

DK 621.785.666

O sodobnem kaljenju v solnih kopelih*

(Kalični postopek Durferrit)

KARL WINTERER

Postopek Durferrit izhaja iz oddelka Durferrit v podjetju »Degussa« (Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt) v Frankfurtu ob Meni. Ze več ko 30 let se ukvarja ta oddelček z razvijanjem vedno bolj izpopolnjenega kalilnega postopka s posebnim upoštevanjem tehnike kaljenja v solnih kopelih. Za ta namen ima na uporabo posebnim zahtevam te kalilne tehnike prilagojene raziskovalne in preizkusne pripomočke in tako tudi veliko preizkusno kalilnico (sl. 1), v kateri kalijo mesečno po 50 000 do 70 000 kg najrazličnejših predmetov, nadalje sodoben kemijski laboratorij, velik metalografski laboratorij, v katerem je bilo opravljeno doslej mnogo nad 100 000 metalografskih preiskav, in vrh tega še zelo številne najsodobnejše znanstvene instrumente in naprave.

Močno razviti obrati za proizvodnjo izdelkov Durferrit kakor tudi lastna izdelovalnica kalilnih peči, v kateri se izdelujejo skoraj vse za kalilno tehniko potrebne vrste peči (sl. 2, 3, 4, 5 in 6) in prevzemajo tudi projektiranje in opremljanje popolnih kalilnic (sl. 7 in 8), nadalje lastna izdelovalnica naprav za merjenje in regulacijo temperature, predvsem pa vrsta kalilnih strokovnjakov so značilni za ta specializirani obrat s svetovnim slovesom.

V naslednjem navajamo najvažnejša delovna področja obrata Durferrit.

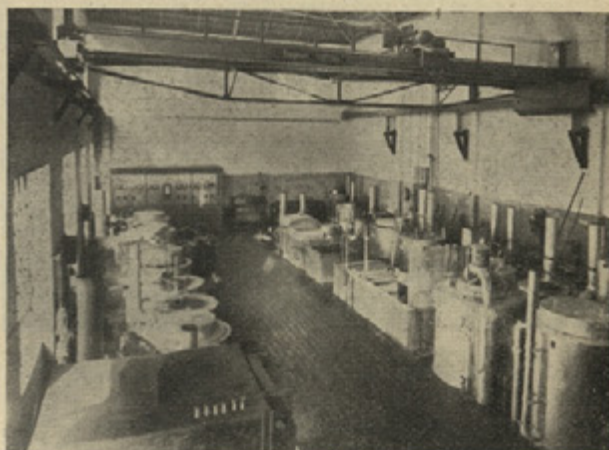
1. KOPELI ZA OGLJIČENJE

Vse te kopeli so sestavljene na bazi cianovih soli. Te so lite v jajčasti obliki (sl. 9 in 10) zaradi zaščite proti kvarnemu vlaženju iz zraka in preprečevanja nadležnega prašenja pri rabi. Sestava in primenjava soli za ogljičenje sta prilagojeni zelo različnim obratnim zahtevam glede globine ogljičenja, načina gašenja in uporabljenih količin. V bistvu je treba razlikovati dve veliki skupini, in sicer neaktivirane in aktivirane kopeli.

a) Neaktivirane kopeli

Prva skupina obsega kopeli iz soli C1, C2 (sl. 9) in C3 (sl. 10), od katerih je zadnja daleč najvažnejša mnogoodstotna cianova sol za kaljenje, ki zmanjšuje izgorevanje ciana veliko bolje kakor katero koli drugo sredstvo. Te kopeli služijo v glavnem za ogljičenje delov z majhnimi in najmanjšimi globlinami ogljičenja, pri katerih je mogoče z znatnim navzemanjem dušika,

