

ХИМИЧЕСКИ МЕТОДИ ЗА ОЧИСТВАНЕ НА НАКИПИ ОТ МАШИНИ В ОБОГАТИТЕЛНИТЕ ФАБРИКИ

Кристина Грозева

ЕТ "Кристина М"
София 1505, България

Иван Минин

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България

РЕЗЮМЕ

Разгледан е проблема за накипа в компресорите и възможните мерки за предотвратяване на образуването му. Оценени са възможностите на механичното и химично почистване на накипа. Подробно е описана технологията на премахване на накипа чрез химически реагенти. Накрая са предписани изискванията за спазване на правилата за безопасност на труда при работа с киселини и основи

ПРОБЛЕМЪТ НАКИП В НЯКОИ МАШИНИ В ОБОГАТИТЕЛНИТЕ ФАБРИКИ

В обогатителните фабрики за руди, за някои спомагателни технологични дейности е необходим съгъстен въздух и за тази цел се използват компресори за ниско налягане. В тези машини се осъществяват процеси свързани с отделянето на голямо количество топлина, което налага охлаждането им. Охлаждането е процес на отвеждане на топлината от нагръваните стени на машините и поддържането на температура в определени граници. Като средство за отвеждане на топлината най-често се използва течаща вода. Известно е, че в тези случаи по стените на охлаждаемите пространства на машините и тръбопроводите се отделя т.нар. накип (неправилно наричан котлен камък), който затруднява, нормалния процес на охлаждане. В някои случаи процесът на охлаждане на компресора може да бъде влошен и на изхода му температурата на съгъстения въздух да достигне до 190-200° С (при максимално допустима - 170° С). Тази ситуация може да бъде предпоставка за предизвикване на взрив, ако нагорещени частици от нагар от клапаните (нагнетателните) на компресора запалят маслените отлагания и се създаде аварийна ситуация с риск за живота на обслужващия персонал.

В обогатителната фабрика към "Елаците - мед" АД с. Мирково, се експлоатират обикновени бутални компресори за съгъстен въздух и специални компресори към климатичната инсталация за поддържане на постоянна температура на електронноизчислителния център управляващ технологичните параметри и процеси на фабриката. И двата вида компресори работят в т.нар. непрекъснат режим, което обстоятелство определя актуалността на проблема за фабриката.

Някои сведения за накипите

Много от разтворимите соли във водата имат свойството да образуват накипи. Накипът зависи главно от вида на солите на калция и магнезия. Така например калциевият бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ образува мек накип, докато калциевият сулфат CaSO_4 - твърд.

Основните причини за образуването на накип е отделянето на малко разтворимите соли от наситените им разтвори при нагръване. Така например незначителното повишаване на температурата на водата е достатъчно за изпаряване на малко количество вода и образуване на преситени разтвори по отношение на калциевия и магнезиевия бикарбонати - $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, тъй като разтворимостта на тези соли е малка.

Според химичния състав накипите биват:

- карбонатни, които съдържат повече от 50 % CaCO_3 ;
- гипсови, съдържащи до 50 % CaSO_4 ;
- силикатни съдържащи над 25 % SiO_2 ;
- смесени съдържащи калциеви и магнезиеви карбонати и силикати.

Свойството на водата да образува накип се нарича твърдост на водата и се дължи на разтворените в нея соли на калция и магнезия.

Известно е, че коефициентът на топлопроводимост на накипа е няколкократно по-малък от стоманата или чугуна, от които са изработени охлаждаемите стени, поради което дори образуването на накип със сравнително малка дебелина силно намалява ефективността на охлаждането.

