

## Luženje

### 1. CILJ LUŽENJA IN LUŽILNOST

Delež izdelkov železarske in jeklarske industrije, ki morajo biti v postopku predelave vsaj enkrat luženi, cenijo na 60 %. Ker pa je potrebno v toku proizvodnje določene izdelke večkrat lužiti, si lahko predstavljamo, kako ogromne so količine tega materiala in kakšno važno mesto zavzema v proizvodnji večkrat tako zapostavljeno luženje.

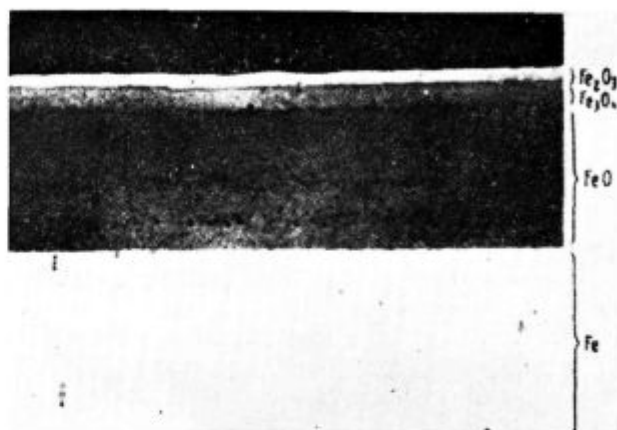
Naloga luženja je odpraviti oksidno oblogo na površini jekla. Ta obloga lahko nastane kot škaja pri postopkih tople obdelave ali v obliki rje kot posledica korozije v vodi ali drugih snoveh. Proces nastanka škaje ima difuzijski karakter in je podvržen parabolničnemu zakonu (debelina oksidnega sloja se večja proporcionalno kvadratnemu korenu časa reakcije). Zaškakanost jekla je določena s hitrostjo difuzije kisika skozi sloj škaje proti kovini in nasprotno z difuzijo kovine skozi sloj škaje. Ta običajno sestoji iz treh različnih oksidov, ki si sledijo od osnovnega materiala proti površini v naslednjem redu:

wüstit  $\text{FeO}$ ,  
magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,

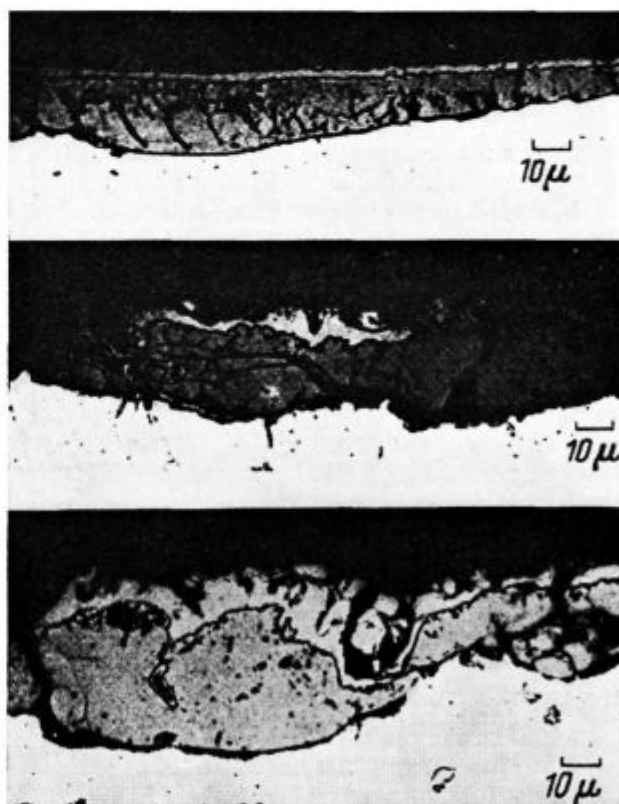
hematiti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ta ima največ kisika in se tvori najbolj na površini.

Škaja jekel, ki vsebujejo več kroma, pa sestoji iz  $\text{FeO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  in  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ <sup>1</sup>. Z večanjem odstotka kroma raste plast  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in se zmanjšuje plast  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , debelina plasti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pa ostane neizpremenjena. Razmerje železovih oksidov je odvisno od sestave jekla, žarilnih pogojev, temperature tople predelave, hitrosti ohlajanja, od legirnih elementov itd. Wüstit se hitro raztaplja v kislinah, druga dva pa dosti težje<sup>2</sup>; po trditvi nekaterih avtorjev sta celo netopna<sup>3</sup>. V praksi stremimo za tem, da se tvori kar najbolj ugodna, t. j. lahko topna plast škaje. Ker pa se pogoji termične obdelave in predelave velikokrat razlikujejo od pogojev za tvorbo wüstita, je treba najti primeren kompromis med njimi.

Na sliki 1 je prikazana plast škaje, ki se je nemoteno razvijala pri žarjenju ( $600^\circ\text{C}$ , 16 ur) najčistejšega železa. Naslednja slika 2 pa kaže, kako vplivajo mehanske in tudi termične spremembe pri toplem valjanju na izoblikovanje škaje in kako tanka je pri določenih pogojih lahko plast wüstita.



Slika 1  
Plasti škaje čistega železa



Slika 2  
Plasti škaje, ki so zaradi zunanjih vplivov nepravilno izoblikovane

**Opomba:** Pri laboratorijskih preizkusih je sodelovala tov. Antonija Segel, pri obdelavi rezultatov pa Boštjan Rode, dipl. inž. Uporabljeno metodo in uporabo elektronskega računalnika opisuje njegov članek v tem zvezku.

(Wüstit — temno jedkan, plast magnezita je malo svetlejša, na zunanjem robu pa je tanka — najsvetlejša plast hematita.)

Na kratko lahko rečemo, da je luženje proces, odvisen od številnih faktorjev:

- od vrste škaže,
- od sestave osnovnega materiala (že majhni dodatki različnih legirnih elementov imajo na tvorbo škaže velik vpliv),
- od vrste in stopnje mehanske predelave,
- od stanja površine, to je od zamazanosti površine in od površinskih napak,
- od vrste in koncentracije lužilnega sredstva,
- od lužilne temperature.

Največji vpliv na lužilnost imata debelina in poroznost plasti škaže. Kislina se vrine med razpoke in pore škaže, topi plast wüstita in lušči skoraj netopna magnetit in hematit. Učinek luščenja se mehansko poveča še zaradi razvijanja vodika. Potek luženja namreč lahko razložimo s teorijo elektro-kemijske korozije. Pri raztapljanju kovine na lokalnih anodah se tvorijo kovinski ioni, medtem ko se na katodah sprošča vodik. Škaža — posebno magnetit, ima vlogo katode, ker je njegov potencial od + 0,8 do - 1,0 V, medtem ko je potencial železa - 0,44 V. Zaradi odlaganja vodikovih ionov na magnetitu, se ta reducira v wüstit, ki je v kislinah topen. Hematit slabše prevaja tok kot magnetit in zato ne more služiti kot katoda.

## 2. NAČINI LUZENJA

### 2.1 — Luženje v močnih kislih raztopinah

Tu razumemo luženje v solni, žvepleni, solitni, fosforni in fluorovodikovi kislini s koncentracijami, ki so določene glede na namen uporabe. Nelegirana jekla se v glavnem lužijo v eni kislini, legirana pa v zmesi več kislin, največkrat v fluorovodikovi in solitni. S koncentracijo in temperaturo lužilne kisline vplivamo na topnost železovih oksidov. Pri reakciji kislin z železovimi oksidi se tvorijo soli in vodik. Stremimo po tem, da je tendenca razvijanja vodika čim manjša, ker ta povzroča vrsto lužilnih napak.

V primerih, kjer lahko uporabljamo več kislin, izbiramo glede na ceno kisline, transportne stroške in možnost čiščenja lužilne raztopine. Napačno je sveže pripravljeno kislino popolnoma izrabiti in njen vpliv povečati s segrevanjem ali dodajanjem sveže kisline. To vodi do nepotrebnih materialnih stroškov in velike količine odpadnih lužilnih kislin.

Poznane so naslednje možnosti prihranka kisline:

- mehanska odprava škaže pred luženjem,
- močno gibanje lužilne raztopine,
- visoke lužilne temperature,
- eno luženje izvesti v več kopelih z različno koncentracijo kisline.

