облик предмета који треба очистити
- врста објекта за пескирање: на отвореном, у затвореном простору са ормаром или у просторији за пескирање
- стање површине
- жељене карактеристике површине након пескирања
- жељени профил површине и да ли абразив треба рециклирати или не
- врсте премаза које се наносе

Рециклирање абразива

Рециклирање се врши обично из разлога да се скупи абразиви, као што је метал високог квалитета, могу поново користити. Може се вршити и рециклирање јефтинијих абразива, као што је песак, ако су трошкови испоруке важан фактор [2].

Код центрифугалног пескирања, рекултивација (или рециклирање) је стандардна операција. Процес је тежи у операцијама пескирања помоћу млазница које нису ограничене. У малим ормарићима и просторијама за пескирање, рециклирање је прилично једноставно; оно је сложеније у већим просторијама.

Постоје четири главне методе рекултивације:

- метода сита: у овом поступку, абразив пролази преко серије сита. На врху, сито са великим отворима задржава превелике честице абразива. Преостали абразив пада на сито са мањим отворима. Кроз ово сито прође само прашина, остављајући на сити само користан абразивни материјал. Метод се може извршити ручно или механички.
- прање ваздушним ситом: у овом систему за раздвајање, абразивна средства се уклањају механичким ситима. Брусни материјал се распоређује преко широке косине, што доводи до пада преко ивице. Док пада, абразив пролази кроз струју ваздуха одређене брзине. Тешки абразив који се може употребити, креће се у струји ваздуха само на краткој удаљености, а затим пада у одређени колектор. Овај метод се сматра мање прецизним од метода сита.
- метода воде: пошто користи воду, овај метод се користи само са материјалима који не могу кородирати, а никад са гвожђем и челиком. У овом поступку, абразиви пролазе кроз водени млаз, које одваја прашину и фине честице од грубих честица. Кад се млаз креће навише, његова брзина је смањена, што доводи до таложења тешких честица абразива на дну колектора. Преостали абразив се осуше у пећи пре него што се поново употреби. Метода воде је јефтина и корисна је у смањењу количине прашине, али може захтевати велике количине воде коју треба филтрирати и пречистити пре него што се испусти у одвод или реку.
- циклонска метода: у овом поступку одвајања, абразив се извлачи кроз црево у цилиндар сличан висококвалитетном вакуумском чистачу. Брзи ваздух у цилиндру носи прашину и излази преко горњег дела цилиндра. Тежи материјал који ће се поново користити, пада кроз сито на дну у колектор [2].

Резиме провере абразива

Тестирање абразива треба провести ако:

- се абразиви рециклирају
- су коришћени абразиви као што је песак са реке или плаже
- постоји неки разлог да се сумња на нетачну величину или контаминацију абразива
- постоји много неправилности у дубини пескираног профила
- постоји необјашњива разлика у боји пескираног челика

Табела 3: Врсте абразива

Метални	Неметални	Сијицијумски	Пољопривредни	Специјални
Челик у праху	Силицијум карбид	кварц	Љуске кокоса	Суви лед
Ливени челик	Алуминијум оксид	кремен	Љуске црног ораха, мексичког ораха, лешника,	лед
Сиви лив	гранат	песак	Коштице од брескве, вишње, кајсије	Пластичне куглице
Опиљци чџлика	Муљ из фабрика	силикагел	Љуске од пиринча	Сода бикарбона
Исечена челична жица	Минерални муљ		Млевени кукуруз, пшеница, шећер	сунђер
Челична сачма				Парчићи стакла

Табела 3 показује пет главних врста абразива и неке врсте абразива које се налазе у свакој категорији. Абразиви морају бити сертификовани као проверени и без растворљивих хемијских соли, посебно ако се користе у операцији мокрог пескирања.

Сигурносна напомена: Сви абразиви могу представљати опасност по здравље и захтевају употребу одговарајућих заштитних средстава за дисање [2].

Табела 4: Величина отвора на сити

Величина сита	Величина отвора у инчима (in.)	Величина отвора у микрометрима (µm)	Величина отвора у милиметрима (mm)
4	0.187	4760	4.76
5	0.157	4000	4.00
6	0.132	3360	3.36
7	0.111	2830	2.83
8	0.0937	2380	2.38
1	0.0787	2000	2.00
12	0.0661	1680	1.68
14	0.0555	1410	1.41
16	0.0469	1190	1.19
18	0.0394	1000	1.00
20	0.0331	840	0.84
25	0.0280	710	0.71
30	0.0232	590	0.59
35	0.0197	500	0.50
40	0.0165	420	0.42
45	0.0138	350	0.35
50	0.0117	297	0.297
60	0.0098	250	0.250
70	0.0083	210	0.210
80	0.0070	177	0.177
100	0.0059	149	0.149
120	0.0049	125	0.125
140	0.0041	105	0.105
170	0.0035	88	0.088
200	0.0029	74	0.074
230	0.0024	62	0.062
270	0.0021	53	0.053
325	0.0017	44	0.044
400	0.0015	37	0.037

Избор абразива генерално је одређен спецификацијом и може бити дат у смерницама произвођача премаза, то јест у упутствима за употребу премаза или у техничким листовима за одређени производ- премаз. Међутим, следећи дијаграм показује неке абразиве које се могу користити за постизање одређеног профила.

Табела 5. Избор абразива за жељену храпавост површине

Храпавост површине		Пескирање под притиском или центрифугални точак
Mils	Микрометар (μm)	
0.5	12.7	80/120-мешавина силикатног песка, I 00-мешавина граната, 120-песак Алуминијум оксид или G-200 Fe или челични песак 12
1	25.4	30/60- мешавина силикатног песка, 80- мешавина граната, 100-грит алуминијум оксид, или G-80 песак од гвожђа или челика
1.5	38	20/50- мешавина силикатног песка, 36- мешавина граната, 50-грит алуминијум оксид, или G-50 песак од гвожђа или челика
2	50.8	16/40- мешавина силикатног песка, 30- мешавина граната, 36- песак Алуминијум оксид, или G-40 охлађени песак од гвожђа или челика
2.5	63.5	12/30- мешавина силикатног песка, 20- мешавина граната, 24-грит алуминијум оксид, G-25 песак од гвожђа или челика
3	76.2	8/20- мешавина силикатног песка, 16- мешавина граната, 16- песак Алуминијум оксид, или G-16 охлађени песак од гвожђа или челика

Напомене:

1. Притисак: обично око 620 кПа (90 psi) притисак млазнице, на удаљености 60 cm од површине
2. Челична сачма се обично не препоручује када је потребна веома храпава површина
3. Треба запамтити да се величине абразива разликују и да треба одржавати прецизну контролу толеранције величине (до приближно +/- 10 %), нарочито када се абразиви рециклирају и поново користе. Рециклирани абразиви треба да буду угаони, не заобљени и без уља, масти, рђе итд.
4. Ове препоручене абразивне величине примењују се само за обичан челик. Како се тврдоћа и врста метала разликују, тако се и храпавост да се разликује [2].