ПРЕДВАРИТЕЛНА ОБРАБОТКА НА ВОДАТА ЗА ПРЕДОТВРЯВАНЕ НА ОБРАЗУВАНЕТО НА НАКИП

Известни са много методи за предварителна обработка на водата, които се основават предимно на добавяне на реагенти във водата, затрудняващи процесите на кристализация или изменящи концентрацията на разтворените соли. Такава обработка на водата е целесъобразно да се извършва само при условие, че се използва обратна вода, което е свързано с изграждане на охладителни кули и други съоръжения. В настоящия момент в практиката на обогатителните фабрики икономически не е изгодно прилагането на предварителна обработка на водата и се използва промишлено течаща вода.

МЕТОДИ ЗА ОТСТРАНЯВАНЕ НА НАКИПИ ОТ МАШИНИ, ОХЛАДИТЕЛИ И ТРЪБОПРОВОДИ

Образувалят се накип по стените на охладителните системи може да се премахне по механичен или химичен начин.

Механичен начин

Методът изисква извършването на разглобни операции за осигуряване на достъп до местата за почистването на накипа. Механичното отстраняване се състои в изстъргването на накипа чрез стоманени стъргалки и телени четки в местата, където това е възможно. Практически обаче, много малко са повърхнините с накип, които са достъпни за ръчно чистене. При механичния начин, не е възможно напълно отстраняване на накипа от трудните участъци за остъргване и има опасност за повреждане на метала при тънкостенните изделия.

Химичен начин

Накипът се разрушава от разтварянето му чрез подходящи реагенти, които могат да бъдат: солна киселина, хромовата киселина или алкални соли, сода, натриев фосфат и др.

Киселините се използват за разтварянето на карбонатен накип, а алкалните соли за - сулфатен или силикатен. В тези случаи действието на реагентите се състои в разрохване на накипа и превръщането му в шлам. Въздействието върху накипа чрез разтворените реагенти във водата става чрез престояването им в охлаждащите пространства за определено време или чрез циркулиращ разтвор. За да се предотврати корозията на металните стени от разтворените реагенти се добавят т.нар. инхибитори. Това са вещества, които имат свойствата да забавят и да затрудняват процесите на разрушаване на металите в условията на агресивна кисела среда.

ОЧИСТВАНЕ НА НАКИПА ОТ КОМПРЕСОР ЧРЕЗ СОЛНА КИСЕЛИНА

Условия налагащи почистване

Когато температурата на съгъстения въздух на изхода на II степен постоянно надвишава с 8-10° С допустимата

норма (170° С), а количеството вода е достатъчно и на изхода на охладителната система температурата на водата не е над 30-35° С, то причина за лошото охлаждане е образувалят се накип в компресора. В този случай е наложително почистването на компресора от накип. Не трябва да се допуска образуването на дебел слой накип, тъй като трудно се премахва.

По-долу са описани технологичните операции свързани с метода на химичното почистване на накипа в компресорите.

Разглобяване на охладителната система

Обикновено компресорът се охлажда в следните места: водната риза на цилиндъра от I^{ва} степен, междинния охладител между I и II степен и водната риза на цилиндъра от II степен. В повечето случаи тези пространства при компресорите с ниско налягане, каквито са в обогатителните фабрики, са съединени в една охладителна система, в която се подава охлаждащата вода. Поради това е необходимо да се разглобят (разчленят) тръбопроводите съединяващи тези пространства. След това се демонтират капците на охладителя и от ризите на цилиндрите. Прави се външен оглед за състоянието на тези охладителни пространства и след това се промиват с вода от воден маркуч под налягане до 0,1-0,2 МПа, за да се изменят механичните утайки, пясъци, маслени отлагания и други.

Вземане на проба за анализ на накипа

От стената на почистеното от механични замърсявания на водната риза (охладителното пространство) се вземат проба от накипа за да се анализира състава му. Това е необходимо само при първоначалното чистене на накипа, тъй като за следващите операции, ако не е изменен състава на охлаждащата вода няма причина за изменение на състава му.

Въз основа на анализа на накипа се определя и вида на реагентите. От изследванията ни се установи, че накипът е предимно с карбонатен състав, което определя и използването на солна киселина (HCl) за почистването му.