Porabo kisline izrazimo v kg/t jekla ali v kg/m<sup>2</sup> lužene površine.

### 2.2 — Luženje v nevtralnih in slabo kislih raztopinah

Ta lužilna sredstva uporabljamo predvsem tam, kjer je vsakršno razvijanje vodika nezaželeno zaradi nastanka vodikove krhkosti. Tako lužimo škažo notranjih sten cevi plinskih kotlov. Posebno primerna je raztopina FeCl<sub>3</sub>, razni fosfati, organske kisline kot očetna, oksalna, mlečna in v raztopinah soli teh kislin, ki večinoma ne nažirajo kovinskega železa. Kakor je na prvi pogled luženje z organskimi kislinami ugodno, pa predstavlja nevtralizacija odpadne kisline precejšen problem.

### 2.3 — Luženje z alkalnimi sredstvi

Slaba stran luženja v kislinah je, da se razvija vodik, ki povzroča vrsto napak v luženem materialu. Zato je šel razvoj luženja v smeri odškajanja z alkalnimi sredstvi.

To so predvsem vodne raztopine alkalnih soli in alkalne taline, npr. Na hidrid za Cr in Cr-Ni jekla. Postopek luženja z Na hidridom je še vedno precej drag, se pa vedno bolj razvija, izpopolnjuje in uveljavlja.

### 2.4 — Elektrolitsko luženje

Material, ki ga želimo lužiti, je med procesom priključen kot anoda ali kot katoda na enosmerni tok gostote 1 — 20 A/dm<sup>2</sup> ali pa pole med samim procesom luženja menjavamo, da preprečimo difuzijo H<sub>2</sub>. Večinoma uporabljamo višje gostote toka, da zmanjšamo čas luženja.

V primerjavi z luženjem s potapljanjem ima elektrolitsko luženje naslednje prednosti:

- čas luženja je krajši,
- manjša poraba lužine,
- boljši učinek.

Slabe strani pa so visoki obratovalni stroški, zato se uporablja elektrolitsko luženje v glavnem za kontinuirano luženje plemenitih jekel. Kot elektrolit uporabljamo raztopine solne, žveplene in fosforne kisline različnih koncentracij, pa tudi alkalne taline.

### 2.5 — Suho luženje

Lužilno sredstvo pri suhem oziroma plinskem luženju je klorovodik, ki pri približno 200° C reagira s Fe oksidi, tako da tvori dvo- in trivalenten Fe klorid in vodo. Trivalentni se topi pri 285° C in sublimira v toku klorovodika, dvovalentni pa se tali okrog 500° C in je v klorovodiku prav tako neobstoje. Voda reagira s klorovodikom v solno kislino, ki najeda osnovni material, izostane pa difuzija vodika, ker so delovne temperature od 500 do 800° C.

Uporabljamo plinsko mešanico z 20 vol. % HCl, 10 vol. % CO in 70 vol. % N<sub>2</sub>. Čas luženja je kratek (1 min.).

Površina materiala po suhem luženju je zelo lepa. Namesto klorovodika lahko uporabljamo tudi fluorovodik, amonijev klorid in amonijev fluorid.

### 3. VPLIV DODATKOV NA LUZENJE

Razni dodatki pri luženju povečajo efekt luženja in preprečujejo lužilne napake, s tem da odvzemajo razvijajoči se vodik in preprečujejo prevelike kovinske izgube.

#### 3.1 — Inhibitorji

Pri luženju stremimo za tem, da se odloči samo škaja, površina jekla pa ostane nenagrizena. Ker pa je škaja neenakomerno porazdeljena po površini in je tudi debelina neenakomerna, na nekaterih delih materiala še vedno deluje kislina na škajo, medtem ko na drugih že najeda osnovno kovino. Zato dobimo nažrto površino, porabimo več kisline in se tvori več vodika, ki prodira v luženi material.

Dodatke, ki preprečujejo nagriz luženega materiala in ne vplivajo na potek luženja, so v zadnjih 50 letih temeljito preiskali — imenujemo jih inhibitorje. Pionir na tem področju je vsekakor dr. Vogel, ki je že leta 1918 opozoril na prednosti luženja s tako imenovanimi sparbeizami. Prej so kot inhibitorje uporabljali naravne materiale, sedaj pa so kemično sestavljeni z dodatki za tvorbo pene, z Na kloridom itd. Molekularna teža je približno 300, koncentracija pa mora biti 0,03 do 0,1 % inhibitorja. V lužilni raztopini so težko topni. Z inhibitorji prihranimo do 30 % kisline, s čimer je tudi odpadne lužilne kisline manj.

Slaba stran nekaterih inhibitorjev je, da podaljšajo čas luženja, ker odpade mehansko delovanje vodika na odlučenje škaje, vendar pa lahko to izravnamo z mešanjem kopeli.

Dober inhibitor mora zadostiti naslednjim zahtevam:

- biti mora popolnoma ali disperzno—koloidno topen,
- preprečiti mora razvijanje vodika,
- na potek luženja ne sme slabo vplivati,
- ne sme ostati na površini kovine kot film, ki bi se ga pri izpiranju ne dalo odstraniti,
- pri običajnih in povišanih temperaturah mora biti stabilen,
- biti mora poceni.

Način delovanja inhibitorja razlagajo različno. Trdili so, da na metalni površini tvori plast brez por, ki obvaruje kovino nagrizenja. Vendar so pa drugi zopet ugotovili, da je v tej oblogi 60 % por in razvili druge teorije. Na primer pri luženju se tvorijo na jekleni površini anodna in katodna območja. Najedenje kovine povzroča na katodi razvijajoči se vodik. Katodni inhibitorji preprečujejo razvijanje vodika, anodni pa topljenje železa. Nekatere spojine imajo lastnosti enega in drugega inhibitorja. Mnogi inhibitorji vsebujejo do 90 % NaCl, da preprečijo nagriz kisline pri visokih temperaturah, posebno pri jeklih z visokim ogljikom.

Mnogi inhibitorji imajo lastnost, da se pri koncentraciji nad 60 g Fe/l raztopine in nad 80° C izločajo. To se posebno rado zgodi v modernih konti-

nuirnih lužilnih napravah, kjer je zelo kratek čas kontakta med kopeljo in materialom in mora inhibitor reagirati v zelo kratkem času. Zato 25 % teh naprav dela brez inhibitorja.

Učinkovitost inhibitorja spoznamo z merjenjem izgub železa in merjenjem količine razvijajočega se vodika. Vsebnost tega v prisotnosti inhibitorja pade za 90 %.

Vsi raziskovalci ugotavljajo, da je za vsak primer luženja potreben drug inhibitor, preizkušen v laboratoriju, in da so običajno rabljeni inhibitorji zelo različni po učinkovanju. Dobre rezultate so pokazali inhibitorji na bazi dibenzil sulfoksida. Lahko pa so sestavljeni iz različnih mešanic organskih spojin npr. benzola, etlamina, benilakridina, fenil hidrazina in podobno, kar bo pa vedno ostalo poslovna tajna vsakega proizvajalca.

#### 3.2 — Ostali dodatki

V novejšem času se vedno bolj razširja tudi uporaba dodatkov, ki vplivajo kot pospeševalci oz. aktivatorji. Povečujejo močljivost lužine in s tem kontakt med lužino in materialom.

Z uporabo teh sredstev se zmanjša tudi izguba kisline, ki jo po luženju odnesemo iz kopeli, ker spremenijo površinsko napetost lužine. Na ta način prihranimo kislino, izplakovalne in nevtralizacijske kopeli se ne izrabijo tako hitro in je odpadne vode zato manj.

## 4. LUŽILNE NAPAKE

#### 4.1 — Lužilna krhkost

Pri luženju je ogromno možnosti, da ne uspe — predvsem pri luženju v močnih kislinah, kjer razvijajoči se vodik v atomarni obliki prodira v strukturo jekla in zapolnjuje prazna mesta v železovi rešetki. Tako nastanejo v jeklu napetosti, ki poslabšajo mehanske lastnosti. Pojav označujemo kot lužilno krhkost.