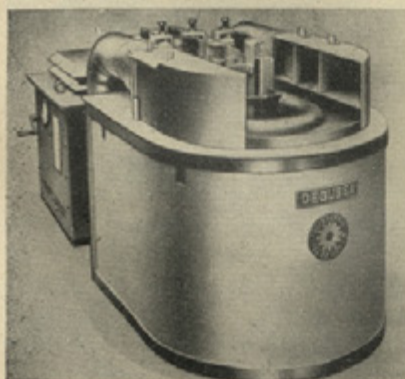
* Ta članek je posnet iz predavanja, ki ga je imel gospod ing. Karl Winterer, šef laboratorija podjetja DEGUSSA iz Frankfurta ob Meni, februarja 1956 v Ljubljani. Prevod članka je priredil prof. B. Kraut.



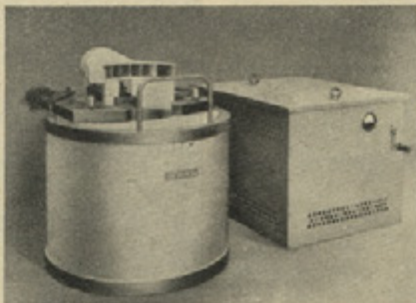
Sl. 1. Preizkusna kalilnica »Durferrit«

ki se pojavlja obenem z ogljičenjem, dosegati posebno veliko odpornost najbolj vrhnjega površinskega sloja proti obrabi, če seveda ne nameravamo še brusiti. Nadalje so te kopeli v rabi tam, kjer je zaželeno gašenje v slani vodi, vodi ali olju, toda ne v toplih kopelih, ki vsebujejo soliter. Razen zelo majhnih izgub zaradi prilepljanja soli, kažejo deli, ki so bili obdelovani v takih kopelih, najčistejšo svetlo površino in se dajo — tudi po kaljenju v olju — posebno lahko snažiti. Sliki 11 in 12 kažeta nekatere značilne dele.

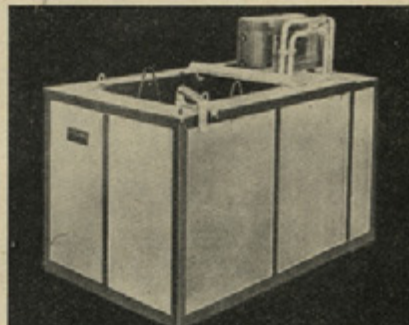
Za ogljičenje potreben kratek čas pri obdelavi kaže slika 13. Pri zelo majhnih globlinah ogljičenja znižamo zaradi zanesljivejše natančnosti temperaturo ogljičenja, pri čemer pa moramo za vsakih 40 do 50 ° znižane temperature dvakratno povečati trajanje ogljičenja. Z znižano temperaturo ogljičenja je navzemanje dušika (nitriranje) v teh kopelih vedno močnejše, tako da dosegamo v njih naposled pri temperaturah okrog 700 °C tako imenovano »karbonitriranje« in pri temperaturah pod 600 °C nitriranje v kopelih. Posebej za ta zadnji namen je bila napravljena zelo lahko taljiva cianova sol — nitrirna sol NS 350. V taki solni kopeli ni le mogoče nitrirati orodja iz hitroreznih jekel in iz jekel za delo v vročem, s čimer se znatno poveča njihova življenjska doba, ampak se lahko zelo poveča tudi odpornost proti obrabi pri strojnih delih iz slive litine, nelegiranih in legiranih jekel za cementiranje



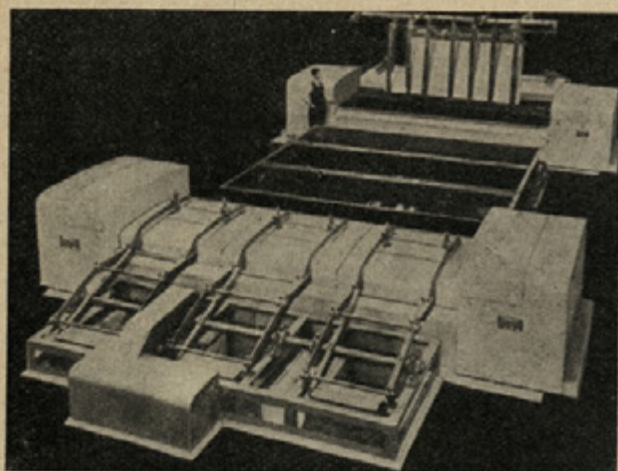
Sl. 2. Elektroдна peč za solno kopel do 950 °C