Технически средства за почистването

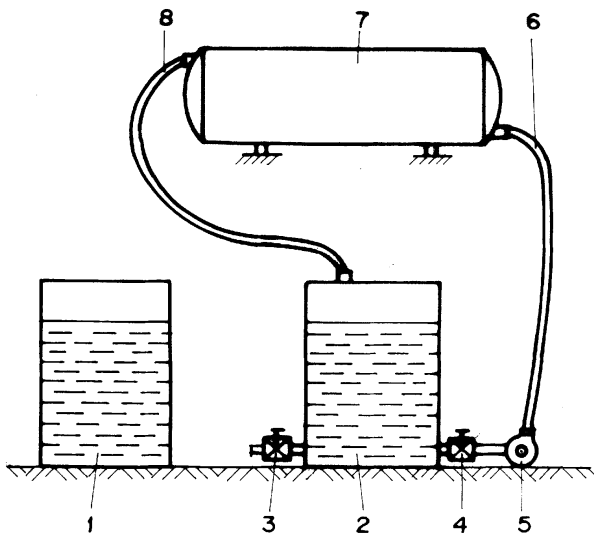
Необходими са съдове за разтворите, електрическа помпа, маркучи и кранове, както са показани на фиг. 1.

Съдът 1 е предназначен за приготвяне на разтворите и за тази цел може да се използва обикновен варел с вместимост 200 литра, на който горното дано е изрязано.

Съдът 2 е аналогичен на 1, но в долния му край са монтирани, кранът 3 за изпускане на шлама и почистването на съда и кранът 4 свързващ варела с помпата.

Помпата 5 е обикновена центробежна и не е задължително да бъде киселоустойчива конструкция. Необходим е малък дебит и обикновено се задвижва от монофазен електродвигател.

Маркучите 6 и 8 трябва да бъдат с диаметър $1\frac{1}{2}$ " или 2".



Фигура 1

Приготвяне на необходимите разтвори

При избран реагент за почистване, в случая солна киселина, е необходимо да се определи и каква концентрация на разтвора е необходима. От литературните източници е известно, че за почистването на карбонатни накипи се използват водни разтвори с концентрация на солната киселина от 2 до 12 %. Изборът на концентрация на солната киселина зависи предимно от дебелината на металната стена на охладителното пространство и дебелината на накипа. Тъй като дебелината на водните ризи по конструктивни изисквания е достатъчно голяма (над 10 mm), то в случая може да се използват разтвори с по-голяма концентрация - 10÷12 %. При почистването на междинния охладител, съставен от тръбен сноп, дебелината на тръбите е средно 2 - 2,5 mm, то за да се избегне получаването на корозионен пробив е необходима по-малка концентрация на солна киселина - 4 - 5 %.

Дебелината на слоя също оказва влияние върху избора на оптималната концентрация. При накипи с голяма дебелина се препоръчва използването на разтвори с по-малка концентрация на солна киселина, но времето за обработката трябва да е по-голямо. Това се налага от обстоятелството, че при големи концентрации протича силна химична реакция и получените продукти от разпада на накипа затрудняват циркулацията на почистващия разтвор. Тъй като тръбите от междинния охладител са с малко светло сечение то това обстоятелство определя по-голямата дебелина на накипа. И по този показател е необходимо за междинния охладител да се използва разтвор с по-малка концентрация.

Известно е, че солната киселина в промишлени количества се доставя с концентрация 37 % и за да се определи необходимото количество за получаването на воден разтвор с определена концентрация са необходими

елементарни изчисления. Така например за приготвянето на 100 литра воден разтвор с 5 % концентрация на солна киселина е необходимо към 86,5 литра вода да се добави 13,5 литра концентрирана солна киселина (37 %).

При приготвянето на почистващия разтвор винаги се спазва правилото, че киселината се добавя към водата постепенно при непрекъснато разбъркване на разтвора.

