

Ferdo Vizjak

V članku so navedena osnovna področja uporabe platiranih materialov kakor tudi prednosti, kot so povečanje ekonomskega učinka, prihranek deficitarnih elementov ter možnost kombinacij zahtevanih mehanskih in fizikalnih lastnosti, ki jih dosežemo z njihovo uporabo. Opisani so osnovni postopki platiranja s teoretskimi osnovami, in to postopek platiranja z litjem in postopek platiranja s plastično predelavo, ki smo ga osvojili v Železarni Ravne.

Ravno tako so opisani postopki in kriteriji kontrole, ki zagotavljajo kakovost, oziroma uporabnost platiranih materialov za izdelavo strojnih nožev.

Uvod

Železarna Ravne je kot proizvajalec strojnih nožev za izdelavo določenih vrst nožev uvažala platirani material in bila tako odvisna od nabave vložka iz uvoza, za kar je uporabljala znatna devizna sredstva.

Pred približno 20 leti je železarna Ravne po postopku »livanja« z uspehom osvojila proizvodnjo platiranih ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev. Težave so nastopile pri plastični predelavi platiranega vložka, ker železarna ni imela ustrezne valjarske proge, medtem ko je pri plastični predelavi s kovanjem nastopila valovita spojna površina, ki negativno vpliva na estetski videz in v določeni stopnji na uporabnost strojnih nožev.

Z izgradnjo valjarske proge Ø 550 mm in posebno še proge Ø 750 mm so nastopili osnovni pogoji za končno osvojitve proizvodnje valjarskega platiranja ploščatih palic za proizvodnjo strojnih nožev in s tem neodvisnost od uvoza.

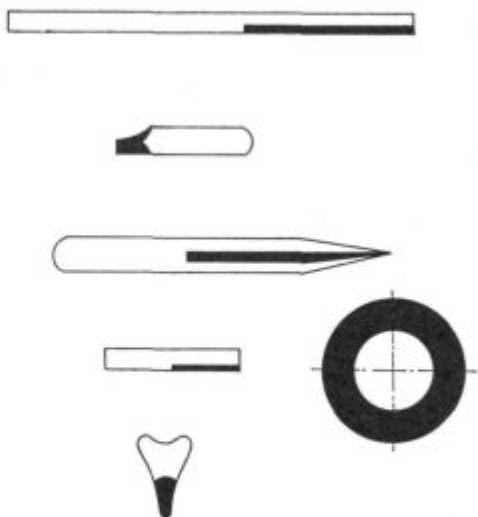
Za platirane materiale v literaturi srečujemo različna imena, kot so:

- Anglija ... compound — zložen, sestavljen
- Sovjetska zveza ... bimetal — dvokovinski, sestavljen iz dveh kovin
- Nemčija ... Verbundstahl — vezano jeklo, spojeno jeklo

Za platirane materiale je značilna zelo velika uporaba v različnih vejah industrije in v različne namene, kot so:

- | | |
|---|------------------------------------|
| — korozijsko odporni material | — jeklo — korozijsko odporno jeklo |
| — material za elektroprevodnike in termo bimetale | — jeklo — medenina |
| | — jeklo — razne vrste medenine |
| | — jeklo — razne vrste Al-legur |
| — material za reaktorje | — jeklo — ognjeodporno jeklo |
| | — jeklo — Ti-legure |
| — material za izdelavo strojnih nožev in razne vrste orodja | — jeklo — orodno jeklo |
| | — jeklo — brzorezno jeklo |

Posebna značilnost platiranih materialov za izdelavo strojnih nožev je v tem, da je koristen — rezni del iz orodnega, oziroma brzoreznega jekla, medtem ko je osnovni — nosilni del iz nizkoogljčnega jekla. Z raziskavami je dokazano, da z uporabo platiranih materialov dosežemo znatno zmanjšanje stroškov proizvodnje in prihranek deficitarnih elementov, kot so Cr, W, V, Mo, Co ipd. Nekoliko tipičnih platiranih profilov za izdelavo različnih orodij in strojnih nožev je prikazano na sliki 1.



