

OPASNOSTI OD STATIČKOG ELEKTRICITETA U GUMARSKOJ INDUSTRIJI KOD GUMIRANJA PLATNA*

Naglim razvojem industrije u novije vrijeme, statički elektricitet dobiva sve više na značenju kao neophodan faktor za unapređenje i poboljšanje proizvodnje, odnosno tehnološkog procesa. U proizvodnim procesima upotrebljavamo ga za nanošenje boja, pri odjeljivanju prašine, pri rastavljanju fino-zrnastih tvari, kod obrade papira i tekstila da produkti dobiju barsunast izgled i drugo.

Kako god bio neophodan pri pojedinim tehnološkim procesima, statički elektricitet je vrlo opasan kao faktor koji uzrokuje teške nesreće. Statički elektricitet ispoljuje svoje negativno djelovanje putem iskrenja ili putem strujnih udara na radnika.

Samo djelovanje statičkog elektriciteta u industriji nije opasno, pod uvjetom da se u blizini ne nalazi smjesa zapaljivih plinova, para ili smjesa prašine sa zrakom, odnosno kisikom. Ako se navedene smjese nalaze u neposrednoj blizini i u granicama eksplozivnosti (što je redoviti slučaj kod strojeva za gumiranje platna) neminovno će doći do požara ili eksplozije.

Također i strujni udari statičkog elektriciteta za radnika nisu opasni ako se obavlja jednostavan rad na bezopasnom mjestu. Međutim, ako radnik obavlja rad na opasnom radnom mjestu gdje može doći do teških ozljeda, kao plasticiranje kaučuka na dvovaljku, obrada gumenih predmeta na brusilici, obrada đonova na polirkama ili klackalicama, mljevenju gumenih otpada i slično, gdje je izmje-

ren statički elektricitet i do 40.000 V, a jedna je od najboljih mjera zaštite vrlo velika koncentracija na radu, onda takav strujni udar može biti uzrok, odnosno može izazvati neuobičajen pokret ruku i dovesti do teške ozljede.

Događaji koji dovode do statičkog elektriciteta su usprkos brojnim naučnim istraživanjima i praktičkim iskustvima u mnogome još neriješeni. Tome je razlog što se industrija nije dovoljno zainteresirala za navedenu problematiku i činjenica što se pojave, koje dovode do nabijanja, pražnjenja i paljenja - teško dadu ponoviti.

Gumiranje platna

Gumiranje platna zauzima vrlo značajno mjesto u gumarskoj industriji radi sve većih potreba i primjene za konfekciju, sport, motornu industriju, rekreaciju i sl. Strojevi na kojima se gumira platno vrlo su jednostavne konstrukcije, a sastoje se iz:

- čelične konstrukcije;
- pogonskog mehanizma za pokretanje valjaka;
- radnog valjka iz čelika obloženog gumom;
- noža za regulaciju debljine gumenog nanosa;
- parne grijaće ploče za sušenje gumiranog platna;
- drvenih i metalnih valjaka po kojima putuje platno i
- ventilacionog uređaja za odvod plinova i para otapala.

*„Sigurnost u pogonu“, br. 11/69.

Postupak gumiranja sastoji se u nanašanju gumene smjese (smjesa se sastoji: prirodni ili sintetički kaučuk, toluol odnosno benzin i boje) na platno.

Radnik uzima pomoću čelične lopatice gumenu smjesu iz limene posude i stavlja je na platno koje se pomiče, ispred noža za regulaciju debljine gumenog nanosa, za tešku konfekciju, a za laku konfekciju umjesto čeličnom lopaticom, gumenu smjesu nalijeva na platno iz limene posude.

Platno s gumenim nanosom putuje dalje preko drvenih i metalnih valjaka ispod bodljikavog odvodnika (slika 1) za odvođenje statičkog elektriciteta u zatvoren prostor, gdje se nalaze parne grijače ploče koje pospješuju isparavanje otapala i sušenje gumiranog platna.