Към приготвения с необходимата концентрация разтвор се прибавят различни инхибитори. Съставът и количеството на тези вещества се определя компромисно по технико-икономически съображения. При дебели метални стени е възможно използването на по-малки концентрации, а при тънкостенни с голям риск за пробив - с по-голяма концентрация. От изследванията ни се установи, че за случая използването на инхибитора уротропин е напълно удовлетворително в количество 10 г за 1 литър разтвор за почистването на ризите на цилиндъра и 25 г за 1 литър за междинния охладител.

Количеството на разтвора се определя в зависимост от обема на охладителното пространство, което трябва да се почисти.

Технология на почистването

Препоръчва се почистването на накипа да започне от това охладително пространство, за което е необходима най-ниска концентрация, в случая междинния охладител. Това се прави с цел, ако остане почистващ разтвор, в който има неизразходвано количество солна киселина да се използва за приготвянето на следващите разтвори.

Почистването на накипа може да се извърши по два начина: запълване на охладителното пространство с разтвор и престояването му в продължение на 10-12 часа и циркуляционен, при който разтворът се подава непрекъснато чрез помпа. Предимствата на циркуляционния начин са безспорни и поради това се препоръчва тази технология.

Същинското почистване на накипа е разгледано на примера на междинния охладител 7 според фиг. 1. В резервоара 2 се налива необходимото количество разтвор (около 120-150 литра) и чрез помпата 5, маркуча 6, охладителя 7 и маркуча 8 се осъществява непрекъсната циркулация на разтвора и постепенното почистване на накипа. През това време периодично се проверява състоянието на разтвора. Ако разтворът образува пяна, това е признак, че реакциите протичат нормално. Ако спре процесът на пянообразуване са възможни два случая: или накипът е разтворен и почистването е завършено или, че солната киселина е изразходвана, но е останал още накип.

За установяване състоянието на почистващия процес се постъпва по следния начин. В чаша се налива 40-50 ml от почистващия разтвор и към него се прибавят няколко капки 10 % разтвор от сребърен нитрат. Ако се появи бяла утайка това е сигурен признак, че солната киселина не е изразходвана напълно и накипът е почистен. Липсата на бяла утайка показва, че киселината е изразходвана, което налага почистването да продължи с нов разтвор.

Продължителността на операцията зависи от много фактори и обикновено продължава 3-4 часа.

Промиване на охладителното пространство

След установяване на края на почистването на накипа, разтворът се събира в съда и ако се установи, че солната киселина е изразходвана разтворът се изхвърля в канализацията за отпадъчни води. Ако разтворът има неизразходвана киселина се използва за приготвянето на следващите разтвори.

Съдът се промива с течаща вода като шламът и водата изтичат през крана 3. След промиването съдът се напълва с технически чиста вода, с която чрез помпата в продължение на 15-20 min се осъществява промиване на охладителя. Към края на промиването в съда се поставя известно количество разтворена натриева основа или разтвор от гасена вар за неутрализиране на евентуални остатъци от киселината по стените на охладителя.

По аналогичен начин се постъпва и с почистването на накипа от водните ризи на цилиндрите, а така също и

накипи от тръбопроводи транспортиращи вода, водни резервоари и други съоръжения.

БЕЗОПАСНОСТ НА ТРУДА ПРИ ХИМИЧНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ЧИСТЕНЕ НА НАКИП

При тези технологии се работи с големи количества киселини и основи, което налага строго спазване на правилата за безопасност на труда и някои специфични изисквания са:

- концентрираните киселини се прехвърлят от един съд в друг със сифони с гумена помпа и кран, което се закрепва към съда. Изливането на киселината трябва да става равномерно, поради което се запълва само $\frac{3}{4}$ от обема на съда;
- при разреждане на концентрирана киселина винаги се налива киселината във водата;
- концентрираните киселини са силно разяждащи, поради което винаги се работи с гумени ръкавици с маншет (дълги), а очите се предпазват с очила от нечупливо стъкло;
- разтворите от киселини се изхвърлят само след силното им разреждане.