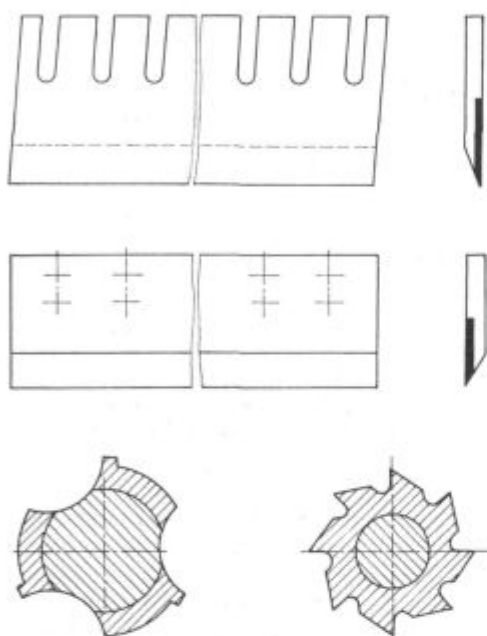
Slika 1

Platirani profil za izdelavo strojnih nožev in rezilnega orodja

Fig. 1

Plated sections for cutting tool

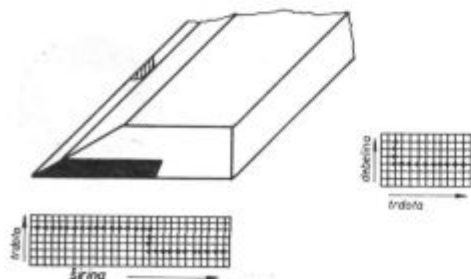
Iz platiranih profilov se izdelujejo različne vrste furnirskih in grafičnih nožev, lahki in teški skobelniki, noži za rezanje kože in tekstila, različne vrste rezilnega orodja, različne vrste elektroprevodnikov, kakor tudi različne vrste kontaktnih, termo in antifrikcijskih bimetalov. Nekatere karakteristične vrste strojnih nožev in rezilnih orodij, ki se izdelujejo iz platiranega materiala, so prikazane na sliki 2.



Slika 2
Platirani strojni noži in rezilno orodje
Fig. 2
Plated cutting tool

Pri platiranih strojnih nožih je samo rezni — koristni del, ki zavzema ca 1/4 celotne debeline in ca 1/2 celotne širine noža in orodnega, oziroma brzoreznega jekla, medtem ko je preostali del iz nizkoogljivega mehkega in žilavega jekla, kot je simbolično prikazano na sliki 3.

Prednosti platiranih strojnih nožev so ravno tako v doseganju maksimalno možnih ozkih dimenzijskih toleranc ter v veliki odpornosti proti



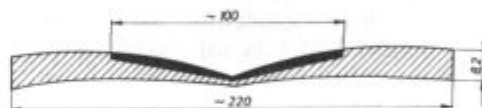
Slika 3
Platirani strojni nož
Fig. 3
Plated cutting tool

lomu nožev. V slučaju, da se v raznem materialu nahajajo tuja telesa, nastajajo pri rezanju zaradi platiranja minimalne poškodbe rezine in to samo na platiranem delu, kot je to prikazano na sliki 3. Te lahko odstranimo z minimalnim brušenjem.

Zaradi karakteristične porazdelitve različnih vrst jekel in s tem trdote je za platirane strojne nože posebno pomembno, da je samo majhen del celotne brusne stranice prostega kota rezine termično obdelan na delovno trdoto, medtem ko je preostali del mehak. Pri brušenju teh vrst nožev se razvije znatno manj toplote in s tem so znatno zmanjšani pogoji nastanka lokalnega pregretja, oziroma brusilnih razpok.

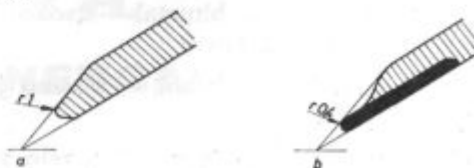
Posebno pomembna uporaba platiranih materialov za izdelavo različnih vrst samobrusilnega orodja nastopa tudi za poljedelske stroje, kot na primer za samobrusilne lemeže in deske plugov, samobrusilne diske bran in podobno.

Na sliki 4 je prikazan dvoslojni valjarsko platirani specialni profil za izdelavo samobrusilnega lemeža za plug, pri katerem je koristni del iz visoko legiranega orodnega jekla, medtem ko je nosilni del iz nizkoogljivega jekla.



Slika 4
Dvoslojni valjarsko platirani specialni profil za izdelavo samobrusilnih lemežev za pluge
Fig. 4
Two-layer plated special section made by rolling for manufacturing selfgrinding ploughshares

Samobrušenje orodja v času eksploatacije nastopa na osnovi različnih obrabnih obstojnosti in ustreznega odnosa debelin posameznih slojev platiranih jekel. Na sliki 5 je prikazan karakter obrabe pri oranju pri enoslojnem (a) in pri dvoslojnem (b) lemežu s kotom brušenja 20° . Pri lemežih za pluge z začetnim kotom klina 6 do 7° in kotom brušenja 20° je za garantirano samobrušenje potrebno, da je odnos obrabne obstojnosti posameznih slojev 4,5 do 6 in za dobro oranje, da je debelina koristnega — reznega dela 1,0 do 2,0 mm.



Slika 5
Karakter obrabe pri oranju enoslojnega (a) in dvoslojnega (b) lemeža s kotom brušenja 20°
Fig. 5
Wear characteristics in ploughing with one-layer (a) and two-layer ploughshare with the grinding angle 20°

V proizvodnji platiranih materialov je znanih veliko postopkov, kar je odraz velikega števila različnih vrst in oblik teh materialov. Pri njihovem osvajanju je potrebno težiti za tem, da se osvoji pravi, t. j. najracionalnejši postopek. V evidenci patentnih uradov je registrirano že ca 1000 postopkov proizvodnje različnih vrst in oblik platiranih materialov.