Prilikom izlaza iz zatvorenog prostora sa parnim grijaćim pločama, platno prelazi preko drvenih i metalnih valjaka ispod parnih grijaćih ploča do zadnjeg valjka za namatanje već gumiranog platna. Ovakav postupak ponavlja se nekoliko puta, već prema tome zašto je gumirano platno predviđeno kao: kišne kabanice, sportske torbe, šatore i drugo. Nakon toga platno se premata na metalne valjke, odnosi na dubliranje te iza toga u autoklav na vulkanizaciju.

Opasnosti kod gumiranja platna

Tehnološki proces gumiranja platna poznat je po svojim opasnostima od požara i eksplozija kojima je obično uzrok statički elektricitet koji nastaje:

- rastavljanjem ili podizanjem jednog krutog tijela sa drugog;
- trenjem između krutih tvari;
- istovremenim rastavljanjem, podizanjem i trenjem;
- trenjem između krutih tvari i tekućina;
- trenjem između krutih tvari i plinova;
- trenjem između krutih tvari i prašine ili međusobnim trenjem čestica prašine;
- trenjem između tekućina i plinova, na primjer pri raspršavanju tekućina, a svoje negativno djelovanje ispoljuje iskrenjem, i na taj način može upaliti eksplozivnu smjesu, ako se ona nalazi u granicama eksplozivnosti. U tabeli 1 dat je pregled granica eksplozivnosti.

Tabela 1 - pregled granica eksplozivnosti za otpala u gumenoj smjesi

Tvar	Granice eksplozivnosti	
	donja	gornja
	Sadržaj plina u smjesi sa zrakom u %	
Benzin	1,2	7,0
Toluol	1,3	7,6

Samo nastajanje statičkog elektriciteta i njegovo nakupljanje ne odnosi se samo na strojeve za gumiranje platna, i njihove prateće strojeve u koje spadaju: mješalica za pripremu gumene smjese i dublirka za sastavljanje gumiranog platna, nego i na zaposlene radnike.

Na navedenim strojevima statički elektricitet nastaje kod:

Mješalice za pripremu gumene smjese

- zbog slobodnog pada otapala u prostor za miješanje;
- kod slobodnog pada gumene smjese iz mješalice u limenu posudu.
- kod miješanja kaučuka i otapala;

Strojevi za gumiranje platna

- zbog razdvajanja gumene smjese kod uzimanja sa čeličnom lopaticom;
- kod odvajanja platna od platna sa valjka;
- slobodnim padom gumene smjese na platno iz limene posude;
- trenjem gumiranog platna i valjka;
- zbog odvajanja gumiranog platna od valjka;
- kod savijanja gumiranog platna preko valjka;
- savijanja gumiranog platna preko gumenog platna na valjak;
- odvajanjem gumiranog platna od gumiranog platna sa valjka, kod ponovljenog nanašanja gumene smjese.

Dublirke za sastavljanje gumiranog platna

- odvajanjem gumiranog platna od gumiranog platna sa valjka;
- trenjem gumiranog platna i valjka;
- kod savijanja gumiranog platna preko gumiranog platna na valjak.

Također moramo navesti nastajanje statičkog elektriciteta kod remenskih pogona i to:

- trenjem remena o remenicu;
- odvajanjem remena od remenice;
- savijanjem remena;
- i u manjoj mjeri trenjem atmosfere i remena.

Međutim klinasti remeni koji se upotrebljavaju na tim strojevima manje su sposobni za proizvodnju statičkog elektriciteta od plosnatih, ali ih ipak treba slično štiti kao i plosnate. U tabeli 2 navedene vrijednosti uzete su iz literature, a dio je utvrđen mjerenjima u Švicarskoj.