CHEMICAL METHODS FOR PROCESSING PLANTS MACHINES SLAG CLEANING

Kristina Grozeva

"Kristina - M" Ltd
Sofia 1505, Bulgaria

Ivan Minin

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria

ABSTRACT

Paper deals with slag formation in compressors and applicable measures to prevent it. Mechanical and chemical depositions cleaning are discussed and evaluated. Technology for its elimination under application of chemical agents is presented in details. In conclusion regulations for safety operations with acids and alkali has been formulated.

SLAG PROBLEM IN SOME PROCESSING PLANTS' MACHINES

Compressed air for some subsidiary technological procedures in ore processing plants is required. For that reason compressors for low pressure are used. Processes with great amount of heat liberation take place in such machines and need for cooling arose consequently. Cooling is a process of heat transfer from hot walls and maintaining the temperature in special limits. More often water is applied as cooling liquid and as a result on pipelines and machines walls hard depositions are accumulated which cause difficulties in normal cooling process. It can be worsen so severe that the temperature of exit compressed air can reach 190-200°C (in comparison with maximal admissible – 170°C). This circumstance could be precondition for explosion if hot residue particles from vacuum valves burn oil deposits. This could become accidental situation with high-risk degree for workers and equipment.

In the processing plant "Elatzite – med" Jsc, village of Mirkovo near Sofia are used traditional piston compressors as well as special compressors for air conditioning system, which role is to maintain constant temperature for computer remote control center. From there technological parameters and processes are controlled remotely. Both types of compressors operate in continuous regime that make the problem discussed in this paper immediate and topical.

Information about slag

Many soluble types of brine make slag depending on their type. For instance calcium bicarbonate $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ make soft depositions, while calcium sulfate CaSO_4 – hard one.

Main reason for slag formation is separation of less soluble brines from their saturated solutions in case of temperature increase. Little increase in water temperature is enough to evaporate little amounts water and saturated solutions in regard to calcium and magnesium bicarbonates - $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, due to their little solubility.

According to its chemical composition slag could be classified as:

- Carbonates consisting more than 50 % CaCO_3 ;
- Gypsum – up to 50 % CaSO_4 ;
- Silicates – over 25 % SiO_2 ;
- Mixed – consisting calcium and magnesium carbonates and silicates.

Water ability to form slag is called water hardness and is due to soluble in it brines of calcium and magnesium.

It is well known that slag heat transfer coefficient is several times less compared with steel and cast iron - material of cooling walls. By that reason even in presence of thin deposition layer cooling efficiency decrease rapidly.

PRETREATMENT OF WATER FOR SLAG FORMATION PREVENTION

Several methods for water treatments are known, based mainly on reagents adding into it. These reagents hamper crystallization processes or change concentration of soluble elements. Such treatment is reasonable only if the water is turnover and the process is linked with cooling towers construction. Recent practice in processing plants show that pretreatment of water is not profitable and that is why industrial water is used there.

METHODS FOR SLAG ELIMINATION FROM MACHINES, COOLERS AND PIPELINES

Accumulated depositions on cooling systems' walls can be eliminated either in mechanical or in chemical way.

Mechanical way

This method requires disassembling operations in order to ensure access to the accumulated slag. Mechanical removal

means to scrape off the residue with steel scrapers and wire brushes at reachable places. In practice such surfaces are very limited in number. That is why mechanical way is not applicable for full cleaning especially at hard to reach places. There exist another problem – a risk to damage the metal in thin walls installations.

Chemical way

Slag is eliminated by solving with appropriate reagents such as hydrochloric acid, chom acid, alkaline, natrium fosphatus etc.