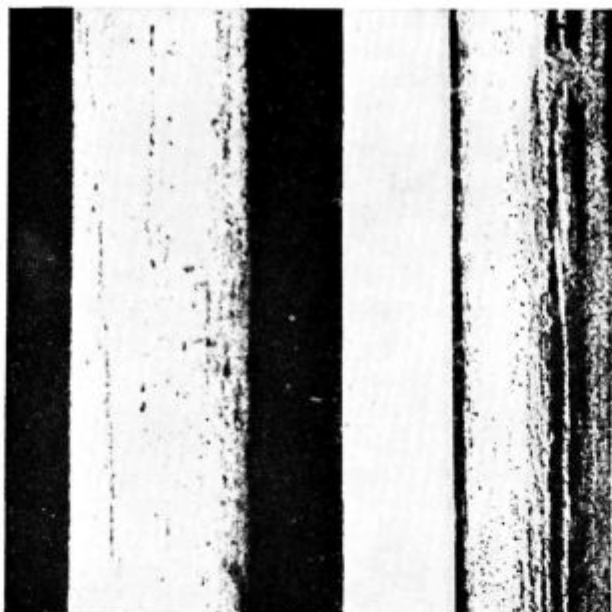
Preprečujemo jo z izbiro pravilne koncentracije in temperature lužine, predvsem pa z uporabo inhibitorja, ki mora biti primeren za vsako vrsto jekla.

#### 4.2 — Zaluženost

Zaluženost je napaka, ki nastopi prav tako zaradi premočnega delovanja kisline, pri čemer se topi kovinsko železo, ogljik pa se izloča na površini materiala kot črna obloga. Ko jo odstranimo, se zelo jasno pokažejo napake na površini (slika 3).

Vzrok zaluženja je predvsem prevroča kislina in predolg čas učinkovanja. Uporabljati moramo inhibitorje, pri bolj občutljivih jeklih celo specialne inhibitorje.

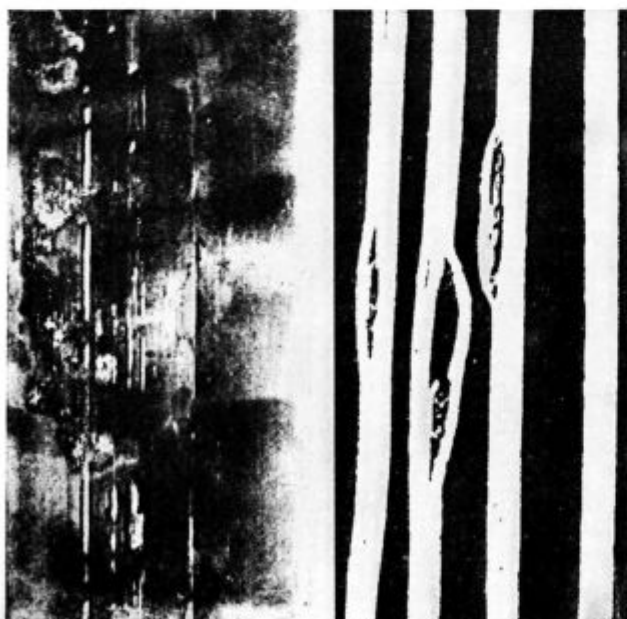




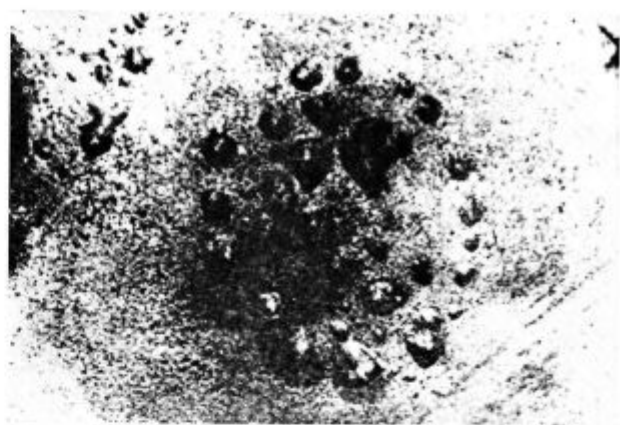
Slika 3  
Zaluženost

#### 4.3 — Lužilni mehurčki

Ta napaka nastopa predvsem pri luženju pločevine. Medtem ko del vodika med luženjem izhaja iz kisline, ga ostane nekaj na površini materiala, prodira vanj in se nabira v mikrolunkejih, ob vključkih itd. Če tako pločevino nadalje termično obdelujemo, se pod vplivom temperature volumen ujetega vodika zveča, kar povzroča nastanek lužilnih mehurčkov (sl. 4, 5). Obseg difuzije vodika je odvisen od debeline luženega materiala, temperature in sestave lužilne raztopine. V žvepleni kislini



Slika 4  
Lužilni mehurčki



Slika 5  
Lužilni mehurčki

vsebnost difundirajočega vodika z naraščajočo temperaturo in koncentracijo kisline narašča. V solnokislinski raztopini, ki je ekvivalentna količini žveplene kisline, je difuzija vodika manjša. Elementi 4. do 6. skupine v periodičnem sistemu kot C, P, As, Sn, S, Pb, Sb, Bi, Se, Te, ki so nagnjeni k tvorbi hidridov, pospešujejo difuzijo vodika v osnovni metal. Zato naj bo v lužilni raztopini čim manj As, Sb in sulfidov.

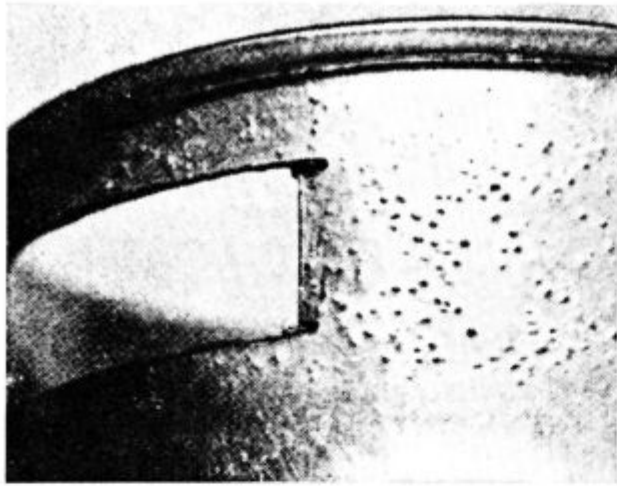
Edini način preprečevanja te napake je zmanjšati možnosti razvijanja vodika z uporabo inhibitorjev. Le v izjemnih primerih je vzrok v materialu samem.

#### 4.4 — Lužilne pore

Ta napaka nastane zelo pogosto pri luženju korozijsko odpornih jekel. Vzrok je lahko že v samem načinu izdelave jekla ali pri luženju zaradi neprimerne mešanice kisline. Posebno neugodne so že izrabljene in umazane lužine, močno prenasočene z železovimi solmi. Pojav je podoben luknjičavi koroziji (sl. 6, 7).



Slika 6  
Lužilne pore



Slika 7  
Lužilne pore

Napako preprečimo tako, da skrbimo, da je lužina sveža in neizrabljena in z dodatki inhibitorja, predvsem pri visoko legiranih, hladno predelanih jeklih.



Slika 8  
Lužilne razpoke

#### 4.5 — Lužilne razpoke

Lužilne razpoke nastopajo zaradi nepravilnega luženja pri pocinkanih delih, zaradi difundirajočega vodika, ki se hoče po pocinkanju zopet sprostiti (slika 8).

Preprečujemo jih tako, da uporabljamo svežo in čisto lužino ter ustreznih inhibitor.

#### 4.6 — Napake emajliranja

Napake emajliranja so zelo različne in skoraj vedno posledica kakršnihkoli lužilnih napak. Samo v primeru, da upoštevamo vse varnostne ukrepe in uporabljamo specialne inhibitorje, lahko iščemo vzroke napak v materialu samem.

#### 4.7 — »Finančne« napake

Važno je omeniti tudi to vrsto napak, ker se s smotrnim luženjem lahko prihrani ogromno sredstev.

Nepotrebno velike porabe kisline lahko zmanjšamo, če skrbimo, da je cilj luženja samo odprava železovih oksidov, to se pravi, ne smemo dopustiti, da kislina nažira tudi osnovni material in se tako razkrajja. Zato uporabljamo inhibitorje.