Opasnosti koje dolaze od zaposlenih radnika

Na radnim mjestima gumiranja platna, a s obzirom na prisustvo lakozapaljivih tekućina i njihovih plinova i para, koje sa zrakom čine eksplozivne smjese, mora se analizirati i proučiti sposobnost ljudskog tijela da bude nabijeno statičkim električtetom, koje pod izvjesnim okolnostima može biti uzrok zapaljenja eksplozivne smjese.

Skupljanje takvih naboja na pojedincu ovisno je o vlažnosti atmosfere i o suhoći njegove kože. Jedan od najvažnijih faktora u tom pogledu, a koji se daje i najlakše kontrolirati, je vrsta obuće. Tamo gdje su cipele dobar izolator, kao što je to slučaj s gumenim đonovima ili gumenim čizmama, množina statičkog elektriciteta nastalog na zaposlenom mnogo je veća, nego kod upotrebe đonova od kože užeta ili drugog sličnog materijala. Cipele sa kožnim đonovima upijaju nešto od vlage ili znoja pa na koncu postaju do stanovite mjere vodiči i dozvoljavaju odvod statičkog elektriciteta odmah kako nastaje. Gumeno ljepilo, koje se upotrebljava kod nekih proizvodnja cipela, može smanjiti vodljivost kožnatih đonova. U nekim slučajevima upotrebljavaju se cipele sa neiskrećim čavlima, koji se produžuju kroz đonove. Čarape od vune svile ili sintetičkih materijala ne smiju se upotrebljavati jer bi mogle predstavljati dovoljnu izolaciju, koja bi učinila bezvrijednim vodljive đonove. Vodljive cipele vrijede samo ondje, gdje je i površina poda vodljiva.

Nošenje rublja od najlona ili vune također predstavlja opasnost u pogonima za gumiranje platna od statičkog elektriciteta, gdje je utvrđen naboj i do 60.000 V.

Stanovite osobe imaju veću sposobnost za skupljanje statičkih naboja od drugih. To se daje vjerojatno rastumačiti razlikom u množini vlage na koži. Kod osoba sa jako suhom kožom postoji manja vjerojatnost za rasipanje statičkog elektriciteta koji se stvara, nego kod osoba s normalno vlažnom kožom. Praćenjem i analizom slučajeva gdje se pojavio statički električtet kod stanovite osobe, mogu se utvrditi one osobe, koje su sklone statičkom nabijanju. Takve osobe treba premjestiti na radna mjesta, gdje ne postoji opasnost od statičkog elektriciteta.

Također postoji mogućnost da zaposleni pokupe statičke naboje, koji su nastali na nekom stanovitom uređaju. Naboji ostaju onda na njihovom tijelu, dok se tijesno ne približe nekom uzemljenom predmetu, pa se naboj izbije iskrom preko zračnog sloja. Zato u slučajevima, kada zaposleni ulaze u opasni pogon, treba predvidjeti skoro automatske mjese zaštite, odnosno mjere za njihovo uzemljenje.

Tabela 2 - Naponi nastali statičkim nabijanjem

Nabijanje	Napon (V)
Radnik koji hoda na gumenim đonovima	1.000
Radnik koji hoda na gum. đonovima po sagu	14.000
Vuna i benzin pri pranju	5.000
Sintetska vlakna pri preradi	9.000
Guma u strojevima za gumiranje	20.000
Guma u strojevima za rezanje	150.000
Pogonsko remenje kod brzine	
od 3 m/s	25.000
od 10 m/s	50.000
od 15 m/s	80.000
Benzin pri slobodnom padu	4.000
Benzol pri strujanju kroz željeznu cijev kod 1,5 at	3.500
Plinovi pri strujanju iz plinskih boca	9.000

Kao što je vidljivo iz tabele 2, postoji izvještaj broj podataka koji se odnosi i na tehnološki proces gumiranja platna. Ako kod toga uzmemo u obzir pojedina praktička iskustva i neke teoretske postavke, da opasnost od statičkog elektriciteta postoji iznad 300 V, onda prema navedenim vrijednostima možemo zaključiti da je opasnost stalno prisutna i da je potrebno provesti solidne mjere sigurnosti.