Acids are applied to carbonate depositions, while the alkaline – for sulfate or silicate ones. The action of such chemicals transforms the slag into slurry by its shagging. Reagents effect is achieved by circulation of the chosen solvent or by its presence for certain time inside the equipment. Special supplements called inhibitors are added in order to prevent metal walls from corrosion. These are substances able to slow down or prevent metals from corrosion in aggressive acid environment.

SLAG ELIMINATION FROM COMPRESSOR WITH HYDROCHLORIC ACID

Conditions forcing cleaning

In the process of compressor operation when:

- Water is sufficient and its outlet temperature is 30-35°C;
- Compressed air outlet temperature precedes the norms (170° C) with 8-10°C

these are serious indirect arguments for bad cooling due to slag accumulation. Cleaning is requirement. Its postponing will lead to further depositions formation and even more difficult removal afterwards.

Technological operations required by chemical cleaning of slag are discussed below.

Cooling system disassembling

Compressor is normally cooled at the following places: cylinder water mantel from I-st degree, intermediate cooler between II degree and cylinder water mantel II degree and I. More often low-pressure compressors (mainly such types are used in processing plants) are linked in one cooling system, where water is supplied. That is why disassembling of pipelines, joining these areas, need to be done as first operation. Then the coolers and cylinder mantels covers are removed. Outside inspection of these spaces is performed and washing with water through hose with pressure 0,1-0,2 MPa in order to wash out mechanical and oils depositions, sands etc.

Taking samples for depositions tests

Samples from cleaned water mantel (cooled space) mechanical depositions are taken in order to test its composition. This is required only at first cleaning of equipment. Such sampling is not obligatory in further cleaning if water composition has not been change and no reason for slag structure changing exists.

Depositions analysis predefines reagent usage. Our research shows that slag is mainly with carbonate composition, which lead to hydrochloric acid (HCl) application for its cleaning.

Technical means for cleaning

Equipment needed for this action are: containers for solutions, electrical pump, hoses and tabs, as shown on fig. 1.

Container 1 serves as place to make the solution. Ordinary 200 l barrel with removed upper cover can be used.

Container 2 is similar to 1, but at its lower part tab 3 for slurry discharge and tab 4 (link between barrel and pump) are mounted.

Pump 5 is normal centrifugal pump and there is not need to be acid-proof. Its motor is one phase electrical unit.

Hoses 6 and 8 are with diameter $1\frac{1}{2}$ " or 2" .

Preparation of solutions

If the reagent has been already chosen (in our case hydrochloric acid, it is needed to define its concentration. References show that carbonate slag are removed by application of 2 to 12% hydrochloric acid water solutions. Hydrochloric acid concentration depends on metal wall depth of cooling space and on depositions depth. Design requirements for water mantels depth are serious (over 10 mm) and by that reason solutions with great concentration can be applied (10÷12 %). When cleaning of intermediate cooler, built from sheaf of pipes with wall depth of 2 - 2,5 mm, hydrochloric acid concentration should be less - 4 - 5 %.

Optimal concentration depends also on slag depth. Depositions with great depth should be treated with less concentration but with great time duration. Higher concentration of acid lead to strong chemical reaction, to big particles elimination which hamper circulation of cleaning liquid. Pipes from intermediate cooler are very narrow, which predefines thicker slag layer and consequently application of solution with less concentration.

Hydrochloric acid is produced with 37% concentration. In order to count how much acid with appropriate concentration should be ordered simple calculations should be done. For example 100 l water solution with 5% hydrochloric acid concentration should be made by adding 13,5 l hydrochloric acid (37%) into 86,5 l water.

Acid is added to water gradually under constant mixing

Different inhibitors are added to thus prepared solution. Composition and quantity of these substances are chosen under technical and economical reasons. When cleaning procedure is performed for installations with thick walls higher concentrations should be used and vice versa. Our research shows that application of inhibitor Urothropine is very appropriate in dosage of 10 g per 1 l solution for cylinder mantel cleaning and 25 g per 1 l for intermediate cooler. Solution amounts depend on cooling space volume need to be cleaned.