2.4. Безбедност на раду у процесу пескирања

Одећа оператера и снабдевање ваздухом

Због сигурности и удобности оператера за пескирање, неопходно је користити квалитетну радну одећу. Обично то укључује:

- Заштитне чизме (са челичним уметком)
- Комбинезон
- Чврсте кожане рукавице
- Шлем за пескирање са доводом ваздуха, са заменљивим визиром и кожним огртачем
- Заштита за уши



Слика 11: Заштитна опрема (радна одећа)

Важно је да оператер буде добро снабдевен чистим,свежим ваздухом за дисање. Постоје два уобичајена назива за испуњавање овог циља:

- ваздух при ниском притиску испоручује се из посуде за пескирање помоћу филтера. Ова метода има недостатак да је квалитет ваздуха исти као што се користи за пескирање (често сиромашан).
- Одвојено снабдевање ваздухом, такође са релативно ниским притиском, напаја се са даљинске ваздушне пумпе далеко од било које контаминираних или прашњаве атмосфере [5].

Безбедност на раду оператора за пескирање

Пескирање под високим притиском је ризичан рад. Од суштинског је значаја предузети кораке како би се заштитили оператори и било који посматрачи или друго особље на радном месту. Потребно је разматрати о следећем:

- Приступ операцији пескирања треба бити ограничен само на оператора.
- Требало би да се прикажу знаци упозорења.
- Помоћник-посматрач треба да буде на опрезу.
- Сва опрема треба да се тестира ради безбедности на раду.
- Уређај за искључивање уређаја мора бити монтиран и исправан. Даљински управљач, који дозвољава оператору да контролише машину на месту млазнице, треба да буде део радне јединице. Инспектор треба да се увери да је ова безбедносна функција увек оперативна и да се користи током операција пескирања.

Посуда за тестирање и прибор

Неколико додатака се најчешће користи са компресионом посудом, укључујући:

- мерни вентил за абразив, који мери одговарајућу равнотежу абразива у односу на проток ваздуха и величину млазнице
- вентил са даљинским управљањем

Даљински управљан вентил мора се држати у затвореном положају како би се створио притисак и активирало посуду за пескирање. Када се вентил отпусти, машина за пескирање се искључи, чиме се штити оператор. Ако оператору позли, онесвести се или саплете, и испусти црево, он није у опасности од абразива или црева која лете унаоколо у радном окружењу [5].



Слика 12: Вентил са даљинским управљањем

Вентил са даљинским управљањем се може сматрати економичним јер може елиминисати потребу за помоћником оператора. Даљински управљани вентили могу да се контролишу помоћу компресованог ваздуха или струје. Вентили са компресованим ваздухом не захтевају никакав други извор енергије од компресора, али могу споро реаговати, нарочито када су црева за пескирање (и млазница) значајно удаљени од посуде за пескирање. Електрични вентили функционишу тренутно, али захтевају извор енергије и нису суштински сигурни, тако да се не могу користити у опасном окружењу.

За све операције пескирања помоћу сувог абразива потребни су респиратори са филтрираним и регулисаним ваздухом. Не само оператор, већ и сви запослени у загађеном подручју морају носити одобрен апарат за дисање. Поред тога, сва опрема мора бити уземљена да спречи електрични удар [5].

Резиме безбедности на раду

Сви учесници у процесу припреме површине, укључујући инспекторе за премазе, требају користити здрав разум у откривању потенцијалних опасности. Сваки проблем са осветљењем, скелама или неисправностима опреме који представља сигурносну опасност треба пријавити одговарајућој особи. Одговорни и искусни радници увек ће се уверити у сигурност скеле пре него што је употребе за рад или за инспекцију.

Никада немојте стати на пут абразиву током пескирања. Абразивне честице могу се кретати брзином од 450 миља на сат, изазивајући исти ефекат као и пуцање из сачмаре. Инспектор за премазе мора поштовати сва правила о безбедности и здрављу утврђена од стране инжењера безбедности или особе одговорне за сигурност на раду.

Инспектор за премазе треба да буде упознат и, када је потребно, искористи следећу заштитну опрему:

- Капуљаче
- Респираторе
- Тешка заштитна одела и рукавице
- Заштита очију и слуха

Од оператора се може захтевати да уземљи опрему, а од инспектора за премазе може се захтевати да провери да ли је опрема правилно уземљена. Сигурност радног места мора бити у складу са важећим правилима и прописима заштите радника. У Сједињеним Државама, OSHA (Управа за безбедност и здравље на раду) пружа потребне смернице. У другим земљама, слична владина тела су развила сличне прописе који се морају поштовати. Детаљније информације о одговарајућим прописима се налазе у сигурносном модулу овог програма.

Маскирање

Када се врши пескирање, уобичајено је да се нека подручја не пескирају из различитих разлога. Типични примери су површине које су већ офарбане или осетљива опрема као што су вентили или инструменти. Када такве површине морају остати необрађене, могу се маскирати помоћу одговарајућих шаблона од метала или гуме или одговарајућих чврстих маскирних трака које су чврсто причвршћене на површину која захтева заштиту од експозиције.

Маскирне материјале треба фиксирати на месту пре него што почне било какво пескирање у датом подручју. Треба их редовно проверавати како би се осигурало да пружају адекватну заштиту и пажљиво их уклонити након завршетка операције пескирања и фарбања.

Чишћење радног места

По завршетку пескирања, површину треба очистити да би се уклонио остатак прашине и абразива. Може се спровести помоћу млазног чишћења високим притиском чистог и сувог ваздуха, усисавањем или четкањем чистом сувом четком док се не уклоне остаци прашине или песка. У том тренутку површина би требала бити слична неком визуелном стандарду завршне обраде површине (нпр., NACE бр. 2 / SSP-SP 10, Са 2½ итд.).

Када се прашина или песак не уклони потпуно, често остаје скривен у пукотинама или угловима. Може направити штету при прскању боје високим притиском када се закачи за боју, производећи слабо лепљиви слој боје или некомплетан премаз [6].

2.5. Површински профил након пескирања

Поред постизања чистоће, абразивно пескирање врши промену подлоге са мање или више глатке површине на равномерно текстурну површину. Ова текстурна површина је резултат оштрих абразивних честица које ударају челик при великој брзини и остављају мали кратер или неправилност. Ова текстура се назива површински профил или храпавост.