Često delamo tudi to napako, da hočemo izrabljeno lužino izboljšati z dodatki sveže kisline. Tako »popravljen« lužina vsebuje vedno več železovih soli in so tudi možnosti nastanka lužilnih napak vedno večje. Poleg tega pa je poraba kisline včasih večja, kot če bi pripravili novo kopel. Napol izrabljeno kislino zato raje uporabljajmo za predluženje, ali pa zvišamo njen učinek s segrevanjem in popolnoma izrabljeno zamenjamo.

Včasih se zaradi nevednosti pojavlja tudi mnenje, da je proces luženja pravilen, če kopel kuha in valovi. To pa pomeni samo, da se zaradi učinkovanja kisline na kovino razvijajo precejšnje količine vodika, ki vzburkavajo kopel. Rezultat ni boljše in hitrejše luženje, ampak dragocena izguba materiala.

#### 4.8 — Splošni ukrepi za preprečevanje lužilnih napak

Ze pri vsaki posamezni napaki sem navedla vzroke in načine preprečevanja. Za uspešno luženje je važno upoštevati naslednja navodila:

1. Skrbeti je treba za čistočo v lužilnici.
2. Vse mastne predmete je potrebno pred luženjem temeljito razmastiti. Na mestih, kjer se materiala ne prime voda, tudi lužina ne more učinkovati.
3. Uporabljati smemo le dobro kislino brez arzena.
4. Za vsak material moramo izbrati optimalno koncentracijo, temperaturo in čas luženja.
5. Koristno je gibanje kopeli s posebnimi stroji ali komprimiranim zrakom.

6. Če je mogoče, je priporočljivo imeti za vsako vrsto materiala svojo banjo. Boljše je imeti v lužilnici eno kopel preveč kot premalo.

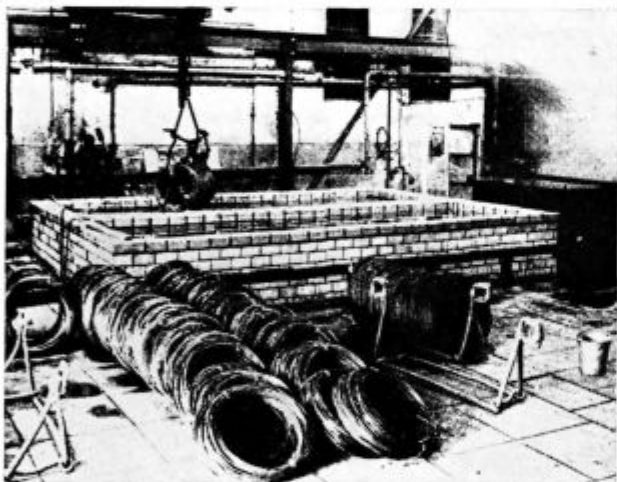
7. Potrebna sta dobro izplakovanje luženega materiala, po možnosti s toplo vodo, in ustrezna nevtralizacija.

8. Videli smo, da skoraj vse lužilne napake lahko odpravimo z dodatki inhibitorja in lahko trdimo, da je uporaba pravilnega inhibitorja ključ za smotrno luženje brez napak. Stroški nabave inhibitorja so zelo majhni v primerjavi s škodo, če luženje ne uspe.

## 5. VRSTE LUŽILNIH NAPRAV

Tehnika luženja je že zelo razvita, poznanih je precej načinov uspešnega luženja in patentiranih veliko naprav, ki zagotavljajo hitro luženje.

Najbolj enostavne so kadi z lužilno kislino, v katere z dvigali s pomočjo košar ali verig potapljammo in dvigamo material (slika 9). Lužilne košare uporabljamo predvsem pri luženju drobnih kosov in so iz trde gume, umetne mase ali kakšnega drugega korozijsko odpornega materiala.

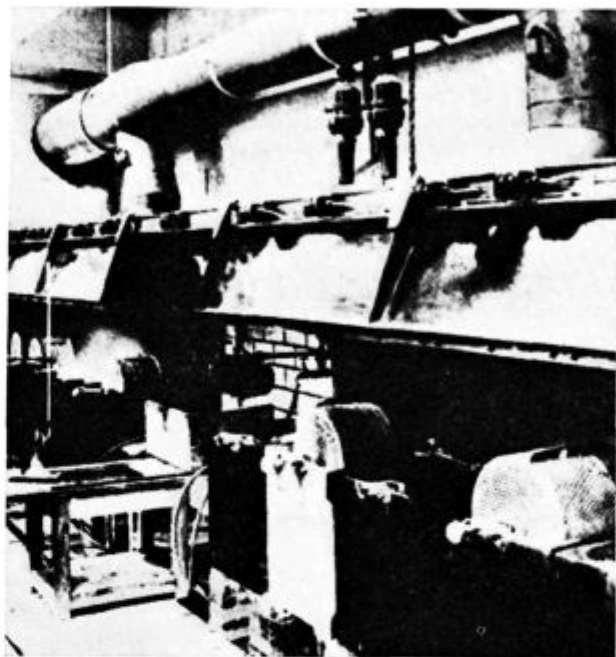


Slika 9  
Kadi za luženje

Kmalu so spoznali, kakšne prednosti nudi gibanje kisline med luženjem. Proces je hitreje končan, zmanjšana je možnost nastanka lužilnih napak zaradi razvijajočega se vodika. Najbolj enostavno je vzburkavati lužino z vpihavanjem komprimiranega zraka v kopel, s prečrpavanjem lužine ali s kakšno drugo napravo, ki se v kopeli sunkovito giblje v dve smeri. Razvoj lužilnih naprav je šel v tej smeri, poznanih je več vrst lužilnic, ki izkoriščajo ta princip.

Pozneje se je izkazalo, da to ni najboljši način luženja, ker se skupaj s kislino giblje tudi vsa usedlina, ki nastaja pri luženju. Ta se vseda na material in lahko povzroča lužilne napake. Boljše

rezultate so dosegli v lužilnicah, kjer so začeli izrabljati način gibanja lužilnega materiala v mirujoči kislini. Najenostavnejše je dviganje in spuščanje materiala v kopel z dvigali ali drugimi nihajočimi napravami. V Nemčiji so znane take lužilnice pod imenom Schaukelbeizen in Beizwippen. Za manjše kose pa so posebno primerne bobnaste lužilne naprave (Beiztrommeln), pri katerih se bobni iz materiala odpornega proti kislinam, v katerih so predmeti za luženje, vrte v kislini (slika 10).



Slika 10  
Bobnaste lužilne naprave

Posebna vrsta lužilnih naprav, ki se uporablja predvsem v obratih s široko izbiro različno oblikovanih predmetov, so tako imenovane tunnelske lužilnice, kjer lužina pod pritiskom 4 atm. brizga na material, ki počasi potuje skozi tunel. Po navadi je tem tunelom priključena tudi izplakovalna, nevtralizacijska in sušilna cona. V industriji te vrste lužilnih naprav vedno bolj izpodrivajo običajne stoječe lužilne kopeli.

Največjo stopnjo mehanizacije pa so konstrukterji dosegli v lužilnicah za luženje trakov in žice. Vse tovarne z večjo proizvodnjo teh dveh artiklov skokoma prehajajo iz stoječih lužilnic na kontinuirano delujoče. Kolobarje trakov pred luženjem zavarijo in po luženju zopet razrežejo, zato so v sklopu kontinuirnih lužilnic tudi naprave za varjenje in rezanje. Trak potuje najprej preko valjev za mehansko odstranjevanje škaje do naprave za topo varjenje in preko enega para vlečnih valjev v vrsto kopeli za luženje, izpiranje in nevtralizacijo. Iz sušilne komore gre trak preko drugega vlečnega para do škarij in navijalne naprave. Nekatere lužilnice so konstruirane celo tako, da lahko

potuje skozi kopeli več trakov vzporedno. To napravo sicer podraži, zveča pa se kapaciteta lužilnice.