Kljub raznolikosti in velikemu številu postopkov platiranja, ki se uporabljajo v industriji, jih lahko na osnovi principa izdelave, oziroma spojitve razdelimo v tri osnovne skupine, in to:

- liti platirani materiali
- platirani materiali, izdelani s plastično predelavo, t. j. z valjanjem ali kovanjem
- platirani materiali, izdelani z vlečenjem, varjenjem in z drugimi podobnimi postopki spojitve različnih materialov, pri katerih za nastanek spojitve ni potrebna plastična predelava.

V osnovi vsi procesi platiranja temeljijo na spojitvi dveh enakih ali različnih kovin. Spojitev kovin srečujemo v različnih področjih tehnike. V nekaterih primerih je spojitev zaželena, oziroma koristi procesu, kot na primer pri varjenju, nanašanju kovinski prevlek — pocinkanje, v prašni metalurgiji in podobno, medtem ko pri trenju strojnih delov, mehanskih obdelavah z rezanjem, frezanjem in struganjem kakor tudi pri postopkih predelave kovin s stiskanjem spojitev škoduje. V teh primerih spojitev poveča obrabo orodja in stroja, kakor tudi zmanjša kakovost proizvodnje.

Iz navedenega je razvidno, koliko so pomembne teoretske in eksperimentalne raziskave spojitev kakor tudi natančne predstave o mehanizmu tega pojava ter študije velikega števila faktorjev, ki vplivajo pozitivno, oziroma negativno na proces spojitve.

Z različnimi raziskavami so poskušali prikazati mehanizem spojitve na osnovi večjega števila hipotez, ki temeljijo na sodobnih rezultatih študije fizike trdnih teles, struktur kovin, medatomskega delovanja, procesa difuzije in podobno. Tako so nastale različne hipoteze o spojitvi, in to:

- hipoteze površinskega stanja
- hipoteza rekristalizacije
- hipoteza energije
- hipoteza difuzije

Na osnovi rezultatov sodobnih raziskav je struktura kovin okarakterizirana s prostorskim fiksiranjem stanja pozitivnih ionov, ki so obkroženi z elektronskim oblakom. Razporeditev ionov je odrejena s kristalno mrežo, ki je karakteristična za posamezne kovine. Elektronski oblak predstavlja kolektivizacijo elektronov zunanjih obel atoma kovine. Skupno delovanje elektronskega oblaka z ioniziranimi atomi tvori trden kovinski spoj. Medsebojno delovanje dveh spojenih kovinskih površin povzroča nastanek sil vzajemnega delovanja in odboja, različnih po značaju in velikosti.

Molekularne sile privlačjenja in sile medatomske spojitve (sile Van der Waalsa) delujejo med površinskimi deli kovin do pojava kovinskega spoja. Te sile imajo električni značaj in so pojasnjene s polarizacijo nevtralnih delov. Sile medatomske spojitve se zmanjšujejo s sedmo potenco razdalje med atomi.^{1,2}

Pri spojitvi kovinskih površin na razdalji približno 10^2 Å nastopa kovinski spoj zaradi pojava skupnega atomskega oblaka, katerega vzajemno delovanje je enako stopnji ioniziranih atomov obeh površin. Mejna cona se izgubi, trdnost nastalega spoja je enaka trdnosti posameznih spojenih površin.

Navedeno stanje se nanaša na vzajemno delovanje idealno čistih in gladkih površin. V praksi so te površine nevarne in zato težko dosežemo opisane zahtevane pogoje uspešne vezave.

Zato je v praktičnih pogojih pri spojitvah kovinskih površin, na primer pri postavitvi enega kovinskega kosa na drugi kovinski kos, površina vzajemnega kontakta zelo majhna. Za njeno povečanje je potrebno izvršiti deformacijo površinske hrapavosti, kar zahteva velike sile, oziroma pritiske.

Vse kovine imajo na svojih površinah različna onesnaženja, ki jih je potrebno odstraniti. Posebno je problematična zaščita kovinskih površin pred oksidacijo, ker pri odstranitvi oksidov le-ti ponovno nastanejo. Površinski oksidi onemogočajo neposredni kontakt kovinskih površin in na ta način preprečujejo nastanek njihovega spoja. Iz navedenega je razumljivo, da za nastanek kovinskega spoja moramo onemogočiti prisotnost in nastanek oksidiranih površin.

Vse hipoteze o spajanju so zasnovane na rezultatih raziskav hladnega varjenja in procesa trenja različnih strojnih delov. Pojav spojitve kovin ne nastopa samo pri navedenih, marveč tudi pri drugih procesih, pri katerih je mehanizem spajanja odvisen v določeni stopnji od pogojev procesa in njegove specifičnosti. Ravno tako so neosnovane trditve nekaterih avtorjev, da se mehanizem spajanja pri različnih procesih razlikuje in da je za njihovo pojasnitev potrebno združiti več teorij.