Sl. 3. Elektroдна peč za brzorezno jeklo za temperature do 1350 °C



Sl. 4. Peč za termalno kaljenje, ogrevana električno ali s plinom



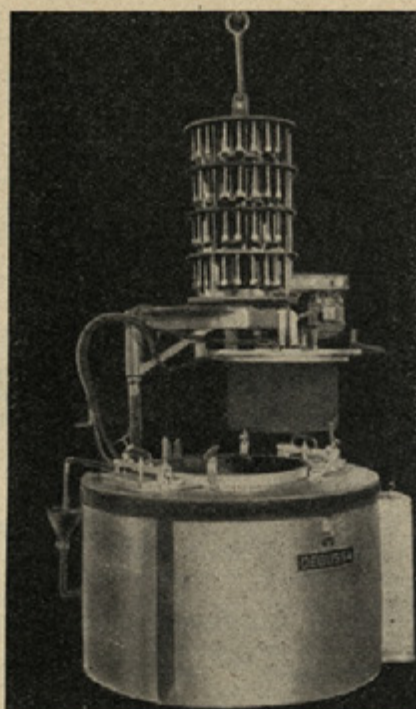
Sl. 5. Peč s solno kopeljo za obdelavo lahkih kovin

in poboljšanje, in sicer brez kalilnega gašenja in zato brez izvrženja. Ta razmeroma novi postopek, ki so ga razvili v obratih Durferrit in poimenovali »mehko nitiranje« (Weichnitrieren), si pridobiva vedno širša področja za rabo.

b) Aktivirane kopeli

Ta skupina kopeli za ogljičenje, ki vsebujejo cianide, daje v nasprotju z neaktiviranimi kopelmi za ogljičenje večji obrobni odstotek ogljika v naogljichenem sloju in s tem tudi večji del tega sloja, ki je izrazito trd in trden na tlak. V njih se lahko gospodarno in zanesljivo ogljičijo deli z naogljichenim slojem do 2 mm in taki z znatnejšo globino brušenja. Ta skupina se dandanes uporablja v kalilni tehniki najpogostejše. Razne vrste omogočajo znatno prilagajanje najrazličnejšim obratnim zahtevam. Kjer so zahteve spremenljive glede globine ogljičenja, globine brušenja itd., a je zaželeno, da bi v vseh možnih primerih zadostovala samo ena, manj občutljiva sol za ogljičenje in bi povrh tega hoteli tudi priteniti v sodobnih kalilnicah nič več pogrešljivo kaljenje v topli kopeli iz solitnih soli, n. pr. AS 140, je kopel za ogljičenje iz dveh soli C3/C5 (C3 = nosilec ogljika, C5 = aktivator) univerzalna kopel. Slika 14 prikazuje dosegljivo naogljichen globino v odvisnosti od trajanja ogljičenja.

Kopel C4, v kateri sta v določenem razmerju skupaj staljena nosilec ogljika in aktivator in pri kateri



Sl. 6. Peč za ogljičenje z granulatom (odprta z napolnjenim obešalom)

se dopolnjuje samo ena edina sol, je poenostavitev kopeli C3/C5, ki pa zaradi vsebine cianida (mnogo nad 10 %) ni primerna za kaljenje v toplih kopelih, ki vsebujejo soliter.