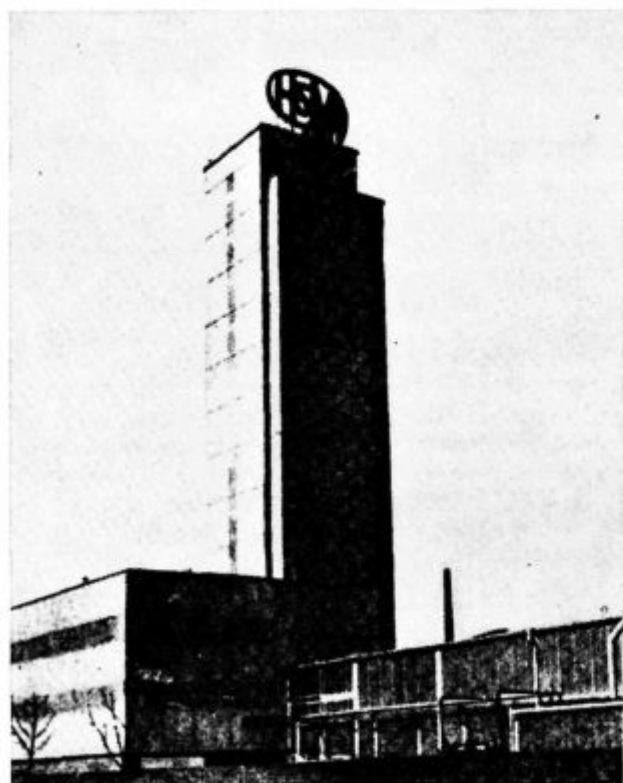
Kontinuirani postopek so še nedavno uporabljali samo za luženje v žvepleni kislini, v zadnjem času pa je poznana tudi kontinuirna naprava za luženje v solni kislini s priključeno kolono za popolno regeneracijo kisline. Poznana je pod imenom Turmbeizanlage, delovanje je cenejše od drugih kontinuirnih naprav. Hitrost potovanja materiala je 150m/min., enako kot pri žveplenokislih kopeh. Luženje se izvrši v stolpu (slika 11, 12).

Za trakove do 10 mm širine precej uporabljajo tudi nekoliko enostavnejše Schraubbeize, kjer vstopa trak preko vodilnega valjčka spiralno v kope in se v njej vrti. Tudi tukaj je potrebna naprava za varjenje in rezanje trakov.

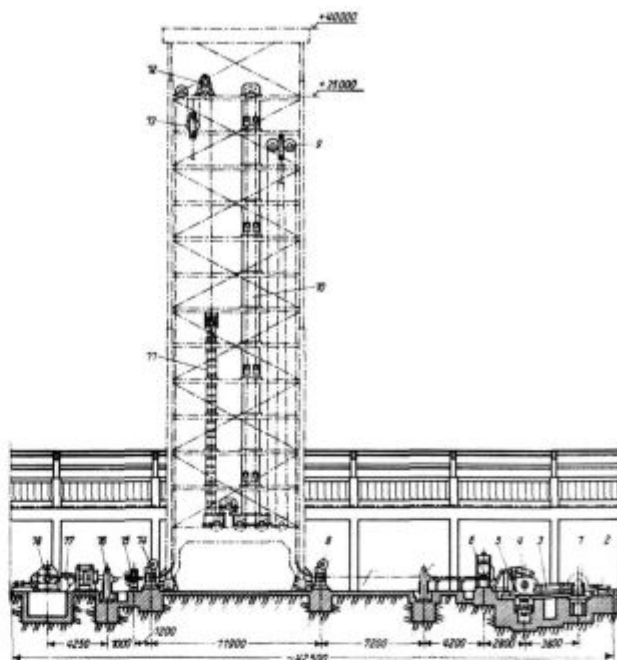
Kjer ni na razpolago dovolj prostora, so se namesto kontinuirnih uveljavile tudi polkontinuirne lužilnice, kjer potuje vsak trak posebej skozi lužilne baterije in odpadejo naprave za varjenje in rezanje.

Za luženje žice je poznana tudi naprava na sliki 13. Mehanskemu odstranjevanju škaje sledi kemično, s kontinuirano vezanimi napravami za izpiranje, sušenje in navijanje.

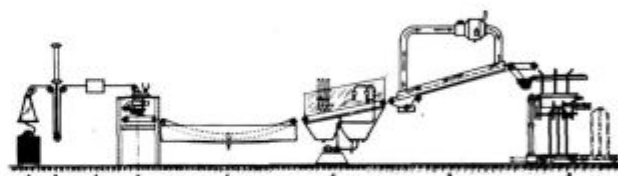
Pri vseh teh vrstah lužilnic odpadejo naprave za gibanje lužine, razen v primeru, ko trak zelo počasi potuje. Takrat je primerno uporabljati za vzbirkavanje lužine ultrazvok.



Slika 11  
Stolpne lužilne naprave

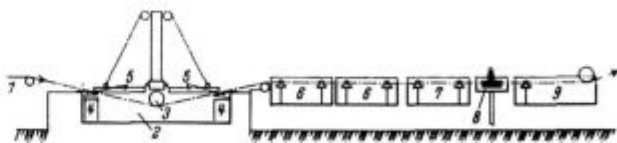


Slika 12  
Stolpne lužilne naprave



Slika 13  
Kombinirana lužilna naprava za luženje žice

V novejšem času so se vedno bolj uveljavile lužilnice z natrijevim hidridom. Postopek luženja, ki so ga pred približno 20 leti začeli razvijati v Ameriki, se še vedno izpopolnjuje, predvsem način, kako pridobiti ustrezno koncentracijo natrijevega hidrida. Zato se tudi naprave za luženje med seboj razlikujejo, posebno konstrukcija prve, hidridne kopeli. Bistvo načina pa je, da žica potuje skozi hidridno kope, katodne in anodne čistilce in preko vodne kopeli v boraksovo (slika 14).



Slika 14  
Naprava za luženje žice z natrijevim hidridom

Naprave za elektrolitsko luženje se razlikujejo od drugih kontinuirnih naprav le po tem, da so ob kopeli ustrezni priključki za električno energijo, ki pa so zelo različno izvedeni.



Pri vseh lužilnih napravah je treba posvetiti dosti pozornosti izplakovalni coni. Ta je sestavljena iz več delov. Izpiranje s hladno vodo pod pritiskom 3 — 5 atm., sledi potapljanje v hladni vodi, ponovno izpiranje v vroči vodi in sušenje na toplem zraku.

Vedno bolj se opušča direktno gretje lužine z uvajanjem vodne pare v kopel, ker se na ta način koncentracija kisline stalno manjša. Uporablja se indirektno gretje z grelnimi elementi v kopeli, ki pa morajo biti visoko korozijsko odporni. Za vse naprave je potrebno uporabljati prvovrstne materiale, ker stalna popravila terjajo veliko več izdatkov, kot so nabavni stroški.

Zelo važne pri vseh vrstah lužilnic so prezračevalne in odsesovalne naprave. Pokrivanje kopeli ni zadosten varnostni ukrep, potrebni so prvovrstni ventilatorji in sesalci, točno preračunani na količino razvijajočih se par in tako nameščeni, da je odsesavanje popolno.

#### 6. Odpadne vode<sup>2, 5, 6, 13</sup>

Kolikor bolj se pojavlja tema: zastrupljanje vode zaradi industrije, toliko bolj pereče postaja troje vprašanj:

- regeneracija lužilne raztopine,
- nevtralizacija odpadne lužine,
- nevtralizacija izpiralnih vod.

Z regeneracijo kisline precej zmanjšamo stroške nabave sveže kisline, skoraj važnejše pa je dejstvo, da tako občutno zmanjšamo količino odpadnih vod. Znani so postopki regeneracije kislin s kristalizacijo in uparevanjem, s pomočjo elektrolize, hidrolize in v ionskih izmenjalcih.

Odpadno lužino in izpiralne vode je treba pred izpustom v kanalizacijo nevtralizirati z apnenim mlekom, sodo in podobnimi sredstvi, ki naredijo kislino neškodljivo. Kovinske soli se pri tem oborijo, kislina sama pa nevtralizira. Mnogim lužinam (kromovi kislini, cianidnim lužinam) je treba dodati še sredstva, ki strupene soli spremenijo v neškodljive.