Avtorji hipoteze površinskega stanja zagovarjajo, da je za nastanek kovinskega spoja potreben določen kontakt čistih kovinskih površin do takšne stopnje, da je njihova maksimalna oddaljenost enaka parametru kristalne mreže. Ta hipoteza ne odklanja odvisnosti kovinskega spoja od lastnosti spojenih kovin in pri tem ostaja na svojih osnovah, t. j., da ima na spojitve kovin odločujoči vpliv njihovo površinsko stanje.^{3,4}

Deformacija hrapavosti povečuje velikost kontaktnih površin in s tem trdnost njihovega spoja. Velik vpliv imajo tudi lastnosti površinskega stanja in njihovo onesnaženje. Če je površinsko stanje elastično, le-to prekrije večji del kontaktnih površin in s tem onemogoča trden spoj, oziroma če je površinsko stanje krhko, se le-to drobi in ne

prekriva celotne kontaktne površine ter s tem omogoča trden spoj. Podoben vpliv ima ravno tako debelina površinskega stanja.

Hipoteza rekristalizacije je zasnovana na predpostavkah, da je za nastanek trdnega kovinskega spoja kontaktnih kovinskih površin, pri katerih je kristalna mreža deformirana, potrebna prisotnost rekristalizacije z nastankom novih površinskih kristalov. Po trditvah avtorjev te hipoteze niso za nastanek kakovostnega spoja potrebne velike redukcije, pod pogojem, da so bile kontaktne površine predhodno plastično deformirane. Ta trditev potrjuje možnost nastanka rekristalizacije pri nižjih temperaturah.⁴

Nasprotna trditvam avtorjev hipoteze rekristalizacije je trditev, da spojitev dveh ali več kovin nastopa tudi pri sobni temperaturi, kljub temu da ni nastopila rekristalizacija. Ugotovljeno je, da spremembe hitrosti deformacije znatno vplivajo na proces rekristalizacije, medtem ko pa nimajo praktičnega vpliva na trdnost spojitve. In končno, hipotezo rekristalizacije odklanjajo metalografske in rentgenske analize, s katerimi je dokazano, da pri hladnem varjenju v zunanji coni ni ugotovljena prisotnost procesa rekristalizacije.⁵

Avtorji hipoteze energije spajanja kovin navaajo, da spojitev kovinskih površin z različno orientiranimi kristali ne nastopi, kljub temu da je njihova oddaljenost enaka parametru kristalne mreže. Ta hipoteza je zasnovana na usmerjenosti »kristalnih spojev«, zaradi katerih je kovinski spoj mogoč samo v primerih enake orientacije kristalov. Ker je verjetnost takšne orientacije minimalna, je spojitev kovin pogojena s silami medsebojnega vzajemnega delovanja.^{9 10}

Za nastanek kovinskega spoja je po mnenju A. P. Semenova neobhodno potrebno atome kontaktnih površin prinesiti v določeno stanje. V tem stanju je potrebno, da je energija atomov, ki se nahajajo v kontaktnem področju, večja od energije, ki je za posamezne kovine odredena z enačbo, ki jo lahko imenujemo »energijski prag«, oziroma »pogoj spojitve«.⁷

Potrditev navedene teze je dejstvo, da povečanje energije atomov s plastično predelavo in ogrevanjem pozitivno vpliva na proces spojitve kovin.

Z raziskavami avtorjev hipoteze difuzije je dokazano, da kovinski spoj nastaja zaradi difuzije atomov kontaktnih površin, neodvisno od tega, ali je spojitev nastopila pri sobni ali povišani temperaturi. Lokalno ogrevanje kontaktnih površin pozitivno vpliva na difuzijo atomov, posebno še v primerih sočasne plastične predelave, ki omogoča večje zблиževanje kontaktnih površin. Na ta način nastopi tesen medsebojni kontakt, ki je osnovni pogoj za uspešno difuzijo, oziroma spojitev. Spoj, ki nastaja z delovanjem potrebne deformacije, je ravno tako potrjen s hipotezo, oziroma z nastankom »spojnih mostov«, katerih trdnost je dovolj velika, da lahko nasprotuje na-

petostim, ki nastopajo po prenehanju delovanja sil deformacije.^{6 7 8}

Hipoteza difuzije je zasnovana na odločilnih vplivih toplotnih procesov in predpostavlja, da je trdnost spojitve odvisna od hitrosti delovanja sil in njihovih intenzivnosti. Z raziskavami je ugotovljeno, da se s povečanjem hitrosti delovanja sile in stopnje redukcije na posameznih vtikih pri valjanju, oziroma na posameznih prehodih pri kovanju, trdnost spojitve poveča.¹¹

Resničnost obstoja difuzije si lahko pojasnimo na osnovi raziskav spojitve na visokih temperaturah. Trdnost spojitve nizko-ogljčnih jekel se pri varjenju povečuje s povečanjem temperature do točke A_1 . S povečanjem temperature varjenja nad temperaturo avstenitne transformacije se trdnost spojitve v začetku zmanjša, pri nadaljnjem povečanju temperature pa se trdnost ponovno poveča. Navedeni pojav postane razumljiv, ko upoštevamo dejstvo, da je koeficient samodifuzije Fe v alfa Fe 100 krat večji kot v gama Fe.