Kopeli A4/C3, C6/C3, A3/C3, C7 in GS 540 z 10 % C3 so nadaljnje šibkeje aktivirane kopeli za ogljičenje za več ali manj omejene posebne primere. Za zelo velike naogljichen globine nad 2 mm, ki naj bi bile dosežene v posebno kratkem času pri temperaturah ogljičenja 1000 do 1100 °C, je bila v zadnjih letih razvita kopel C8.

2. TRDNA SREDSTVA ZA OGLJIČENJE

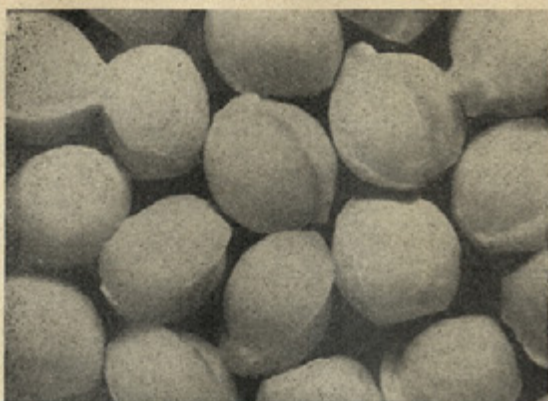
V podjetju »Degussa« se v posebnem obratu pridobiva novo trdno sredstvo za ogljičenje, in sicer v dveh vrstah:



Sl. 7. Kalilnica s pečmi Durferrit v tovarni orodja



Sl. 8. Del kalilnice s solnimi kopelmi Durferrit, ogrevanimi z oljem



Sl. 9. Sol C 2 (v jajčasti obliki)



Sl. 10. Sol C 3 (v jajčasti obliki)

Durferritov ogljični granulati 6, uporabljen v glavnem pri legiranih jeklih za cementiranje, in Durferritov ogljični granulati 30, ki je v rabi za nelegirana jekla oziroma za majhne globine ogljičenja pri legiranih jeklih za cementiranje.

Oba ta dva proizvoda, v obliki zelo trdih zrn (sl. 15), se uporabljata natanko tako kakor navadni cementirni prah, odlikujeta pa se z nenavadno čistim delom (zelo malo prahu in zelo čisti predmeti obdelave) in še posebno s skoraj neomejeno ponovno uporabljivostjo. Če se pri vsaki ponovni rabi doda samo 5...10% svežega granulata, se lahko z njim ogljiči po več mesecev z največjo enakomernostjo. Nadaljnja prednost je v tem, da se lahko posode za ogljičenje veliko bolj napolnjujejo s predmeti za ogljičenje (sl. 16). S tem se gospodarnost in tudi enakomernost naogljichenja bistveno poboljšata. V mnogih primerih se lahko doseže s tem tudi znatno skrajšanje trajanja ogljičenja.

3. OGLJIČENJE S PLINOM

Podjetje »Degussa« je razvilo dalje nov postopek za ogljičenje s plinom brez plinskega generatorja ali drugačnega zunanega izvora za plin. V električno greti, tesno zaprti jajčasti peči z obtokom plina (sl. 6) se iz Durferritovega ogljičnega granulata, ki je zmešan v posebnih stranskih prostorih, proizvaja plin za

ogljichenje, ki natančno ustreza večini zahtev pri ogljičenju, in to brez zamotane kemijske kontrole, stalno vodi ob predmetih za ogljičenje in s pomočjo ogljičnega granulata zopet regenerira.

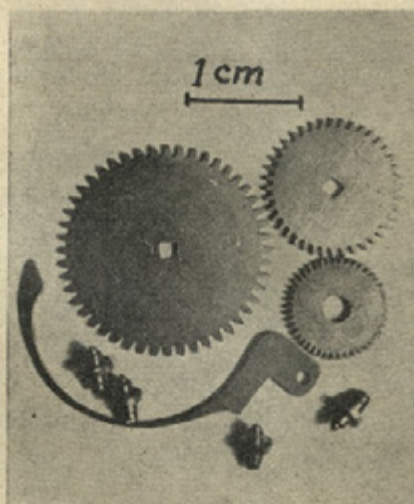
4. KOPELI ZA ŽARJENJE IN POPUŠČANJE

Zaradi raznih možnosti za uporabo, ki se pogostoma križajo, je razdelitev po vrstah soli manj primerna kakor pa razdelitev po temperaturnih območjih.