Enako pereče je tudi vprašanje strupenih plinov, ki se pri luženju razvijajo. V zadnjem času vse bolj prodirajo v industrijo absorpcijske in adsorpcijske komore, preko katerih vodimo pline pred vstopom v atmosfero. V njih so sredstva, ki vežejo nase strupene primese in ostanke kisline v plinu.

#### 7. PREIZKUŠANJE LUŽILNOSTI NEKATERIH JEKEL ŽELEZARNE RAVNE

V korozijskem laboratoriju železarne Ravne smo z različnimi sredstvi in načini luženja skušali ugotoviti najprimernejše pogoje luženja pri izdelavi hladno vlečene in rekristalizacijsko žarjene žice. Preizkušali smo naslednje kvalitete:

- Č.4570 — prokron 2 special  
0,2 % C 16,5 % Cr 1,8 % Ni
- Č.4571 — prokron 11  
0,1 % C 18 % Cr 9 % Ni
- Č.4572 — prokron 11 special  
0,1 % C 18 % Cr 10 % Ni dod. Ti
- Č.4585 — varel 2  
0,15 % C 17 % Cr 9 % Ni 7 % Mn

Oblika preizkušanca pri vseh kvalitetah: približno 100 mm dolgi konci žice,  $\varnothing$  3,5—6 mm. Stanje preizkušancev:

hladno vlečena in rekristalizacijsko žarjena žica.

Program preiskav smo vnaprej planirali s statistično metodo latinskega kvadrata in se tako izognili dolgotrajnemu preizkušanju vsakega posameznega lužila z vsakim od predvidenih časov in temperatur (glej Rode: Latinski kvadrat<sup>4</sup>). Izbrali smo latinski kvadrat 8 × 8 z 8 stanji, računsko metoda sama pa določa, da so potrebni trije vplivni faktorji. To so: sredstva, čas in temperatura luženja. Stanja pa so: osem različnih lužil, osem različnih časov in osem različnih temperatur luženja. Ta stanja so podana v članku ing. Rodeta<sup>4</sup>.

#### 7.1 — Preizkušanje jekla Č.4570 — prokron 2 special

Pri tem jeklu smo naredili dve seriji preizkusov, eno za jeklo, termično obdelano po predpisih železarne Ravne v obratni kalilnici, drugo enako serijo pa z vzorci, termično obdelanimi v laboratorijski kalilnici.

Potek preizkušanja:

Čas predluženja: 30 minut

Sredstva predluženja:

**1 a:** 90 l H<sub>2</sub>O

10 l HCl ( $\rho = 1,32$ )

**2 a:** 7 l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( $\rho = 1,84$ )

3 l HNO<sub>3</sub> ( $\rho = 1,32$ )

90 l H<sub>2</sub>O

**3 a:** 10 l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( $\rho = 1,84$ )

90 l H<sub>2</sub>O

**4 a:** 10 l HNO<sub>3</sub> ( $\rho = 1,32$ )

90 l H<sub>2</sub>O

Sredstva za končno luženje:

**1 b:** 45 l HCl ( $\rho = 1,16$ )

5 l HNO<sub>3</sub> ( $\rho = 1,41$ )

50 l H<sub>2</sub>O

**2 b:** 9 l HNO<sub>3</sub> ( $\rho = 1,41$ )

1 l HF

90 l H<sub>2</sub>O

Uporabili smo naslednje kombinacije luženja in preluženja:

1 ..... 1 a 1 b

2 ..... 2 a 1 b

3 ..... 3 a 1 b

4 ..... 4 a 1 b

5 ..... 1 a 2 b

6 ..... 2 a 2 b

7 ..... 3 a 2 b

8 ..... 4 a 2 b



Dimenzija žice:  $\varnothing$  3,7 mm

Pri vseh preizkušanecih smo določili izgubo teže v % in izgled površine, izražen z rangi od 1—64, pri čemer je 1 najmanj luženi izgled površine, 64 pa najbolj (preveč lužen).

#### 7.1.1 — Rezultati preizkusov za serijo, žarjeno v laboratorijski kalilnici

Analiza variance nam pove, da na izgubo teže najmočneje vpliva temperatura, na izgled površine pa kombinacija lužil.

Z 90 % verjetnostjo trdimo, da je izguba teže pri vzorcih, luženih v vseh jedkalih pri 80° C, bistveno večja kot pri vzorcih, luženih pri 10, 20, 30 in 40° C.

Z 90 % gotovostjo trdimo tudi, da se pomembno razlikujeta kombinaciji lužil 2 in 7, med ostalimi pa ni pomembne razlike. Glede na izgled površine ni nobene kombinacije luženja boljše od 7. To se pravi, predluženje 30 minut v raztopini 3 a in končno luženje v raztopini 2 b.

#### 7.1.2 — Rezultati preizkusov za serijo, ki je bila žarjena v obratni kalilnici

Pri tej seriji vidimo, da nam na izgled površine skoraj v enaki meri vplivata kombinacija lužila in temperatura, na izgubo teže pa ima prav malenkosten vpliv temperatura. Ta vpliv je tako majhen, da niti z 90 % gotovostjo ne moremo trdit, kakšen je in kako vpliva.

Vpliv temperature na izgled površine pa je tolik, da lahko celo z 99 % gotovostjo trdimo, da imajo vsi vzorci, luženi pri 10° C dosti nižji rang od vzorcev, luženih pri ostalih temperaturah; to se pravi, da je 10° C prenizka temperatura, da bi luženje sploh lahko poteklo.

Izbor lužila vpliva na izgled površine z 99 % gotovostjo enako kot pri seriji prob, žarjenih v laboratorijski kalilnici. To potrjuje zanesljivost rezultatov in dejstvo, da se laboratorijsko preizkušanje lužilne sposobnosti dobro ujema z obratnimi pogoji. Izkazalo se je, da poleg kombinacije luženja 7 ustreza tudi kombinacija 5. Ta ima isto sredstvo končnega luženja, različni pa so pogoji predluženja. Iz tega lahko zaključimo, da na izgled površine močneje vpliva način končnega luženja kot pa čas in sredstva predluženja.

### 7.2 — Preizkušanje jekla Č. 4572 — prokron 11 special

Preizkuse tega jekla smo izvršili v treh serijah:

1. serija: luženje brez predluženja in brez inhibitorja,
2. serija: predluženje in luženje,
3. serija: predluženje in luženje z dodatki inhibitorja.

Predluženje: 30 minut v raztopini 10 l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 90 l H<sub>2</sub>O pri sobni temperaturi.

Luženje: sestave lužil so podane kot stanja tretjega vplivnega faktorja v članku ing. Rodeta<sup>4</sup>.

Inhibitor: inhibin T, inhibin S, izdelka tovarne ANTIKOR, Beograd.

Dimenzija žice:  $\varnothing$  5 mm

Po poizkusu smo pri vseh probah določili izgubo teže v % in izgled površine v rangih od 1 do 64, kakor pri prejšnjem poizkusu.

#### 7.2.1 — Rezultati prve serije

Na izgubo teže ne vplivajo pomembno niti čas niti temperatura niti izbor lužila.

Na izgled površine pomembno vpliva izbor lužila. Z 90 % gotovostjo velja, da se lužila 2, 4 in 8 po svojem učinkovanju na jeklo pomembno razlikujejo od ostalih. Za naslednjo stopnjo verjetnosti, to je 95 %, računalnik izloči nekaj vplivov, ki so pri tej gotovosti manj pomembni, z 99 % gotovostjo pa velja le, da imajo rangi lužila 4 pomembno višjo srednjo vrednost kot rangi lužila 7. To glede na izbrani sistem ocenjevanja pomeni, da so vsi vzorci, luženi v lužilu 7, skoraj še ne izluženi, medtem ko so vzorci, luženi v raztopini 4, le še mestoma prekrti z ostanki škaje. Popolnoma čist je pri celi seriji le en vzorec in samo eden je za lužen. Zato je, gledano s tehničnega stališča, prva varianta luženja brez predluženja in brez dodatka inhibitorja za jeklo prokron 11 special precej neučinkovita.