Analogno lahko pojasnimo večjo trdnost spojitve pri jeklih drobnozrnate strukture, v primerjavi s trdnostjo spojitve pri jeklih z grobozrnato strukturo. Znano je, da je intenzivnost difuzije po kristalnih mejah večja, kot je prostorska difuzija. Ker je prisotnost kristalnih mej pri jeklih z drobnozrnato strukturo znatno večja v odnosu na jekla z grobozrnato strukturo, je intenzivnost difuzije pri jeklih drobnozrnate strukture večja in s tem je tudi večja trdnost spojitve.

1. LITI PLATIRANI MATERIALI

Postopek izdelave platiranih materialov z litjem je najstarejši postopek, ki se uporablja za proizvodnjo različnih vrst in oblik tega materiala. V osnovi se ta postopek uporablja za proizvodnjo dvo in večslojnega platiranega materiala različnih tež od ca 10 kg do 13 in več ton.

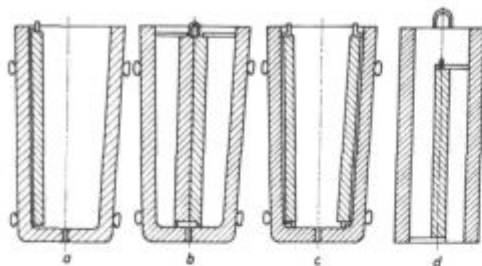
Odvisno od kemijske sestave posameznih slojev, oblike in teže platiranih odlitkov ipd. je ta postopek zelo raznolik in je odvisen od nadaljnje plastične predelave.

Spojitev posameznih slojev lahko nastopi v fazi litja ali v času plastične predelave. Osnovni princip izdelave platiranega materiala z litjem je v predhodni pripravi vložka določene kemijske sestave, ki se vstavi v kokilo in zalije z nizkoogljčnim jeklom.

Za izdelavo platiranega jekla po postopku litja je običajen naslednji tehnološki postopek:

Vložek določene oblike, dimenzij in kemijske sestave je potrebno po vseh straneh mehansko obdelati. Na ta način s spojnih površin odstranimo okside in ostale površinske napake. Mehansko obdelane stranice razmastimo in privarimo nastavke določene oblike, ki služijo za nastavitev in pritrditev vložka v kokilo. Nato vložek po dveh prilegajočih se straneh premažemo z magnezijevim prahom, ki preprečuje zavaritev vložka na

kokilo, medtem ko preostali dve stranici premažemo z amonijakom, da bi boljše zavarili vložek z nizkoogljčnim jeklom. Nato vložek na določenem mestu vgradimo v kokilo in zalijemo z nizkoogljčnim jeklom, kot je prikazano na sliki 6.



Slika 6

Kokile z različno vstavljenimi vložki za izdelavo platiranih odlitkov

Fig. 6

Moulds with differently inserted material in manufacturing composite castings

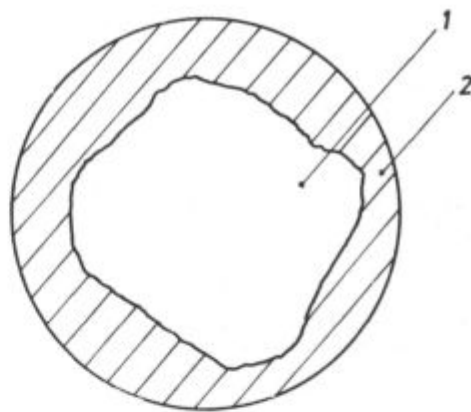
Ravno tako je znan postopek izdelave platiranega materiala z litjem, pri katerem v sredino kokile vgradimo dva vložka, ki sta medsebojno zavarjena, kot je prikazano na sliki 6 b. Kontaktni površini zavarjenega vložka morata biti premazani s premazom zdrobljene šamote ali krom-magnezita, ki preprečuje medsebojno spojitve. Z navedenim postopkom dobimo dva platirana odlitka, katera je potrebno plastično predelati po enakem postopku kot ostale plastične odlitke, ki so izdelani po kateremkoli postopku izdelave platiranih materialov z litjem.

Po končanem ohlajanju platiranih odlitkov sledi stripanje kokil in ogrevanje odlitkov za plastično predelavo. Način in temperatura ogrevanja pred plastično predelavo sta v glavnem odvisni od kemijske sestave platiranega dela. Po končanem ogrevanju sledi plastična predelava s kovanjem ali valjanjem.

Zahteva se čim bolj intenzivna predelava, t. j., da so redukcije na posameznih prehodih, oziroma vtikih čim večje. Po končanem predkovanju ali predvaljanju sledi razrez na določene dolžine, ponovno ogrevanje in končno valjanje v platirane profile, zahtevane oblike in dimenzije.