Osim opasnosti od statičkog elektriciteta koji nastaje na opisan način pri tehnološkom procesu gumiranja platna i zaposlenim radnicima, postoji još opasnost od opekotina kod požara ili eksplozija i opasnost od oštećenja zdravlja radnika.

Prilikom naglog izbijanja požara ili eksplozije uposleni radnik se ne može dovoljno brzo udaljiti od stroja već je u nekim slučajevima zahvaćen požarom. To je tim opasnije, što je uposleni u neposrednom kontaktu sa gumenom smjesom, a izvjesna manja količina se nalazi i na rukama te kod zapaljenja dolazi do težih opekotina. U tom slučaju uposleni nije u mogućnosti, da dovoljno brzo i efikasno intervenira, pa su i materijalni gubici daleko veći. Tako je na primjer u jednom zagrebačkom poduzeću šteta nastala požarima ili eksplozijama i nastalim ozljedama u 1965. godini bila oko 5,000.000.-dinara ne računajući indirektno troškove kao: zastoj u proizvodnji, čišćenje i popravak stroja, pomicanje rokova isporuke, stajanje strojeva i uposlenih radnika koji su pomogli kod gašenja požara, obučavanje drugog radnika i slično. Ovi troškovi nisu utvrđeni a sigurno su daleko veći od direktnih troškova.

Pojave požara ili eksplozija na pratećim strojevima za gumiranje platna daleko su rjeđe, ali se tim strojevima također mora pokloniti puna pažnja i poduzimati mjere sigurnosti, kao i kod strojeva za gumiranje platna.

Opasnosti koje se odnose na oštećenje zdravlja radnika uglavnom proizlaze iz upotrebe benzina i toluola, kao otapala, koja se upotrebljavaju pri tehnološkom procesu izrade gumenog smjese i kod gumiranja platna. U koncentracijama od 100-500 ppm nastaju simptomi kao: glavobolja, mučnina, slab apetit, loš ukus, umor, te koordinaciona oštećenja, a sa porastom koncentracije plinova i para u atmosferi, gornja oštećenja i simptomi su u porastu. U tabeli 3 je dat pregled MDK za plinove i pare otapala.

Tabela 3 - MDK za plinove i pare otapala

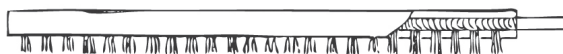
Tvar	MDK za plinove i pare otapala	
	cm ³ /m ³ ili ppm	mg/m ³
Benzin	125	500
Toluol	60	200

Uspoređujući podatke u tabeli 3 sa tabelom 1 možemo ustanoviti da nije dovoljno eliminirati eksplozivnu smjesu samo ispod donje granice eksplozivnosti, jer će nam u tom slučaju koncentracija plinova i para otapala biti iznad MDK, nego ju moramo smanjiti daleko više, za zaštitu zdravlja uposlenih radnika.

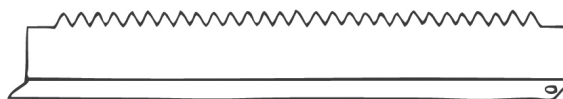
Rješenjem navedenih problema postiglo bi se znatno smanjenje opasnosti od požara i eksplozija, povećala sigurnost radnika u pogledu ozljeda i oštećenja zdravlja, te smanjili troškovi u radnim organizacijama.

Postojeća stanja sigurnosti na strojevima za gumiranje platna i u njihovoj neposrednoj okolini

Kao zaštita od statičkog elektriciteta na strojevima za gumiranje platna postoje samo bodljikavi odvodnik (slika 1) smješten između noža za reguliranje gumenog nanosa i parnih grijaćih ploča iznad gumiranog platna, i vertikalno sa bodljikavim odvodnikom ispod gumiranog platna češalj, za tiho pražnjenje (slika 2) spojeni za uzemljivač.