#### 7.2.2 — Rezultati druge serije

Tudi tukaj imajo temperatura, čas in sredstvo luženja le neznamenit vpliv na izgubo teže. Na izgled površine pa pomembno vplivata temperatura in sredstvo luženja, vendar je vpliv temperature dosti manj izrazit kot vpliv lužila. Z 95 % gotovostjo se izgled površine pri 80° C pomembno razlikuje od izgleda pri 10 in 40° C. Pri obeh temperaturah je srednja vrednost rangov nanjžija, jeklo ima še precej ostankov škaje. Pri 80° C imajo ti vzorci le še sledi škaje.

Vpliv izbire lužila na izgled površine je toliko močan, da je pomemben tudi z 99 % gotovostjo. Dobimo enako odvisnost kot pri prvi seriji, in sicer ima lužilo 4 višjo srednjo vrednost rangov kot lužilo 7. Preizkušanci z lužilom 4 spadajo v skupino dobro izluženih prob z malo ostanki škaje.

#### 7.2.3 — Rezultati tretje serije

Na izgubo teže ne vpliva pomembno nobeden od treh zasledovanih vplivov. To velja za vse tri serije poizkusov. Ne smemo pa rezultatov posplošiti in misliti, da teh vplivov ni. Mogoče jih s tem izborom variacij le nismo odkrili. Za vse tri serije smo uporabili enako shemo latinskega kvadrata z namenom boljših medsebojnih primerjav. Rezultati pa so nam pokazali, da bi bilo mogoče boljše uporabiti tri različne sheme, kar smo pri nadaljnjih preizkusih upoštevali.

Na izgled površine v tem primeru enako močno vplivata temperatura in sredstvo luženja.

Srednja vrednost rangov pri 80° C je višja od srednje vrednosti rangov luženja pri 10 in 20° C, ker se statistično pomembno razlikujejo srednje vrednosti rangov, ki pripadajo temperaturi luženja 80 in 20° C. Pri ocenjevanju izgleda površine smo ugotovili, da je z 99 % gotovostjo pomembna le razlika temperature vsaj 60° C.

Izgled površine je odvisen tudi od izbora lužilnega sredstva. Najnižji rang, to se pravi največ škaje ostane na probah, luženih z lužilom 7. Površina teh prob se bistveno razlikuje od prob, luženih s sredstvi 1, 2, 4, 8, ki imajo vse približno isto srednjo vrednost rangov in zelo malo škaje na površini.

Izgled prob kaže, da je luženje jekla prokron 11 special precej zahtevno, škaja se precej trdno drži površine, zato so pri izbranih kislinah potrebne za uspešno luženje višje temperature.

### 7.3 — Preizkušanje jekla Č. 4571 — prokron 11

Preizkušali smo žico Ø 5 mm in po luženju določili izgubo teže in izgled površine v rangih. Tudi tukaj smo preizkusili tri serije prob: samo lužene, predlužene in lužene ter predlužene in lužene z dodatki inhibitorja. Za predluženje smo izbrali vodno raztopino mešanice žveplene in solitrne kisline in čas predluženja podaljšali na eno uro pri temperaturi 50 do 60° C. Lužili smo v istih raztopinah kot jeklo prokron 11 sp. in kisline tudi enako označili. Uporabljali smo iste inhibitorje.

#### 7.3.1 — Rezultati prve serije

Na izgubo teže pomembno vpliva izbor lužila. Analiza variance pokaže, da je največja izguba teže pri vzorcih, luženih z raztopino 1 in da se ta izguba pomembno razlikuje od vseh ostalih. Med ostalimi lužili pa ni glede na izgubo teže nobene pomembne razlike.

Tudi na izgled površine pomembno vpliva le vrsta lužila. Probe, lužene s kislinami 1, 4 in 8 imajo višjo srednjo vrednost rangov kot probe, lužene s sredstvi pri 6 in 7. Največja je razlika med lužili 4 in 7 ter 8 in 7. Lužilo 4 je v tem primeru premilo, probe imajo po luženju na površini še precej škaje. Ostale razlike v izgledu površine niso pomembne. 99 % gotovo je, da dobimo pri luženju z raztopino 1, 4 in 8 povprečno najlepšo površino.

#### 7.3.2 — Rezultati druge serije

Na izgubo teže vpliva enako kot pri seriji brez predluženja samo izbor lužila. Izgube pri luženju z raztopino 1 so bistveno večje od izgub z lužili 4, 5, 6, 7. Ostale razlike so nepomembne.

Na izgled površine ima največji vpliv temperatura luženja. Izkazalo se je, da je 10° C prenizka lužilna temperatura, najbolj ugodne so 60, 70 in 80° C. Med drugimi temperaturami v izgledu površine ni pomembnih razlik.

#### 7.3.3 — Rezultati tretje serije

Na izgubo teže vpliva izbor lužila. Zopet se je izkazalo, da so izgube teže največje pri lužilu 1 in pomembno različne od lužil 4, 5, 6, 7 in 8, ki imajo najmanjše in približno enake srednje vrednosti izgub teže.

Za izgled površine nismo mogli dognati nobenega bistvenega vpliva. Srednje vrednosti rangov vseh treh vplivnih faktorjev se med seboj ne razlikujejo dosti.

Poizkusi so pokazali, da lužilo 1 preveč nažira jeklo prokron 11. Izgube teže so tu bistveno večje od vseh ostalih, enako tudi srednja vrednost rangov. Najvišje range imajo probe, ki so zaluzene in močno izžrte. Izkazalo se je, da so tudi za jeklo prokron 11 potrebne visoke temperature luženja, čeprav podaljšamo čas in zvišamo temperaturo predluženja.

### 7.4 — Preizkušanje jekla Č. 4585 — varel 2

Preiskovali smo žico Ø 5 mm v treh enakih serijah, pri popolnoma enakih pogojih kot pri jeklu prokron 11.

#### 7.4.1 — Rezultati prve serije

Kadar pri jeklu varel 2 ne uporabljamo predluženja, ima na izgubo teže pomemben vpliv izbira lužila. Lužilo 1 se glede na izgubo teže bistveno razlikuje od lužil 3, 6, 7 in 8, ostale razlike med lužili glede na izgubo teže pa niso očitne.

Prvič se je sedaj pokazalo, da na izgled površine vpliva tudi čas. Največja razlika je med srednjimi vrednostmi rangov časa 6 in 1. 90 % gotovo je, da imajo probe, lužene 1 uro 15 minut, večje srednje vrednosti rangov in se pomembno razlikujejo od prob, luženih 10 minut.

Zaznaven je tudi vpliv temperature, saj se z 99 % gotovostjo razlikujejo rangi pri temperaturah 70 in 80° C od rangov pri 10° C. Vse probe so po luženju pri tej temperaturi še vedno močno obdane s plastjo škaje.

Vpliv izbire lužila od vseh treh faktorjev najmočnejše vpliva na izgled površine. Bistveno se razlikujejo srednje vrednosti rangov lužil 1, 2, 4, 8, ki so višje od srednjih vrednosti rangov pri lužilih 3, 5, 6, 7. Največja pa je razlika med lužiloma 4 in 7. Probe, lužene z raztopino 7, imajo prenizke srednje vrednosti, saj so vse ostale več ali manj pokrite s škajo.

#### 7.4.2 — Rezultati druge serije

Na izgubo teže bistveno vpliva le lužilna raztopina. Zopet se je izkazalo, da so največje izgube teže pri lužilu 1 in se zelo razlikujejo od izgub pri lužilu 2, 3, 6, 7 in 8. Ostale razlike medsebojnih kombinacij lužil so nepomembne.

Na izgled površine pomembno vplivata temperatura luženja in lužilno sredstvo. Največja razlika med rangi nastopi pri temperaturah 70 in 20° C.

Probe, ki smo jih lužili pri 70° C, se po izgledu površine pomembno razlikujejo od prob, luženih pri 20° C. Red velikosti ranga pri 20° C pade v skupino slabo izluženih prob. Ostalih pomembnih razlik v temperaturi ni. Pri primerjavi lužil pa se je zopet izkazala zelo pomembna razlika med raztopinama 4 in 7. Raztopina 4 ima višje srednje vrednosti rangov, raztopina 7 pa dosti prenizke. Površina prob je ostala zaškajana tudi po luženju.

#### 7.4.3 — Rezultati tretje serije

Na izgubo teže pomembno vpliva le vrsta lužilnega sredstva. Izguba pri luženju z raztopino 1 se bistveno razlikuje od izgub pri luženju z vsemi ostalimi kisljinami.