V proizvodnji platiranih okroglih profilov je največji problem v tem, da centralni del nima pravilne okrogle oblike. Navedena odstopanja so posebno izrazita, če je vložek platiranega odlitka okroglega preseka. Med valjanjem se obrača valjanec za 90°. Zato nastopajo deformacije v dveh vzajemno navpičnih smereh in so vzrok odstopanja centralnega dela od okrogle oblike. Prerez okroglega valjanega platiranega profila je prikazan na sliki 7.

Če za platirani odlitek uporabimo vložek kvadratnega preseka s posnetimi robovi, se v precejšnji stopnji izboljša oblika centralnega dela okroglega platiranega profila. Razen navedenega, okroglo obliko centralnega dela platiranega profila izboljš-



Slika 7

Presek okroglega platiranega profila

Fig. 7

Cross section of a round plated section

šamo tako, da pri valjanju, zamenjamo kalibracijo romb-kvadrat, s kalibracijo oval-okroglo ali da plastično predelavo platiranega odlitka izvršimo s kovanjem.

Razen navedenih postopkov izdelave platiranih materialov z litjem v literaturi srečujemo še veliko postopkov, ki so v večini primerov zasnovani na podobnih, oziroma enakih principih.

2. IZDELAVA PLATIRANIH MATERIALOV NA OSNOVI PLASTIČNE PREDELAVE

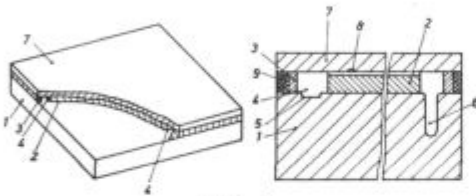
Izdelava platiranih materialov na osnovi plastične predelave bo v bodoče v znatni meri v sodobni proizvodnji pospešila proizvodnjo in uporabo teh materialov.

Osnovni vložek za valjarsko platiranje so »paketi«, ki so sestavljeni iz dveh ali več slojev različnih kovin. Odvisno od tega, kakšne oblike in dimenzije platiranih materialov želimo proizvajati, s katerim strojnimi parkom razpolagamo in katere kovine želimo platirati, uporabljamo za izdelavo paketov različne polprodukte, kot so odlitki, valjani in kovani polprodukci ali pločevina. Površine, ki se medsebojno spajajo, morajo biti skrbno pripravljene. Paketi morajo biti izdelani tako, da pred ogrevanjem in med ogrevanjem ne nastopi oksidacija površin, ki se s platiranjem spajajo. Iz tega razloga je potrebno pakete po obodu hermetično zavariti in po možnosti njihovo ogrevanje izvršiti v zaščitni ali nevtralni atmosferi. Tako npr. v ZDA za platiranje Mg in jekla pakete ogrevajo v atmosferi inertnih plinov, kot so Ne, Kr, Ar in njihove zmesi.

Za izdelavo tankih in debelih pločevin se uporabljajo različne vrste paketov, kot so:

- dvoslojni simetrični,
- dvoslojni asimetrični,
- štirislojni simetrični,
- štirislojni asimetrični in
- večslojni paketi.

Na sliki 8 je prikazan dvoslojni asimetrični paket, ki se za izdelavo dvoslojne pločevine uporablja na Japonskem. Paket je sestavljen iz nosilnega dela (1), iz C jekla in tanke pločevine (2), ki je korozijsko odporna. Spojne površine so predhodno očiščene z luženjem ali mehansko obdelavo, da bi odstranili okside in površinske napake. Okoli pločevine (2) se postavijo letve (3) iz C jekla, ki so enake debeline kot pločevina (2), na katero se postavi pločevina (7) iz C jekla s premazom (8), ki preprečuje spojitve. Nato se paket zavari s hermetičnim zvarom (9). V paketu so predvideni prostori (4) in vdolbine (5) ter (6), ki se pred varjenjem napolnijo s prahom čistih kovin, kot so Fe, Ca, Mg, Al, Ti, Si, V in Mn. Z enakim namenom se navedene odprtine ravno tako lahko napolnijo s FeMn približne sestave: 1,00 % C, 1,00 Si, 80,00 % Mn in 0,005 % S v količini 35 do 45 gr/m², ali Al približne sestave: 99,00 % Al in 0,70 % Fe v količini 10 do 20 gr/m².^{3 10}



Slika 8
Asimetrični paket za valjarsko platiranje
Fig. 8
Asymmetrical pack for plating by rolling

Platirana jekla, izdelana na osnovi plastične predelave, imajo celo višjo strižno trdnost spojitve od zahtevanih vrednosti, ki so za tovrstne materiale določene z različnimi standardi.