Добро написана спецификација премаза ће захтевати низ дубина површинских профила, изражених у mils (јединица за мерење ширине жица 0.0254 mm) или микрометрима. На пример, спецификација може захтевати површински профил од 37 до 87 mm (1,5 до 3,5 mils).

Површински профил је важан у томе што повећава површину и храпавост на којој се премаз онда може залепити. Превише плитки површински профил може довести до раног проблема са премазом услед недостатка адхезије, који се приказује одлепљивањем, мехурићима ваздуха или раслојавањем.

Предубок профил може имати врхове који су неадекватно покривени, што доводи до стварања делова са рђом. Овај ефекат је најчешћи када се прајмери примењују, али остају изложени (без завршних премаза) током одређеног временског периода. Добра пракса предлаже да се на очишћену површину нанесу најмање два слоја система за премазивање како би се осигурала адекватна покривеност профила површине [4].

Генерално гледано, што је већи површински профил, боља ће бити адхезија слоја превлаке. Изузетак од овог правила изгледа да су неоргански цинк-силикатни прајмери, који имају тенденцију да се разиђу (изгубе кохезију) када профил прелази око 67 μm (2,5 mils). Овај ефекат може бити делимично проузрокован покушајима повећања дебљине како би се постигла покривеност врхова профила. За неорганске цинк-силикатне прајмере је познато да су осетљиви на већу дебљину. Треба пратити смернице које даје произвођач премаза на техничким листовима. Профил дубине површине може се проценити на неколико начина:

- Компаратор и купони
- Реплика трака
- Микрометар са бројчаником за мерење дубине (мерач храпавости)

Купони за површински профил

Купони за површински профил су доступни у корацима од 12 μm (0,5 mils), од 12 до 75 μm (1/2 до 3 mils). Купони омогућавају одређивање површинског профила помоћу упоређивања (ASTM D 4417, метод А). Други примери купона за профилне површине су ISO 8503 компаратори за песак и сачму.



Слика 13: Купони за површински профил

Према ISO 8503, постоје два типа, тип G за храпавост песка и тип S за сачму. Помоћу осветљене лупе 5 Ks (и без претеривања 7 Ks), референтни компаратор профила се поставља на пескирану површину како би се проценили профили на компаратору који су најближи профили пескиране површине и тако одређују класу [4].

Пет класа се може забележити:

- Више од фине класе
- Фина класа
- Средња класа
- Груба класа
- Грубље од грубе класе

Више од фине класе - било који од наведених профила процењен испод лимита за фину класу.

Фини профил једнак је сегменту 1 и до 2, али искључује сегмент 2

Средњи профил једнак је сегменту 2 и до 3, али искључује сегмент 3

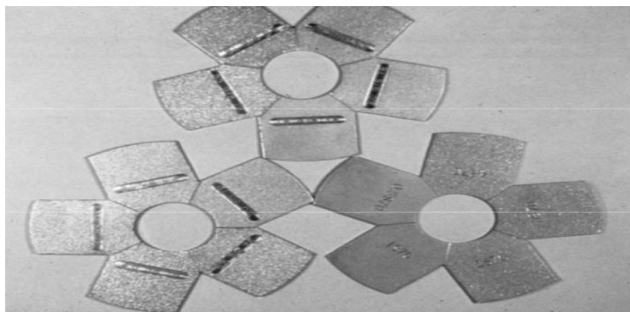
Груби профил једнак је сегменту 3 и до 4, али искључује сегмент 4

Грубљи од грубе класе - било који профил процењен као већи од горње границе за грубу класу.

Компаратори садрже картицу са назнаком параметара који одговарају стандард ISO 8503, Део 1 и Део 2. Процена компаратора мора бити пријављена од стране корисника навођењем једног од пет разреда, а не број сегмента. Такође је предложено да корисник консултује картице за додатне информације.

Кеане-Татор компаратор површинских профила

Компаратор површинског профила Кеане-Татор састоји се од референтног диска и 5 Ks увећања лупе. Диск има пет засебних листова, од којих сваки садржи број који означава дубину профила листа. Референтни диск се упоређује са површином кроз лупу 5 Ks. Лист чија грубост највише личи на грубост површине сматра се обрасцем те површине. Референтни дискови су доступни за пескарење, песак/челик, или сачмасте абразиве [3].



Слика 14: . Кеане-Татор купон за површински профил

Реплика трака

Површински профил се може мерити помоћу реплика траке, патентираног производа произведеног од стране Testek Corporation. Најчешће се користе две врсте трака: груба - за површине од 20 до 50 mm (0,8 до 2,0 mils) и екстра груба - за површине од 37 до 112 mm (1,5 до 4,5 mils).



Слика 15: Реплика траке и Анвил микрометар

Комад траке са малим квадратом који садржи плоче од компресоване пене причвршћен је за некомпресовани пластични филм (Милар) и наноси се на пескирану површину, тамна страна на доле. Чврсти, заобљени предмет (апарат за глачање површине), као што је штапић, затим се користи за ломљење пене на пескираној површини, чиме пена ствара контра калуп (реплика) стварног профила површине.

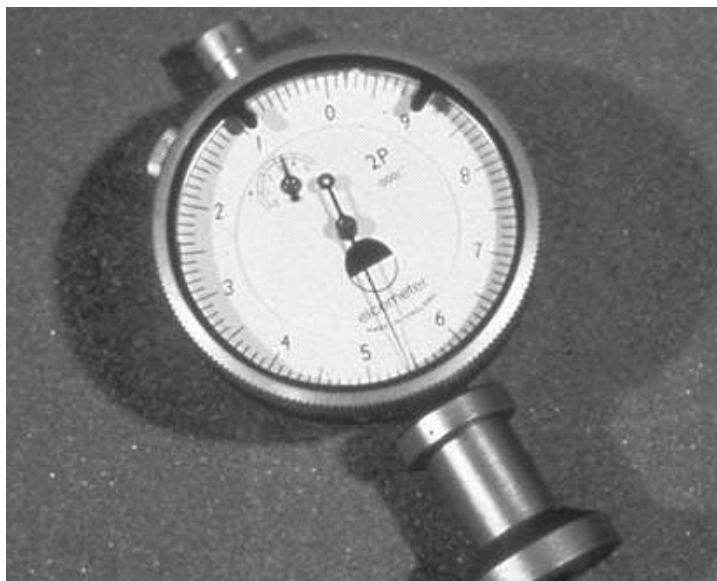


Слика 16: Комад траке са малим квадратом који садржи плоче од компресоване пене

Трака се уклони са површине и микрометар се користи за мерење дебљине пене и пластике. Дебљина филма Милар (50 mm [2 mils]) се одузима од читавања микрометра, а резултат је дубина површинског профила. Напомена: Два стандарда се користе за описивање радног метода за коришћење реплика траке: NACE Стандард RP0287 и ASTM D 4417, Метод C [3].