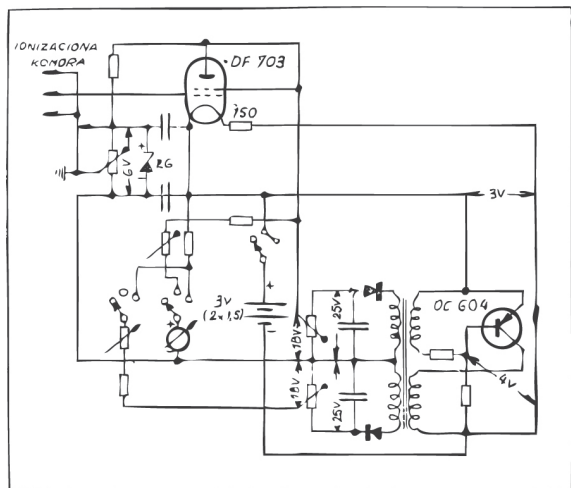
Slika 1



Slika 2

Podovi ispred strojeva i u neposrednoj okolini izvedeni su obično iz betona, ali sa naslagama osušene gumenog smjese, te djeluju kao nevodič.

Strojevi su konstrukcijski izvedeni s jednim, odnosno s dva odsisna mjesta iz zatvorenog prostora s parnim grijaćim pločama, za odvod plinova i para otapala (slika 4).



Slika 3

Ispred strojeva nalaze se limene posude s gumenom smjesom koje nisu uzemljene.

Radnici koji rade na gumiranju platna nose pojedine dijelove rublja od sintetike i vune, te obuću koja nije vodljiva (gumeni ili plastični đonovi).

Prateći strojevi, mješalice za izradu gumenе smjese i dublirke za sastavljanje gumiranog platna, također su rijetko gdje zaštićeni od opasnosti koje nastaju pri tehnološkom procesu, što sve zajedno nije dovoljno da se postigne zadovoljavajući stupanj sigurnosti kako za uposlene radnike tako i za sredstva radne organizacije.

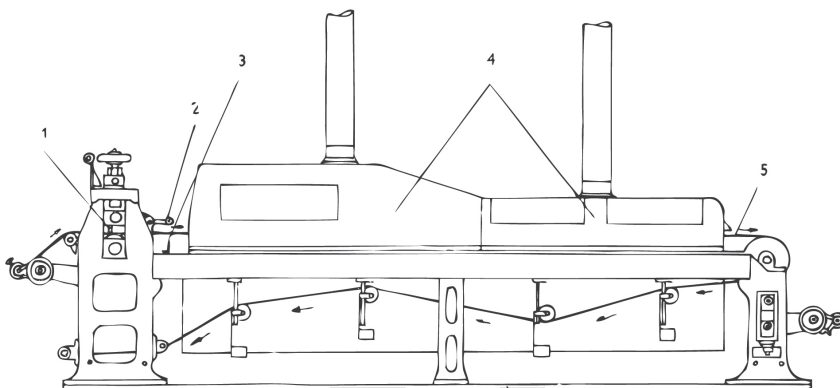
Instrumentat za mjerenje i utvrđivanje prisutnosti statičkog elektriciteta

Način na koji ćemo najlakše ustanoviti prisutnost statičkog naboja i njegov intenzitet na pojedinim tačkama stroja - najbolje se može utvrditi pomoću statometra, dok se za mjerenje područja eksplozivnosti zapaljivih plinova i para otpala služimo eksplozimetrom MSA.

Statometrom utvrđujemo prisustvo statičkog elektriciteta i jačinu naboja. Princip mjerenja je slijedeći: pomoću radioaktivnog elementa (radium), koji je učvršćen, vrši se zračenje jedne ionizacione komore konstantnom dozom zračenja ($10 \mu\text{C}$). Ionizaciona komora s jedne strane ima otvor kroz koji prodire mjereno polje i ubrzava ione stvorene radioaktivnim zračenjem, te tako u komori nastaje struja, proporcionalna jakosti mjenog polja. Otvor komore snabdjeven je blendom pomoću koje se određuje mjerno područje. Nastala ionizaciona struja se pojačava pomoću elektronke i vodi na instrument za pokazivanje.