Posebno komplicirano tehnologijo izdelave paketov in platiranja zahtevajo platirani materiali, izdelani iz kovin ali legur, ki v procesu ogrevanja intenzivno oksidirajo. Tako je na primer v proizvodnji platiranega materiala, izdelanega iz Ti in jekla, potrebno uporabljati hermetično zaprti paket z določeno količino vloženi piromorfni materialov (Ce ali njegove legure), ki v času ogrevanja paketa zgorijo in s tem vežejo kisik iz zraka, ki je v paketu. Kljub temu navedeni ukrepi niso dovolj za zahtevano trdnost spojitve Ti z jeklom. Tudi v primerih, ko na površinah medsebojne spojitve jekla s Ti ne nastajajo oksidi, so zelo pogosti primeri, da na teh površinah nastaja tanek sloj interkovinskih krhkih spojin Ti in Fe, ki nastopajo tudi pri platiranju drugih kovin.⁹

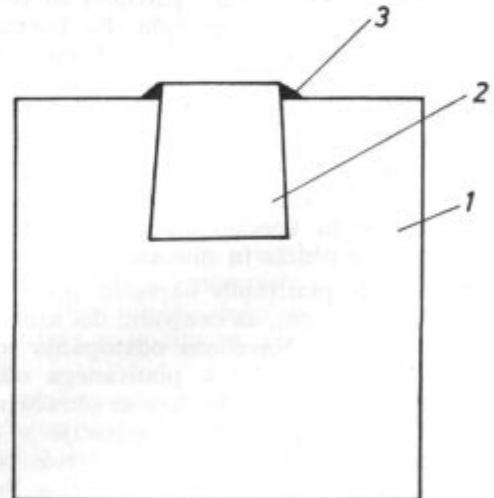
Če platirane kovine ali ena od njih tvorijo na spojnih površinah krhke legure ali kemijske spojine, je potrebno uporabljati »medsloj«, t. j. prehodni sloj. Ta sloj ne preprečuje samo spojitve, marveč predstavlja difuzijsko pregrado med osnovnim in platiranim materialom. Tako se pri platiranju jekla s Ti uporablja medsloj iz folije V, debeline 0,08 do 0,25 mm. Z uporabo navedenega

medsloja nastopi med jeklom in Ti trden spoj brez pojava krhkih spojin na mejah spojnih površin.¹²

V primeru, da v proizvodnih pogojih platiranja nastopi nezadostna trdnost spojitve, je potrebno pristopiti k dvojnemu valjanju. Po končanem ogrevanju nekoliko debelejšega — višjega paketa izvršimo valjanje do določene debeline. Valjanec ponovno dogrevamo v času nekaj ur, nakar sledi valjanje v končno dimenzijo. V času drugega ogrevanja, ko niso nastopili pogoji oksidacije spojnih površin zaradi njihovega tesnega prileganja, ki je nastalo v času prvega valjanja, so nastopili pogoji intenzivne difuzije, ki znatno povečuje trdnost spojitve. Z uporabo dvojnega valjanja dosežemo pri valjarskem platiranju povečanje trdnosti spoja za ca 30 %.

Potrebno je opozoriti, da je za doseg zahtevane trdnosti spojitve pri valjarskem platiranju neobhodno potrebno, da je sumarna stopnja redukcije višine paketa 7 do 10.

Za izdelavo valjarsko platiranih ploščatih palic, ki se uporabljajo za proizvodnjo strojnih nožev, srečujemo različne oblike, oziroma vrste paketov za platiranje. Za ta namen se najbolj pogosto uporablja paket, ki je prikazan na sliki 9. Osnovni — nosilni del (1) iz nizkoogljivega jekla s trapezastim utorom je izdelan z litjem ali z mehansko obdelavo. Vložek (2) iz orodnega ali brzoreznega jekla, določene kemijske sestave in oblike, mora biti tako izdelan, da znaša zračnost med vložkom in trapezastim utorom maksimalno 0,7 mm. Spojne površine utora in vložka, z namenom odstranitve vseh površinskih napak, morajo biti skrbno očiščene s peskanjem, luženjem ali z mehanskim postopkom. Za preprečitev naknadne oksidacije v času ogrevanja paketa, morajo biti spojni robovi

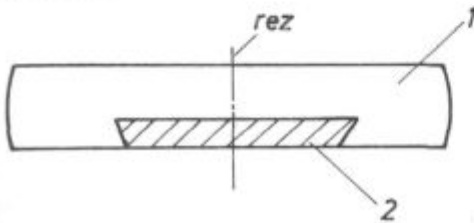


Slika 9
Presek paketa z vložkom v sredini za valjarsko platiranje ploščatih palic, za izdelavo strojnih nožev

Fig. 9
Cross section of the pack with insert in the middle for plating flat sections by rolling for manufacturing cutting tool

med vložkom in utorom nosilnega dela zavarjene s hermetičnim zvarom (3). Pri tem moramo paziti, da je varjenje izvršeno najpozneje v 8 urah po čiščenju, oziroma pripravi spojnih površin. Izdelani paketi morajo biti vskladiščeni v suhem prostoru, brez možnosti vpliva atmosferskih pogojev. Ogrevanje paketov je treba izvršiti odvisno od vrste jekla koristnega dela, v času kateri je nekoliko daljši od časa ogrevanja pri normalnem valjanju.