Микрометар са бројчаником за мерење храпавости

Основа инструмента се налази на врху крајева профила површине, док се врх повезан опругом наставља до дна. Начин употребе је према ASTM D 4417, Методу Б. Ово је веома осетљив тест и иако се може користити на терену, његова најбоља примена је у лабораторији. [3].



Слика 17: Микрометар са бројчаником за мерење храпавости

Ако се за површински профил мерењем установи да је мањи од наведеног, дубљи профил се може направити поновним агресивнијим пескирањем или грубљим абразивом или евентуално већим ваздушним притиском. Ако се утврди да је површински профил већи од наведеног, поправни рад можда неће бити могућ.

Дигитални мерач за површински профил

Овај показивач функционише као микрометар дубине тако што мери одстојања од врха до дна, али има и следеће додатне могућности:

- Може да чува читавања у меморији инструмента
- Може статистички анализирати податке
- Може да штампа копије читавања инструмента

Инструмент има тачност од 5 микрометара (0,20 mils) $\pm$ 5%. Има заменљиви врх. Инструмент треба калибровати у складу са ASTM D 4417, методом В. Да бисмо користили инструмент, прво подесимо мерач на нулу. Добићемо резултате чврстим држањем инструмента на припремљеној површини. Не вуците инструмент по површини између читавања јер то може оштетити оловку и утицати на тачност мерача. Број читаних података треба да буде довољан да се категорише површина, или како је наведено или договорено од стране уговорача.

Остале методе за мерење профила

Други инструменти за површински профил, као што су микроскоп за мерење дубине или оловка за праћење са дијамантским врхом, представљају софистициране лабораторијске апарате које се обично не користи на терену или у радионицама за пескирање.

Чистоћа површине

- Површине морају бити без уља и масти пре пескирања. Пескирање неће уклонити уље и маст.
- Све површине треба проверити након пескирања, то јест њихову усклађеност са спецификацијама.
- Чистоћа након пескирања је важна. Преостали трагови абразива морају бити одстрањени, усисани или уклоњени пре наношења прајмера. (Напомена: Ако је олово присутно у отпаду боје или остацима пескирања, површина не може бити очишћена дувањем ваздуха. Извођач мора поштовати све прописе у вези са уклањањем олова). Било која скела, платформа или челични носач изнад површине, мора се очистити како би се спречило падање абразива на свеже пескирану површину или на новоприпремљену површину [6].

Стање површине током фарбања

Површине припремљене за премазивање не смеју да кородирају или да буду контаминирани на било који начин између завршетка фазе припреме и фазе наношења премаза.

Чистом површином не треба руковати или је додиривати, осим ако су руке заштићене чистим рукавицама. Такође површине не би требало да буду изложене дуже време или уопште изложене атмосферским условима или у складиштима са високом нивоом влаге. У таквим условима оксидација и рђа се могу створити врло брзо. Колико год је то непрактично, складиштење након пескирања мора бити спроведено у топлом, сувом окружењу и идеално је да се фарбање обави што брже након пескирања. Најчешће примењена искуства указују на максимално распон од четири сата и захтевају да се уколико је дошло до видљивог погоршања, припрема површине понови.

Стандарди чистоће површине

Постоји много стандарда који се односе на припрему површина, које издају многе организације које пишу стандарде. Биће детаљно описани у СІР Ниво 1, а донешени су од стране:

- NACE internacional
- SSPC – Друштво за заштитне премазе
- ISO – Међународна организација за стандардизацију

2.6. Утицај околине на операције пескирања

Услови околине могу имати ефекта на процес чишћења абразивом, као и на површину очишћену пескирањем. Услови околине укључују:

- Температура ваздуха (и температура подлоге)
- Релативна влажност
- Температура тачке росишта
- Изложеност атмосфери (нпр. морској и индустријској)

Температура ваздуха

Није препоручено абразивно пескирање ако је челична површина много хладнија од околног ваздуха. Влага се може кондензовати на пескираној површини, чиме површина показује рђу. Температура подлоге се може проверити помоћу термометра за челичну површину.

Релативна влажност

Када се врши пескирање, велика влажност (влага) може довести до наглог пропадања пескиране површине. Завршно абразивно пескирање се не сме изводити у влажним условима (тј., када пада киша или када је релативна влажност веома висока - углавном већа од 90%).

Релативна влажност (RH) је дефинисана као количина влаге (испарења) у ваздуху, у односу са максималном могућом влагом у ваздуху (тј. ниво засићења). Ако RH достигне 100%, онда ваздух неће моћи да прими више водене паре, и долази до кондензације. Из тог разлога, већина спецификација премаза захтевају да се премаз не изводи ако RH прелази одређену границу, обично 85 или 90%. Поред тога, ако је ваздух засићен воденом паром, испаравање растварача се не може реализовати, што узрокује проблеме са формирањем филма премаза. Релативна влажност израчунава се помоћу хигрометра [5].

Температура росишта

Тачка росе је дефинисана као температура при стварању кондензације. Ако температура околине падне испод тачке росишта, или ако је температура дела или целе структуре испод тачке росишта, онда ће доћи до кондензације. Премази који се наносе преко влажне површине углавном неће постићи адекватну адхезију на подлогу. Ако се врши абразивно пескирање када су околни услови близу температуре росишта, вероватно ће доћи до кондензације и може доћи до рђе.

Из тог разлога, спецификације за премазе обично захтевају да се премази не примењују ако је температура челика или околног ваздуха минимум 3°C (5°F) изнад тачке росишта. Тачка рошења, налик на RH израчунава се мерењем температуре помоћу хигрометра.

Временски рокови пре наношења премаза

Да би се смањио ризик од пропадања површине пре наношења премаза, спецификације често намећу временско ограничење. Типична формулација може бити: Премази се наносе на површине припремљене за фарбање у року од 4 сата након завршетка припреме.