Na slici 3 prikazana je shema statometra nje-mačke firme Herfurth, koji je izveden po američkoj licenci Radio Corporation.

Kako se iz sheme vidi, centralna elektroda ionizacione komore vezana je direktno na rešetku elektronke DF 703. Cijev je vezana kao trioda, a anodni napon dobiva se preko tranzistorskog pretvarača, koji radi sa OC 604 i napaja se sa redno vezane dvije baterije od po 1,5 V. Baterije služe i za grijanje cijevi, pri čemu se pomoću otpornika R3 od 150 ohma snižava napon baterija na 1,2 V.



Sl. 4. Midget impinger

1. nož za regulaciju debljine gumenе smjese, 2. bodljikavi odvodnik za odvod statičkog elektriciteta,
3. češalj za odvod statičkog elektriciteta, 4. zatvoren prostor sa parnim grijaćim pločama, 5. platno

Struja ionizacije komore je vrlo mala i iznosi 10-10 A. Zato statometar mora biti dobro zaštićen od vlage, jer bi nastalo odvođenje koje bi pokvarilo rezultate mjerenja. Podešena nula pri komori se stabilizira pomoću cenerove diode Z 6. Podešavanje se vrši pomoću potenciometra, a biranje osjetljivosti, odnosno mjernog područja pomoću preklopnika. Na instrumentu postoje tri skale, jedna gruba s nul tačkom u sredini, pri čemu se kazaljka kreće lijevo ili desno u zavisnosti od polariteta naboja, i dvije s nul tačkom na početku za precizna mjerenja pozitivnog, odnosno negativnog elektrostatskog naboja.

Rezultati mjerenja statičkog elektriciteta u jednoj radnoj organizaciji, na pojedinim tačkama stroja za gumiranje platna i područja eksplozivnosti plinova i para otapala.

Stroj za gumiranje platna

Statički elektricitet:

- ispred noža za regulaciju debljine gumene smjese 25.000 V;
- iza noža za regulaciju debljine gumene smjese 12.000 V;
- ispod bodljikavog odvodnika 10.000 V;
- izlaz iz zatvorenog prostora sa parnim grijaćim pločama 7.000 V;
- kod valjka za namatanje već gumiranog platna 20.000 V.

Koncentracija plinova i para otpala:

- iznad posuda sa gumenom smjesom i u krugu od 1 m, smjesa plinova i para otpala i zraka u granicama eksplozivnosti;
- na prostoru odmotavanja platna do parnih grijaćih ploča, smjesa u granicama eksplozivnosti, a povremeno prelazi gornju granicu eksplozivnosti i naglo vraća u područje eksplozivnosti.

Mješalica za izradu gumene smjese

- ulijevanje otapala u mješalicu 6.000 V;
- miješanje smjese 20.000 V;
- slobodnog pada gumene smjese iz mješalice u limenu posudu 15.000 V.

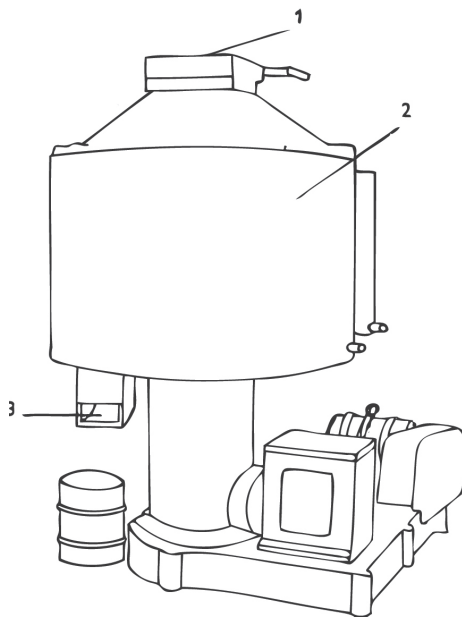
Koncentracija plinova i para otapala:

- kada je mješalica otvorena, smjesa zapaljivih plinova i para, nalazi se u granicama eksplozivnosti;
- u prostoru oko mješalice, kod otvora za ispuštanje gumene smjese i elektromotora, smjesa zapaljivih plinova i para nalazi se 20% ispod donje granice eksplozivnosti.