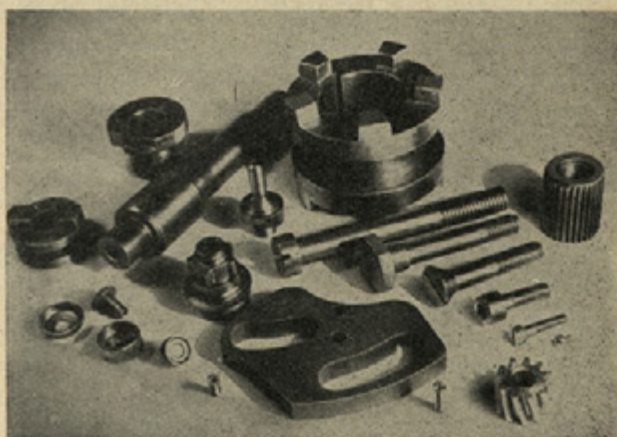
a) Kopeli s temperaturami med 160 in 550 °C

V tem območju temperatur, izjemoma tudi do 600 °C, je uporabno področje solitnih solnih kopeli. Glede na to, ali naj bo zajeto — če le mogoče — vse to območje ali pa le višje temperaturne stopnje, se uporabljajo solitne soli z različnimi tališči, toda vselej z enako najvišjo uporabno temperaturo 550 °C oziroma včasih tudi 600 °C.

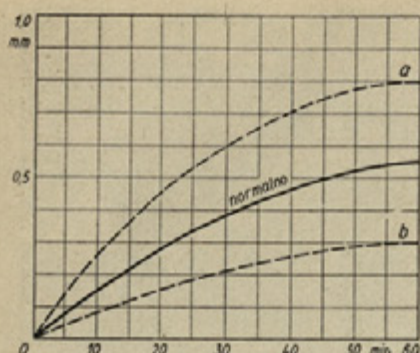
Najlažje taljiva sol ima tališče pri 140 °C in je zato označena AS 140. Više taljive zmesi (AS 220, AS 300 in sol za poboljšanje lahkih kovin AVS 250) so sicer cenejše kakor AS 140, niso pa tako splošne in zaradi večjih izgub s prilepljanjem soli pogosto tudi niso tako gospodarne. Vse te solitne soli so zelo lahko tekoče in se izredno lahko tope v vodi. Navadna jekla oksidirajo v njih podobno kakor na vročem zraku, toda zelo enakomerno. Ta pojav uporabljamo za namerno oksidacijo (na modro ali na razne barve popuščanja). Pri segrevanju do temperatur iznad



Sl. 11. Deli za ure, naogljicheni v kopeli C 2



Sl. 12. Razni predmeti iz nelegiranega jekla za cementiranje, naogljicheni v kopeli C 3



a — jekla, ki se lahko ogljičijo;
b — jekla, ki se težko ogljičijo, zlasti jekla za avtomate

Sl. 13. Odvisnost globine ogljičenja od trajanja cementiranja v kopeli C 3 pri temperaturi 950 °C

500...550 °C se močno pospeši ogrevanje jeklenih delov in loncev, deloma ob močnem razvijanju toplote, kar navzgor omejuje temperaturno območje teh soli. Te kopeli se povrhu navedenega lahko uporabljajo za:

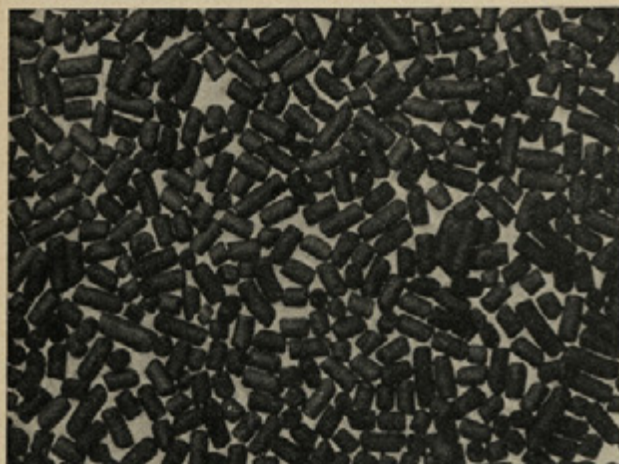
svetlo žarjenje medij s približno 63 % bakra pri temperaturah okrog 550 °C,
topilno žarjenje lahkih kovin za otrjanje z največ 8...10 % magnezija pri temperaturah okrog 500 °C ter

kaljenje v toplih kopelih (termalno kaljenje) in izotermno poboljševanje predmetov, ki pa naj imajo pri potapljanju v toplo kopel temperaturo največ okrog 950 °C.

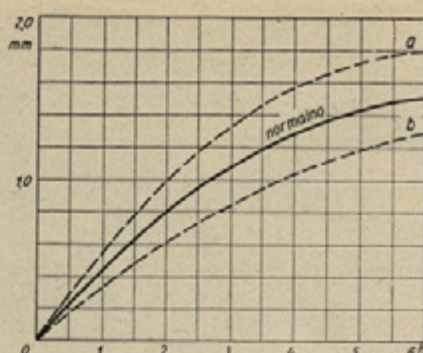
Za kaljenje v topli kopeli se uporablja sol AS pri 200 °C, torej v bližini martenzitne točke, zaradi česar je izvrženje manjše in enakomernije kakor pa pri gašenju v olju.

Topli kopeli se pri 180...200 °C — proti pričakovanju — lahko dodajajo majhne količine vode (do približno 0,5 %), s čimer se delovanje gašenja bistveno poboljša brez drugih pomembnih pomanjkljivosti. Tako se lahko tudi še malo legirana, pa celo nelegirana jekla z nepremočnimi dimenzijami kale v topli kopeli. Nadaljnja velika prednost kaljenja v topli kopeli je, da je čiščenje tako kaljenih predmetov zelo olajšano.

Poseben primer v tem temperaturnem področju je kopel GS 230, ki je brez solitra in zato ni tako občutljiva za pregretje, uporablja pa se v področju približno 280...600 °C (izjemoma tudi do 700 °C). V rabi



Sl. 15. Durferitov ogljični granulati



Sl. 14. Odvisnost globine ogljičenja od trajanja cementiranja v kopeli C 5 pri temperaturi 930 °C

je delno kot topla kopel za jekla s kalilno temperaturo tudi nad 950 °C, delno pa kot kopel za popuščanje jekel za poboljšanje in podobno.

b) Kopeli s temperaturami med približno 500 in 750 °C

Za to področje imajo prednost tako imenovane žarilne soli, ki vsebujejo v glavnem alkalične kloride. Pri teh razmeroma nizkih temperaturah, pri katerih je nagnjenost v njih obdelovanih jekel k reakcijam majhna, navadno še niso potrebne zaščitne snovi (R2) proti oksidaciji ali razogljčenju.