Очигледно, ризик од погоршања зависи у великој мери од преовлађујућих амбијенталних услова (температура, релативна влажност, итд.), Тако да дозвољени четвородневни период може изгледати као произвољан. Он се наметнуо као корисна заштита и треба га поштовати када је наведено. Друга типична временска граница могу бити 2 сата за најкритичније услове или у променљивим временским зонама, или 6 сати или чак 8 сати када се очекују стабилни временски услови. Изјава о спецификацији може се допунити реченицом: ... или пре било каквог видљивог погоршања површине, у зависности од тога шта је раније. У овом случају и даље се примењује рок. Ако се види промена боје површине, промену боје треба уклонити даљом припремом и површинским премазом, без обзира колико је прошло времена од завршетка припреме.

Уређаји за отклањање влажности

Један од начина да се обезбеде амбијентални услови погодни за фарбање је смањење влажности ваздуха. Ово је једино могуће у затвореном простору. Најчешће коришћени апарати за смањење влаге раде на принципу провлачења ваздуха кроз исушивач, као што је силикатни гел, и тако испоручују ваздух са нижом RH вредношћу у жељени простор. Одвојен ток ваздуха се загрева и пролази кроз сушач за уклањање влаге и ревитализацију. Овај други ток ваздуха се испушта у атмосферу. Достижање веома ниске влажности је могуће у великим просторима. Ова техника се обично користи у бродским резервоарима и резервоарима за складиштење сирове нафте.

На располагању су и друге врсте опреме за сушење и о њима се говори у напредном модулу припреме површине овог програма [6].

Изложеност атмосфери

У морским и индустријским срединама где ваздух садржи честице хемијских соли, постоји могућност наслањања на радној површини. Ако се ово деси након пескирања, али пре наношења премаза, можда ће бити неопходно опрати и очистити површину поново.

Присуство одређених хемијских соли, као што је железни сулфат или железни хидроксида, може се одредити помоћу тест папира или комплета за хемијски тест.

Хемијско загађење кородираниог челика

Генерално, кородирани челик је теже очистити од новог челика. Површина је мање глатка у односу на нови челик и често садржи хемијске загађиваче везане за челик процесом корозије. Ови загађивачи су познати као растворљиве соли и не уклањају се лако током процеса припреме површине.

Растворљиве соли

Челик који је био изложен корозији у присуству одређених контаминатора (нпр. сулфати, хлориди) тешко се може очистити на адекватан начин. Иако површина може изгледати као исправно очистиена и без корозионих производа, може садржати довољно невидљивих контаминатора да се створи површина која није погодна за премазивање. У екстремним случајевима, јако загађена подручја ће након пескирања апсорбирати влагу из ваздуха, потамнити и веома брзо пропасти. Овај ефекат се понекад може видети у року од неколико минута од завршетка процеса пескирања, нарочито када је влажност релативно висока - то је јасан показатељ да је површина контаминирана.

Да бисмо решили проблем, површину треба детаљније очистити. У неким случајевима то може бити ефикасније пескирање, али се бољи успех може постићи пескирањем опреме под високим притиском. Водени млаз такође може бити ефикасан за уклањање тешке контаминације. Припрему површине у овим случајевима треба наставити са испитивањем на растворљиве соли гвожђа и / или хлорида, како би се осигурало да је преостала контаминација испод критичних нивоа [6].



Слика 18: рН индикатор папир

Преглед површинске чистоће

Корозија која се формира на челичним површинама изложеним индустријској или морској атмосфери може садржати значајне количине сулфата и хлорида. Ако се ова једињења не уклоне, могу довести до превременог пропадања боје. Тестови са тачкама су развијени да би се открило присуство растворљивог гвожђа, сулфата и хлорида на чистом челику.

У овим тестовима, боје се користе за проналажење локација контаминираних рђом. Свака метода користи комаде хемијски третираног филтер папира који се може посушити након употребе да би обезбедио трајне записе. Папири се притисну уз челичну површину, која је наквашена дестилованом водом. После кратког времена у контакту са површином, папири се уклањају и прегледају промене боје.

Квалитативни тест на киселинске или алкалне услове

О употреби лакмус папира за одређивање киселих или алкалних услова већ је дискутовано раније. Да би се извршио једноставан тест на очишћеној површини, узорак треба сакупити помоћу дестиловане воде и памучне вате.

Због тога што тест није квантитативан, запремина дестиловане воде и површине простора са којег се узима брис нису од суштинског значаја, али у циљу доследности треба користити редовну технику узимања бриса. Може се користити описана метода за квантитативно мерење растворљивости соли гвожђа (види доле) као и лакмус тест направљен на истом узорку.

Позитивна реакција (алкална када црвени лакмус папир постане плав, кисела када плави лакмус папир постане црвен) означава да површина није неутрална и да је потребно додатно чишћење.

Квантитативни тест за киселе или алкалне услове

Употреба рН индикационог папира омогућава мерење степена киселости или алкалности (рН) на површини. Понављамо, површина се мора опрати или се мора узети брис да би се сакупио узорак, а добра је пракса поштовати стандардне методе. Након сакупљања узорака, потапања рН папира у трајању од 2 секунде, праћено посматрањем за промену боје, омогућава мерење рН вредности. Боја се упоређује са табелом боја која се испоручује са рН папиром, а затим се забележи рН вредност између 1 и 14.

На располагању су електронски рН тестери који омогућавају дигитална мерења. Још једном треба сакупљати узорак прањем са течномлином или узимањем бриса, а врх рН тестера потопити у раствор довољно дуго да се обезбеди тачно мерење. Премазе не треба наносити на површине са рН мањом од 6 или већим од 8 без специфичног техничког одобрења произвођача [1].

Квалитативни тест на растворљиво гвожђе

Филтер папир је засићен раствором калијум-ферицијанида (наранџасто) и након тога се осуши. Када се притисне на влажну челичну површину, показује плавом бојом где год су растворљиве соли гвожђа растворене водом.

Квалитативни тест на растворљиве сулфате

Тестни папири се припремају потапањем у раствор баријум хлорид дехидрата (6% масених) и осуше. Сув папир се затим притисне на површину, преко кога се поставља други папир натопљен у засићеном калијум перманганату. Контаминација се апсорбује и задржава у баријум сулфатној решетки, дајући ружичасту боју оним деловима папира који су контаминирани од стране сулфата.

Квалитативни тест на растворљиве хлориде

За овај тест, филтрирани папир је умочен раствором сребровог нитрата (2% по тежини), а потом притиснут о челичну површину на око 20 секунди. Затим се чисти и темељно опере водом без хлорида. Формирани сребрни хлориди остају у папиру и могу се детектовати урањањем у фотографски развијач. Хлоридне локације приказују се као браон црне површине. Папир се може опрати и осушити за чување.

Квалитативни тест за абразив

Кисели раствор бакар сулфата, који се наноси на пескирану површину, таложитиће светли бакар на чистом челику, али ће показати црну боју на абразиву.