Cleaning technology

It is recommended that slag cleaning should start from that cooling space where lowest concentration is required, in our case intermediate cooler. The purpose of this is in case some amount hydrochloric acid remains unused to be applied for next objects.

Slag cleaning can be performed in two ways:

- 1 Filling of whole cooling space with solution and its remaining there for 10-12 hours;
- 2 Solution is constantly added into the space by pumping (circulation way of cleaning).

Advantages of the second method (circulation) are out of any doubts and such technology is strongly recommended.

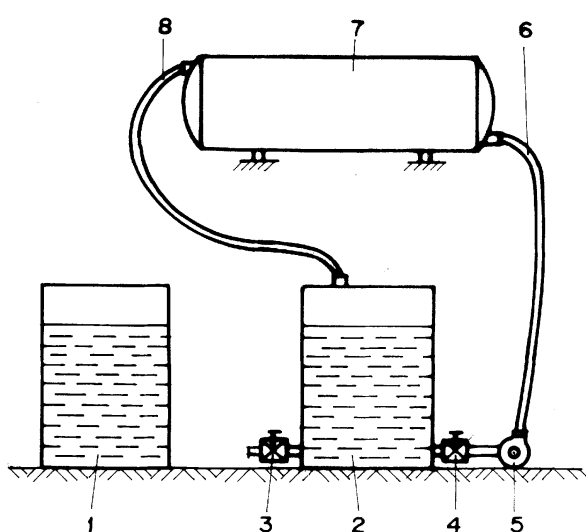


Figure 1.

Depositions cleaning itself is shown on figure 1 on the example of intermediate cooler. Into reservoir 2 needed solution (120-150 l) are added and by pump 5, hose 6, cooler 7 and hose 8 continuous solution circulation is achieved, which consequently lead to slag cleaning. Regularly solution status is tested. If the solution forms foam the process is in normal condition. In case foam forming stops it can mean one of the following:

- Slag is eliminated and the cleaning is over;
- Hydrochloric acid is spent out, but still there is slag remaining on the walls.

Testing of cleaning process is performed in the following way. 40-50 ml from cleaning liquid are pour in a glass and

several drops of 10 % argenium nitrate solution are added. If white depositions appear it is certainly that hydrochloric acid has not been spent off completely and slag has been cleaned. The absence of white deposition shows that the acid has been spent off and cleaning should continue with new amounts of solution.

Duration of cleaning operation depends on several factors and normally prolong 3-4 hours.

Washing of cooling space

On end of cleaning process solution is collected into the vessel. If whole hydrochloric acid has been utilized the solution is drained into wastewater canals. If some acid has not been used the solution is further applied for preparation of other cleaning solutions.

The vessel is cleaned with flowing water, which with slurry drains out through tab 3. After washing the vessel is filled with technical water and by pump for 15-20 min washing of cooler is in progress. On the end of washing procedure some sodium alkaline or caustic lime solution is added so that neutralize acid remains on walls.

Slag cleaning from cylinder water mantels and from water transporting pipelines, water reservoirs etc. is performed in similar way

LABOR SAFETY IN SLAG CLEANING CHEMICAL TECHNOLOGIES

Great amounts of acids and alkaline are used in such technologies that impose serious requirements for safety operations. Some specific rules are:

- Acids concentrates are transferred from one vessel to another through siphons with rubber pump and tab placed on the vessel. Pouring out of acid should be done regularly and only $\frac{3}{4}$ of vessel volume is filled;
- Dilution of concentrated acid is performed by adding the acid into water;
- Plastic gloves with long cuffs and safety glasses should be ware always for acids are highly mordant;
- Acid solutions are drained only after their dilution.

“Mechanization, electrification and automation in mines”