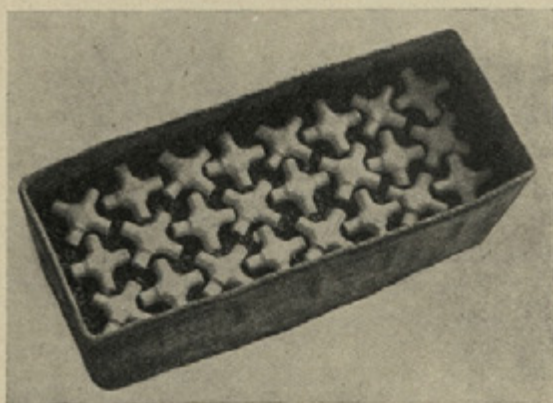
Dve značilni vrsti teh žarilnih soli sta GS 430 in GS 540 (sl. 17) s tališčema, ki ustrezata označbama soli. V omejenem obsegu in po navadi takrat, ko je zaželena dodatna obogatitev površine jekla z dušikom, se uporabljajo za to temperaturno področje tudi cianidne soli z ustrezno nizkim tališčem, n. pr. nitrirna sol NS 350 ali C2 in podobne.

c) Kopeli za temperaturno področje med približno 750 in 950 °C

V tem področju so obsežene kalilne temperature mnogih jekel. Ustrezno njihovem velikemu številu in različnim zahtevam glede stanja površine so v rabi različne solne zmesi.

Najpogostejše se pač uporabljajo za to cianidne soli, pri katerih je življenjska doba peči in posod najdaljša, energijske izgube zaradi žarčenja pa so najmanjše. Deli, ki jih dodatno ne brusimo, lahko dosegajo v teh kopelih, v katerih se vedno navzemajo tudi dušika, večjo odpornost proti obrabi in večjo trajno trdnost.

Iz gospodarnostnih in tehničnih razlogov se pripravljajo kopeli z žarilnimi solmi, ki nimajo cianidov,



Sl. 16. Primerna polnitev posode za cementiranje pri uporabi Durferitovega ogljičnega granulata



Sl. 17. Žarilna sol GS 430 oz. GS 540

in s povsem majhno količino cianida (C3) ter se tudi z obema tema solema dopolnjujejo ločeno.

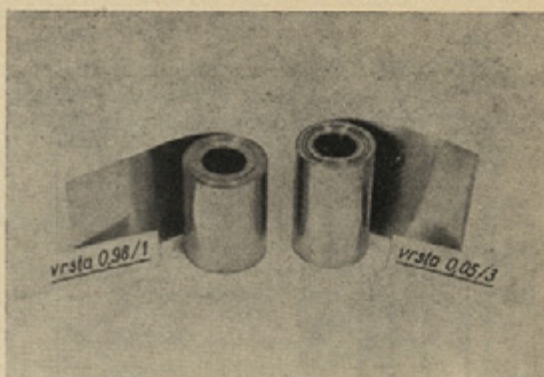
S časom sta se izoblikovali dve standardni vrsti takih cianidnih žarilnih soli (ki ju — ne prav smiselno — imenujejo tudi »kalilne kopeli«), in sicer:

GS 540 s 3...5 % C3 kot kopel, ki pri zadostnem dopolnjevanju s soljo GS 540 kljub zelo majhni vsebini cianidov zanesljivo preprečuje razogljčenje in je prav posebno primerna tudi za priključno hlajenje v solitnih toplih kopelih (AS 140),

GS 560 z 20...40 % C3, ki ima prednost posebno, če bo sledilo hlajenje v olju in ne v soleh AS.

Obe vrsti soli kakor vse zmesi nasploh, ki vsebujejo žarilne soli in cianide, kažejo — po sestavi in uporabnem stanju — glede ogljčenja ravnotežje z jeklom, ki ima določeno površinsko vsebino ogljika. To ravnotežno stanje se označuje kot »vrednost C« in se meri s tankimi jeklenimi folijami (sl. 18). Ta vrednost C oziroma ravnotežno stanje vodi do tega, da se v teh kopelih vsebina ogljika v najvrhnejšem površinskem sloju jekla približuje enakomerno tej vrednosti, in sicer toliko bolj, kolikor višja je temperatura in kolikor daljša je trajanje potopitve. V večini primerov nista potrebna natančna postavitev in nadzorovanje te vrednosti C, marveč zadošča preizkušanje vsebine cianida (C3) v kopelih z enostavno napravo za titriranje.