Dublirka za sastavljanje gumiranog platna

Statički elektricitet:

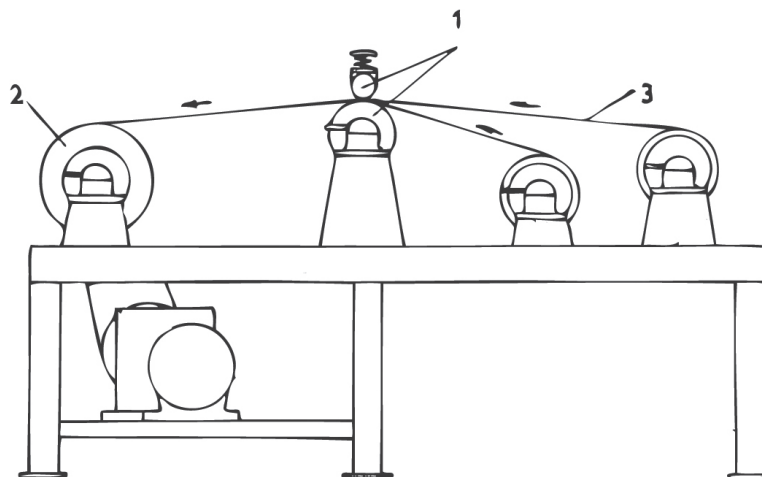
- prostor pred valjcima za sastavljanje platna 6.000 V;
- iza valjaka za rastavljanje gumiranog platna 3.000 V;
- kod valjka za namotavanje gumiranog i sastavljenog platna 18.000 V.



Sl. 5. Mješalica za izradu gumene smjese
1. otvor za ulijevanje otapala i kaučuka,
2. prostor za miješanje, 3. ispuštanje iz mješalice

Koncentracija plinova i para otapala:

- prostor iznad stroja i sama okolina stroja nije zasićena zapaljivim plinovima i parama otapala u količini značajnoj za požar ili eksploziju, jer se koncentracije kreću između 80-90% i ispod donje granice eksplozivnosti.



Sl. 6. Dublrka za sastavljanje gumiranog platna
1. valjci za sastavljanje gum. platna, 2. valjak za namatanje gum. platna, 3. gum. platno

Prema rezultatima mjerenja i iznesenim podacima vidljivo je, da je inženjerski rizik statičkog elektriciteta kod strojeva u pogonima za gumiranje platna vrlo velik, te da je u većini slučajeva tj. skoro na svim mjestima nastajanja prisutna i smjesa plinova i para u granicama eksplozivnosti.

Navedeni podaci govore nam, da je potrebno sprovesti sve mjere zaštite i upućuju, gdje šta poduzeti, da se te opasnosti svedu na minimum.

Potrebno je također napomenuti, da je izvršeno samo jedno. mjerenje, međutim rezultati govore dovoljno ubjedljivo o postojećoj situaciji i mjerama koje treba poduzeti.

*Haramina Ivan, inž. sig.
Zavod za zaštitu pri radu, Zagreb*

HAZARDS OF STATIC ELECTRICITY IN CLOTH RUBBERIZING

Cloth rubberizing takes an important place in the rubber industry. The technological process involves many fire and explosion hazards, usually due to static electricity. An explanation of the sources of static electricity is given and a detailed survey of safety of operating various kinds of machines presented. Preventive measures against static electricity will be discussed in the next article by the same author.