Квантитативни тест за растворено гвожђе

Мерццокуант тест садржи папир који реагује на количину раствореног гвожђа у води. Да би се створила веза са квантитативном природом ове процедуре, мора се користити техника прања или узимања бриса.

Овај тест не одређује количину хлорида, сулфата или било које друге специфичне соли. Он мери количину растворљивог гвожђа у облику Fe^{+} или Fe^{+++} јона [1].

Тест за контаминацију уљем

Уље присутно у малим количинама на пескираним површинама може се детектовати:

- Обасјавањем ултраљубичастог светла на површину, помоћу које уље почиње да светли.
- Наливањем растварача преко површине. Растварач треба да ствара сталан ток и да не долази до прекида.

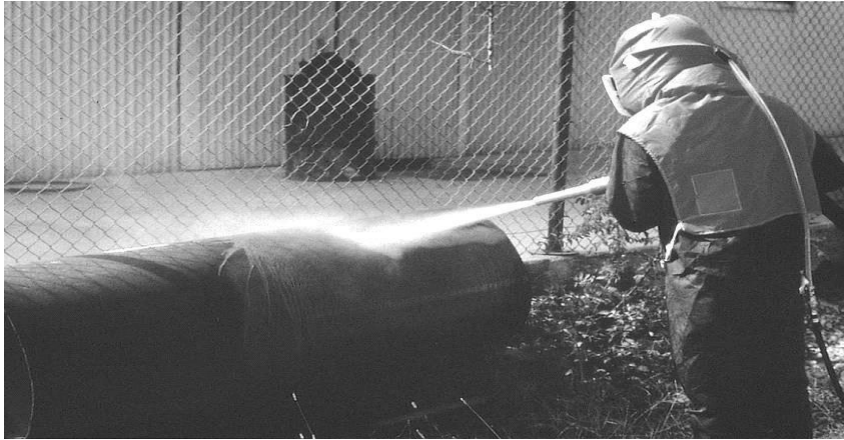
Ултраљубичасто светло

Ултраљубичасто светло се може користити за осветљавање површине како би се открили трагови одређених угљоводоничних уља и масти, отисака прстију итд. Ултраљубичасто светло такође може открити друге материјале на површини, који могу и не морају бити штетни за премаз.

Сигурносна напомена: Треба користити само одобрене ултраљубичасте лампе. Гледајући директно у незаклопљене ултраљубичасте лампе, може изазвати оштећење очију, укључујући и слепило. Консултујте сигурносног инжењера или другу стручну особу у вези са ултраљубичастом лампом коју планирате да употребите.

Чишћење млазом воде

Припрема површине за наношење премаза користећи воду као основни састојак је релативно скорашња техника. Развијена је из два основна разлога. Прво, присуство воде смањује емисију прашине и омогућује употребу техника абразивног пескирања на местима где се прашина сматра штетном или опасном. Друго, вода може имати ефекат уклањања растворљивих контаминатора, чије се чишћење не може лако обавити. Значај растворљивих загађивача - који се тешко примећују на пескираној сувој површини - све више је прихваћен као разлог зашто премази не успевају пружити дугорочне перформансе. Њихово уклањање се сада сматра основним елементом успешне припреме површина за најбоље системе премаза [2].



Слика 19: Чишћење млазом воде

Развијена су два облика чишћења водом. Они који користе абразив у комбинацији са водом и они који користе само воду.

Изливање воде и пескирање водом

Индустрија већ годинама користи воду под високим притиском као средство за припрему челика и других тврдих површина где абразивно пескирање није било изводљиво. Одређени стандарди припреме површине, као што је NACE Стандард RP0172, инкорпорирали су појам воденог пескирања у наслову и телу документа. Употреба овог појма била је збуњујућа многим корисницима, јер чини се да је увек потребна нека врста абразива у води.

Тренутно, приликом припреме стандарда за третирање површина, NACE, SSPC и друга друштва су се сложила да користе појам водени притисак како би описали процес чишћења где се само вода користи као средство за пескирање. Термин пескирање водом се користи да опише било који процес пескирања где је неки тип абразива убачен у воду како би се формирало средство за пескирање.

У напредним СІР курсевима, детаљније се учи о пескирању водом, али за сада ћемо кратко погледати овај процес пескирања као алтернативу процесу пескирања применом абразива.

Инхибитори

При пескирању водом и другим сличним операцијама користећи воду, у воду се понекад додају инхибитори како би се спречило рђање површине пре наношења премаза. Ово се, наравно, односи само за припрему челичних (гвоздених) површина.

Потенцијални проблеми везани за додавање инхибитора укључују:

- Количина инхибитора мора бити пажљиво контролисана. Таложeње вишка инхибитора на површини ће вероватно успешно спречити стварање рђе, али је вероватно и ометање адхезије премаза. Подједнако, мањак инхибитора на површини неће пружити заштиту од формирања рђе.
- Талози инхибитора вероватно ће ометати дуготрајне перформансе премаза. Увођење хемијског слоја између система за премазивање и припремљене површине је контроверзан поступак и критикују га стручњаци да слаби заштиту коју даје систем премаза.

Инхибитори се генерално додају у виду растворљивих чврстих материја постављених у посуду за воду или у облику течног концентрата који се убацује у млаз путем ињектора. Успешна употреба инхибитора зависи од доследности изабраног метода [2].

Водени млаз

Водени млаз категоризују органи за издавање стандарда (NACE, SSPC, итд.) ради доследности. Садашње категорије које дефинишу NACE и SSPC су:

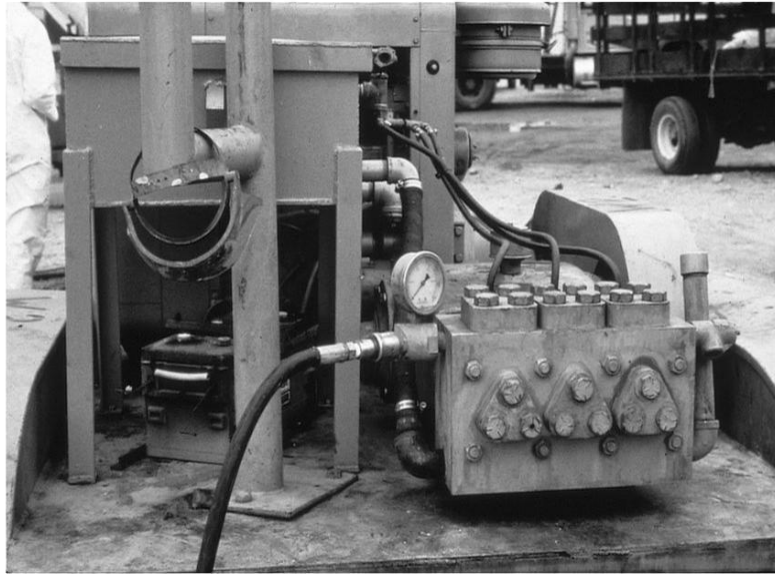
- Пескирање водом са ниским притиском (LP, VC): Пескирање изведено при притисцима испод 34 МПа (5,000 psi)
- Пескирање коришћењем високог притиска (HP VC): Пескирање вршено при притисцима од 34 до 70 МПа (5.000 до 10.000 psi)
- Водени млаз при високом притиску (HP VJ): Пескирање вршено при притисцима од 70 до 210 МПа (од 10,000 до 30,000 psi)
- Водени млаз под веома високим притиском (UNP VJ): Пескирање изведено при притисцима изнад 210 МПа (30,000 psi)