Pri orodjih z ostrimi rezili, ki jih ne brusimo (n. pr. močno obremenjene pile), pa je nadzorovanje vrednosti C velikega pomena.



Sl. 18. Jeklene folije za preizkušanje solnih kopeli

V posameznih primerih teh cianidnih kopeli ne moremo uporabljati. Neprimerne so n. pr. za prvo segrevanje hitroreznega jekla in močno legiranega jekla za delo v vročem, za segrevanje predmetov z deloma odstranjenim naogljčenim slojem (ohranitev mehkih mest površine!), za tanke vzmeti, pri katerih bi navzemanje dušika povzročilo krhkost, in za jekla, ki vsebujejo več ko 4 % kroma, pa jih ne brusimo. V takih primerih se uporabljajo žarilne soli brez cianidov, n. pr. GS 540, ki jim pri velikih zahtevah glede varnosti pred razogljčenjem dodajamo ustrezne dodatke brez cianidov, n. pr. Durferit R2.

d) Kopeli za temperature okrog 950 do 1300 °C

V tem območju, v katero segajo kalilne temperature orodnih jekel in jekel za poboljšanje (nerjavnih jekel) z mnogo kroma, hitroreznih jekel in jekel za delo v vročem, lahko uporabljamo samo soli brez cianidov in karbonatov. Zaradi nevarnosti nedopustnega razogljčenja moramo uporabljati pri tem soli z dodatki, ki ovirajo razogljčenje, n. pr. »carboneutral«, ali pa soli, ki so glede razogljčenja popolnoma zanesljive — GS 750/R2 do največ 1100 °C ali »semperneutral« do okrog 1300 °C. Za kontrolo zanesljivosti glede razogljčenja tudi tu uporabljamo na sl. 18 prikazane jeklene folije, v tem primeru pa prav samo take, ki vsebujejo okrog 1 % C.

Ob zaključku naj bo omenjeno, da je podjetje »Degussa«, obrat Durferit, izdalo za opis najpodrobnejših podatkov o kalilnem postopku Durferit — razen množice posameznih prospektov — tudi več sto strani obsegajočo knjigo: Handbuch der Durferit-Härte-technik.

IZ PRAKSE ZA PRAKSO

DK 621.833:621.753.1

TOLERANCE OZOBJA PEPO PUHAR

(Nadaljevanje in konec)

Ce hočemo torej izdelati tolerirano kolesno dvojico, ki bo v prijemu na prav tako toleriranem medosju, moramo za kriterij prilaga gonil navesti na naših konstruktivnih risbah pač več podatkov, kakor se to navadno dogaja v praksi. Dandanes opažamo na risbah le naslednje podatke: število zob, modul in včasih tudi še vprijemni kot.

Konstruktivno je kolesna dvojica definirana z naslednjimi vrednostmi:

Valjasti zobniki

z ravnimi zobmi število zob z_1, z_2
število zob z_1, z_2 s poševnimi zobmi

modul	m_0	modul	m_0
delilni krog	d_{01}, d_{02}	standardni	
		modul	m_n
vprijemni kot	α_0	delilni krog	d_{01}, d_{02}
pomik profila	$\pm x_{01} \cdot m_0$ $\pm x_{02} \cdot m_0$	vprijemni kot	α_0
		standardni vprijemni kot	α_n
količnik višine		kot nagiba	β_0
glave	y	smer ovojnice	L(eva)
medosje	a		D(esna)
kvaliteta		pomik profila	$x_{01} \cdot m_0$ $x_{02} \cdot m_0$
		količnik višine	
		glave	y
		medosje	a
		kvaliteta	

Ustrezno gornjemu so določene vrednosti izdelave.