Na izgled površine ima v tem primeru največji vpliv temperatura. Največja je srednja vrednost rangov pri 20° C. Tako nizka temperatura se pojavi samo v tem primeru, zato je rezultat nekoliko nezanesljiv in ga bo treba v praksi preveriti.

V vseh treh primerih imamo največjo izgubo teže pri luženju z lužilom 1, lužilo 7 pa je za uspešno luženje varela 2 dosti premilo. Opazimo lahko tudi ugoden vpliv inhibitorja, saj na izgled površine pri luženju z dodatki inhibitorja vpliva le temperatura, medtem ko ima v obeh primerih luženja brez inhibitorja pomemben vpliv tudi vrsta lužila.

#### 7.5 — Zaključek

Pri celotnem pregledu vseh rezultatov v navedenem območju variacij treh vplivnih stanj vidimo, da na izgubo teže kot na izgled površine vedno najmočnejše vpliva vrsta lužilnega sredstva. Vpliv temperature je vedno manjši, najmanjši pa je vpliv časa.

Samo pri jeklu prokron 2 special se je glede na izgubo teže izkazal pomemben le vpliv temperature, drugače pa je vedno ta vpliv podrejen vplivu lužila. Izkazalo se je, da poteka luženje tega jekla razmeroma hitro. 80° C je precej previsoka temperatura luženja, 10° C pa le premalo prenizka. Zadostuje luženje pri običajni temperaturi z lužilno kombinacijo 7, ki je v obeh primerih dala najboljšo površino.

Jekla prokron 11, prokron 11 special in varel 2 so glede luženja precej zahtevna. Skajja se jih krepko drži, potrebne so visoke temperature luženja,

ob uporabi milejšega lužilnega sredstva celo 70 do 80° C. Lužilo 1 se je izkazalo premočno, lužilo 7 pa premalo učinkovito, ker ostanejo vse probe skoraj popolnoma neizlužene. Najbolj ugodne rezultate dobimo pri luženju v raztopini 4, čeprav ni vsaka posamezna proba, lužena v tej raztopini, najlepša. Predno bi se odločili za uporabo tega lužila, bi bilo potrebno še preučiti pogoje časa in temperature, pri katerih je to lužilo najprimernejše.

#### Literatura

1. Babakov A. A., Sinicin P. I.: »Travlenie neržavejuščih stalej«  
Stalj št. 7, 1. 1957, str. 631
2. Dembeck H.: »Fortschritte auf dem Gebiet des Beizens und der Behandlung von Beizabwässern«  
Stahl und Eisen št. 27, 1. 1964, str. 1873
3. Bullough W.: »Pickling, descaling and derusting of steels«  
Metallurgica Reviews št. 8, 1. 1957, vol 2, str. 391
4. Robe B.: »Latinski kvadrat«  
Zelezarski zbornik št. 2, 1. 1969
5. Delille J.: »Verringerung der Spülwassermenge beim Beizen von Draht mit Salzsaurer Beizlösung«  
Stahl und Eisen št. 27, 1. 1964, str. 1853
6. Montes A.: »Neue Verfahren zur Behandlung und Vermeidung von Beizereiabwässern«  
Stahl und Eisen št. 27, 1. 1964, str. 1841
7. Villmer T.: »Einsatz von Ionenaustauschern zur Behandlung von Beizereispritzwässern«  
Stahl und Eisen št. 27, 1. 1964, str. 1849
8. Delille J.: »Beizen von Draht mit Natriumhydrid«  
Stahl und Eisen št. 27, 1. 1964, str. 1865
9. Hoeck G.: »Das Beizen von Blechen unter Berücksichtigung von Beizfehlern«  
Industrie — Anzeiger št. 34, 1. 1956, str. 490
10. Pollack A.: »Sparsames Beizen in Theorie und Praxis«  
Metalloberfläche št. 2, 1. 1955, str. 17
11. Müller B.: »Anwendung phosphorsäurehaltiger Beizmittel zur oberflächenbehandlung von Stahl und Eisen«  
Die Technik št. 11, 1. 1962, str. 762
12. Labergere J.: »Moderne Nass-Beizanlage für Draht«  
Draht Fachzeitschrift št. 10, 1. 1964, str. 677
13. Diez G., P. Niedner: »Möglichkeiten der Regeneration verbrauchter Beizbäder«  
Industrie — Anzeiger št. 56, 1. 1965, str. 1303
14. Jaray F.: »Continuous Pickling Stainless Steel«  
Metal Finishing št. 3, 1. 1955, str. 68
15. Machu: Oberflächebehandlung von Eisen und Nichteisen Metallen.  
Leipzig 1957
16. Straschill M.: Neuzeitliches Beizen von Metallen  
Salgau / Wttbg 1961
17. Hoeck G.: Beizbuch 1960, Düsseldorf
18. Strojnik F.: Luženje nerjavnih jekel z lugji  
Poročilo Metalurškega inštituta 1964

#### ZUSAMMENFASSUNG

Es sind zunächst einige Literaturangaben über die Rolle und die Aufgaben des Beizens, über die Beizmittel und Beizanlagen und über die am häufigsten Fehler die hier auftreten gegeben. Im einzelnen sind die Ergebnisse der Beizversuche aus dem Korrosionslaboratorium des Hüttenwerkes Ravne angegeben. Damit wollten wir die günstigsten Bedingungen für das Beizen der kaltgezogenen und rekristallisationsgeglühten beziehungsweise der abgeschreckten Drähte feststellen. Die Versuche wurden an Drähten der Qualität C. 4570 — Prokron 2 Special, C. 4571 — Prokron 11, C. 4572 — Prokron 11 special, C. 4585 — Varel 2 durchgeführt.

Der Versuchsprogramm wurde mit der statistischen Methode des lateinischen Quadrates vorausplanisiert. Der Vorzug dieser Versuchsmethode liegt darin, dass wir mit einer verhältnismässig kleinen Probenzahl zu den ebenso zu verlässigen Ergebnissen gelangen wie mit der klassischen Versuchsmethode. In unserem Beispiel haben wir für jede Drahtqualität nur 64 Versuche statt den 512 klassischen gebraucht, die Ergebnisse sind aber genau so klar und zuverlässig. Damit haben wir auch den Nutzwert dieser Methode bei der Bewertung der statistisch planierten Versuche festgestellt und bestätigt.



## SUMMARY

At the beginning of the paper literature data about the importance and task of pickling, about the ways and equipment for pickling, and about the most common faults are compiled. Separately results of experimental pickling in corrosion laboratory at Ravne Ironworks are presented, which helped us to determine optimal conditions for pickling of cold drawn and annealed above the recrystallisation temperature, or quenched wire respectively. Wires of qualities C.4570 — prokron 2 special, C.4571 — prokron 11, C.4572 — prokron 11 special, and C.4585 — varel 2 were tested.

The testing scheme was planed beforehand using the statistical method of latin square. The advantage of this testing method is that results are obtained from relatively small number of experiments and they are just as reliable as given by standard way of testing. In our case for each wire quality only 64 experiments were necessary instead of standard 512 ones, but results are just as clear and reliable as by the old method. Thus the validity of the method itself was stated and confirmed, as well as its usefulness in valuating of statistically planed research.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье собраны некоторые сведения о находящейся в распоряжении литературы, о роли и задачах щелочения, средств и снаряжений для щелочения а также о наиболее частых пороках. Сообщается исследование опытног щелочения в коррозионной лаборатории металлургического завода Равне (Ravne, Železarna Ravne), на основании которого надо было определить самые подходящие условия щелочения проволоки после холодного волочения и рекристаллизационног отжига. Испытаны проволоки марок: C.4570-Prokron 2 special, C.4571-Prokron 11, C.4572-Prokron 11

special, C.4585-Varel 2. Програм исследования был планирован при ная сторона этого способа исследования состоит в том, что с сравнительно небольшим количеством опытов, в сравнении с классическими исследованиями, получены достоверные результаты. При описаном исследовании для каждой марки проволоки необходимо было всего 64 опыта; для одинакового результата классическим методом надо бы было 512 опытов. Полученные результаты одинаково ясны и достоверны. Исследованием утверждена ценность самого метода и его употребительность при планировании исследования при помощи статистики.