Предности воденог млаза при високом притиску укључују:

- Употреба воде као материјала за пескирање, пошто је вода погодна за пескирање као и веома доступна и јефтина у великим количинама
- Недостатак контаминације околних подручја јер нема абразивних честица
- Недостатак опасности од прашине и варница

Опрема за водени млаз која се користи за припрему површине обично укључује:

- Водену пумпу високог притиска прикачену на мотор одговарајуће величине
- Црево високог притиска
- Специјално дизајнирана млазница



Слика 20: Опрема за водени млаз

Заштитна опрема која се обично захтева за водени млаз укључује:

- Водоотпорно одело
- Шлем и визир
- Заштитне рукавице и чизме за тешке услове са челичним капицама и металном заштитом
- Ношење заштите за уши
- Сигурносни вентил за затварање течности

Поред тога, употреба регулатора за постепено повећање притиска приликом покретања ће помоћи оператеру да се прилагоди повратном притиску млазнице.

Пескирање водом са ниским притиском

Пескирање водом са ниским притиском (LP VC) се користи за припрему површине и првенствено је техника прања. Код притисака испод 34 МПа (5.000 psi), вода уклања растворљиву контаминацију и неке слабије адхезивне површинске загађиваче. Поуздано ће уклонити старе премазе, остављајући површину премаза неоштећеном. Пескирање водом са ниским притиском често се користи за прање доње стране бродова на пристаништима, уклањање морског растиња и пропалих премаза.

Пескирање коришћењем високог притиска

Пескирање коришћењем високог притиска (CP VC), се обично користи за површинску припрему бетонских површина пре наношења премаза. Помоћу правилно фокусираних водених млазница HP VC опрема може да сече кроз челичне плоче или бетонске блокове, тако да техника може бити и ефикасна и опасна. Када се користи за припрему површине за премазе, степен производње је релативно низак. Поред тога, само лабаву контаминацију може успешно уклонити.

Водени млаз под веома високим притиском

Овај метод користи воду под врло високим притиском - 210 МПа (30.000 psi) и изнад (до 340 МПа [50.000 psi]). Због високог притиска који је потребан, безбедна употреба захтева велику пажњу при контроли млазница за воду, јер особа која је погођена водом високе брзине у кратком домету може бити озбиљно повређена.

Већина UP VJ опреме ради са ротирајућим млазницама и двоструким воденим млазевима. Високо ефикасан дизајн млаза ствара ефикасан образац пескирања уз коришћење релативно мало воде, можда не више од 8 l (2 gal) у минути.

Млазница се мора држати близу површине, јер се ефекат пескирања брзо смањује на одређеној удаљености од млазнице. Млаз воде готово нема ефекта на површину ако је растојање млазнице у односу на површину више од 50 cm (18 in.). Најефикаснији ефекат чишћења постиже се на удаљености од распршивања приближно 50 mm (2 in.), иако је површина млаза тада веома уска, па ефекат може бити умањен [2].

Вода која се користи при овом притиску уклања већину загађивача, као што су хемијске соли, прљавштина, маст и рђа. Неће произвести површински профил, али је у стању да обнови претходни површински профил где год је раније постојао, под условом да је опрема дизајнирана да очисти површину по високим стандардима. Ово се типично постиже само радом при највишим притисцима (240 МПа [35,000 psi] и више).

Једна случајна корист од веома високих притисака је ефекат грејања на површину која се чисти. У случају челика, ова топлота има ефекат ограничавања пропадања услед кородирања, а површина остаје релативно чиста (мада са неколицином промене боје у риђу).

Водоинсталације у условима пескирања испод воде

Водени млаз се ретко користи при притисцима испод 48 МПа (7,000 psi) за припрему површине пре фарбања, осим као техника прања. Међутим, доста се употребљава под водом за уклањање морског растиња на бродовима и структурама везаним за употребу уља.

Чишћење морског растиња са бродског тела или приобалне конструкције обично се постиже при притисцима између 20 и 50 МПа (2.900 и 7.200 psi, 200 и 500 bar).

Перформансе зависе од два главна фактора:

- Искуство ронилаца и видљивост.
- Густина обраштаја и степен раста шкољки или морских ракова.

На бродским површинама у пристаништу, брзина чишћења до $200 \text{ m}^2 / \text{h}$ ($2000 \text{ ft}^2 / \text{h}$) може се постићи коришћењем воденог млаза под високим протоком. Међутим, многи други фактори морају бити узети у обзир под водом, а ефекат је обично умањен. Да би приказали пример брзине подводног млаза, рецимо да су ноге платформе за бушење у Северном мору, покривене растом корова и скољки до дебљине 600 mm (24 in), а очишћене су брзином од $20 \text{ m}^2 / \text{h}$ ($200 \text{ ft}^2 / \text{h}$). Ово је изузетно тешко извести.

Међутим, пошто нема силе реакције на јединици подводног чишћења (јер дизајн компензује повратни потисак), операција се врши са знатно мање физичким напором у поређењу са сличним радом изнад површине.

Подводно бетонско сечење је још једна употреба за водени млаз, а опрема коришћена у ту сврху се налази на дубинама до 140 m (450 ft). Пресек оштећеног бетонског премаза на челичном цевоводу од 760 mm (30 in) испод постројења у Северном мору успешно је исечен и разбијен млазом без оштећења челичних цеви. Овом приликом је коришћен притисак од 76 MPa (11.000 psi , 760 bar), а један ронилац из тима је био задужен за руковање пиштољем и извођење сечења. Где се челик мора довести до белог метала, развијена је посебна подводна опрема која користи абразиве убризгане у водоток [2].

Шљунковито пескирање са покровом воде

Једна од предности коришћења воде у операцији пескирања је смањење опасности од прашине. Овај аспект је посебно важан када се пескирање брши у релативно јавном окружењу, као што је случај када се чисте градске зграде. Због тога је развијена опрема која обезбеђује покривач воде око нормалног тока абразива пренетог у компримованом ваздуху.

Остале предности овог модификованог система сувог пескирања укључују могућност уклањања растворљивих загађујућих материја са површине и могућих употреба абразива који садрже силикат (нпр., песак). Опасни састојци отпада, укључујући емисије прашине, знатно су смањени. До 75% прашине не може да побегне из воденог млаза и у теорији - не може ући у непосредну околину.

Недостаци укључују проблем уклањања коришћеног абразива (у влажном облику) и неопходност коришћења инхибитора у води како би се спречила површна рђа када се користи за пескирање челика.

Прикључак за водени прстен прикључен је на извор воде са ниским притиском, а проток воде контролише мали вентил на прикључку.

У употреби, водени ток одвлачи абразивни ток напољ и испред пражњења млазнице, што помаже у задржавању прашине на минимуму. Овај процес пескирања се може користити тамо где би прашина била неприхватљива. Профил површине је сличан ономе који се постиже сувим абразивним пескирањем, али, наравно, површина је мокра након чишћења.

Притисак од бомбардовања је исти као код сувог пескирања, до 690 kPa (100 psi , 6.9 bar), а брзине производње су сличне. Време пескирања је вероватно дуже, због тешкоћа уклањања влажног абразивног муља [3].

Водени млаз са инкорпорираним песком

Овај метод користи исту основну опрему потребну за водени млаз под високим притиском плус неколико додатних предмета, укључујући:

- Штрцаљка за абразиве и адаптер
- Брусно црево
- Брусни контејнер

Сила воде кроз оруђе и пиштољ за оруђе привлачи абразив у водоток усисавањем.

Главна предност ове методе у поређењу са водом јесте то што је могуће креирати жељени површински профил на пескираној површини. Као и код сувог пескарења, створени површински профил зависи углавном од комбинације величине и притиска абразива. У принципу, абразив ће бити мање ефикасан када се помеша са водом, а површински профил ће бити мањи од оног произведеног истим абразивом који се користи на сувом.

Степен чишћења је много бољи код абразива убачених у водоток, а ова врста опреме може постићи и до 90% степена производње сувог пескирања. Типична потрошња воде је у опсегу од 8 до 60 l / min (2 до 15 gal / min). Стопа производње је око 50% у односу на суво пескарење.

У овом поступку, абразив и вода се помешају заједно на или близу посуде за пескарење уз константно мешање како би се формирала густина. Затим се тећност пумпа кроз црево до млазнице за пескирање.

Многи од горе наведених коментара такође се односе на употребу опреме за млевење муља, иако ове специјализоване јединице имају извесне додатне предности. Будући да се мешавина абразива/воде пумпа у облику муља, притисак се лако може контролисати. То значи да се ефекат сечења абразива може повећати или смањити по вољи и финим штељовањем, како би се омогућили специјални ефекти као што су уклањање горњег слоја или обрада ивица премаза.

Премази који толеришу влагу

Недостатак воденог пескирања или воденог млаза било које врсте јесте то што количина коришћене воде ствара влажну средину и влажну површину. Генерално, површина мора бити осушена пре наношења премаза или се мора користити специјални премаз за влагу.

Неки произвођачи су развили премазе, често базиране на епокси технологији која се може директно наносити на влажну површину. Коришћење оваквих премаза значајно повећава погодност коришћења овог начина припреме површине.

Неки од ових специјалних премаза су означени као толерантни за влажне услове, а други као толерантни за веома влажне услове. Потребно је водити рачуна како би се утврдило колико је влажна површина у тренутку примене [3].

Резиме процеса пескирања водом

Употреба пескирања водом довела је до великих контроверзи. Нема сумње да је контрола система (са својом способношћу да смањи притисак, итд.) вредна и да је смањење контаминације површине важно. Са друге стране, потреба за употребом инхибитора, чиме се стављају талози на челичној површини, и проблеми одлагања потрошеног абразива могу бити питања која захтевају значајно оправдање.

Такође, постоје још неке сумње у дуготрајне перформансе нових премаза (толеранције влаге) који су развијени за примену на влажним површинама.

3. Закључак

Сврха овог дипломског рада је да прикаже различите технолошке аспекте процеса пескирања, који су од значаја за посао инспектора за заштиту од корозије, зато што се машински или технолошки инжењер може наћи у таквој улози у различитим компанијама.

У засебним поглављима, описани су процес пескирања, дефиниција и подела процеса, опрема која се користи у пескирању, материјали (абразиви), утицај услова околине на процес пескирања, изглед профила површине након пескирања, безбедност на раду и савремени поступци пескирања (примена воде као абразива).

Пескирање је потенцијално опасан посао. Са абразивима и опремом под притиском, безбедност је веома важна. Треба увек имати у виду да абразиви и ваздух напуштају млазницу великом брзином (брзином од 720 km/h или око половине брзине кретања метка из пушке) и могу утицати на површину метала или друге раднике на великој удаљености. Целокупни систем, укључујући црева, оператера и део који се пескира, мора бити уземљен како би се спречила повреда услед електричног удара. Уземљење је посебно важно када оператер ради на висинама (када шок може довести до пада) или када се пескирање ради у опасном окружењу.

Пескирање се примењује у скоро свим гранама индустрије за различите намене. У аутомобилској индустрији, грађевинарству, индустрији стакла, бродоградилиштима и незаобилазно је при одржавању разних технолошких процеса у свим гранама производње (прехрамбена, рударска, хемијска).

4. Литература

- [1]. В. Вујичић, Корозија и технологија заштите метала, Војна академија, Београд, 2002
- [2] В. Ђоровић, Ј. Антић, С. Кочовић, М. Радић, Заштита од корозије у аутоиндустрији, Крагујевац, 2002.
- [3] Б. Васиљевић, Б. Недић, Модификовање површина, основне технологије модификовања, помоћни универзитетски уџбеник (приручник), Машински факултет, Крагујевац, 2003.
- [4]Coating InspectorProgram, Level 1, Student Manual, NACE International, December 2007.
- [5]S. Ebnesajjad, Surface Treatment of Materials for Adhesive Bonding (Second Edition), Chapter 6 - Material Surface Preparation Techniques, 95-138, 2014.
- [6].A. Bahadori, Essentials of Coating, Painting, and Lining for the Oil, Gas and Petrochemical Industries, Chapter 1 - Surface Preparation for Coating, Painting, and Lining, 1-105, 2015.