Po končanem valjanju na zahtevano obliko in dimenzije ploščate profile razrežemo na potrebne dolžine, in sicer v vročem stanju. Sledi termična obdelava, ki je odvisna od zahtevane trdote in strukture naslednje mehanske in končne termične obdelave strojnih nožev. Po končani termični obdelavi se izvrši ravnanje in razrez profila po vzdolžni osi z mehanskim postopkom, ki v določenih primerih omogoča sočasno izdelavo zahtevanega kota rezine, kot je prikazano na sliki 10. Tako izdelani profil je zelo prikladen za izdelavo strojnih nožev.



Slika 10

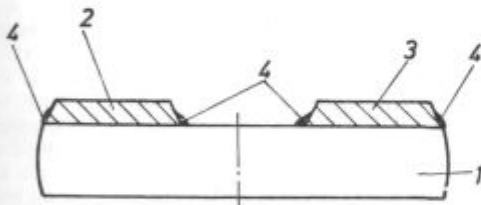
Platirani profil z vložkom v sredini za izdelavo strojnih nožev

Fig. 10

Plated section with insert in the centre for manufacturing cutting tool

Trdnost spojitve platiranih ploščatih palic, izdelanih po opisanem postopku valjarskega platiranja, dosega ca 25 do 30 kp/mm², kar zadovoljuje zahtevanim pogojem vseh vrst strojnih nožev, ki se izdelujejo iz platiranega materiala.

Nekatera podjetja uporabljajo za izdelavo ploščatih platiranih palic, za izdelavo strojnih nožev paket, ki je prikazan na sliki 11. S spojnih stranic nosilnega — osnovnega dela (1) iz nizkoogljičnega jekla in koristnih — reznih delov (2) in (3) iz orodnega ali brzoreznega jekla, zahtevanih dimenzij, je



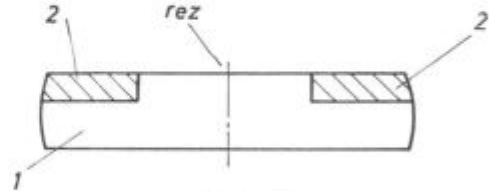
Slika 11

Presek paketa z vložkom s strani za valjarsko platiniranje ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev

Fig. 11

Cross section of the pack with side insert for plating flat sections by rolling for manufacturing cutting tool

potrebno odstraniti okside in površinske napake s peskanjem, luženjem, brušenjem ali katerim drugim postopkom mehanske obdelave. Na stičnih robovih med nosilnim in reznima deloma je potrebno izvršiti varjenje s hermetičnim zvarom (4). Za tem se paket ogreje, izvalja, razreže na zahtevane dolžine in termično obdela, kot je bilo navedeno v opisu predhodnega postopka za valjarsko platiniranje ploščatih palic ter razreže po vzdolžni osi ustreznim načinom mehanske obdelave, kot je prikazano na sliki 12.



Slika 12

Platirani profil z vložkom ob straneh za izdelavo strojnih nožev

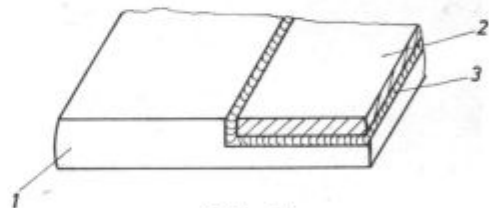
Fig. 12

Plated section with side insert for manufacturing cutting tool

Odvisno od zahtevanih širin platiranih ploščatih palic, širine ravnih delovnih površin valjev in moči proge je železarna Ravne osvojila proizvodnjo platiranih ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev po postopku valjarskega platiranja iz paketa, ki je prikazan na sliki 13. Izdelava paketov poteka po naslednjih fazah:

Na nosilnem — osnovnem delu (1) iz nizkoogljičnega jekla določenih dimenzij se z mehansko obdelavo izdela utor zahtevanih dimenzij. Nato sledi odstranitev oksidov in ostalih površinskih napak s prilegajočih se stranic koristnega dela (2) iz orodnega jekla z mehansko obdelavo. Po končani mehanski obdelavi sledi razmastitev prilegajočih se stranic koristnega in osnovnega dela, sestavitev paketa in zavaritev spojnih robov s hermetičnim zvarom (3).

Izdelani paket se nato ogreje na začetno temperaturo valjanja, ki je odvisna od vrste jekla koristnega dela, in to v času, ki je nekoliko daljši od časa ogrevanja pri normalnem valjanju. Valjanje mora biti izvršeno tako, da so začetne reduk-

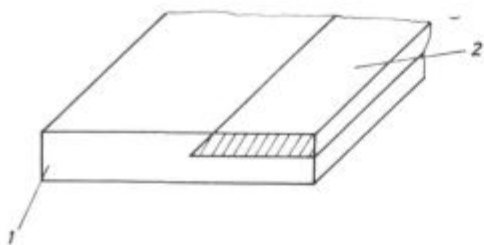


Slika 13

Paket za valjarsko platiniranje ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev — železarna Ravne

Fig. 13

Pack for plating flat sections by rolling for manufacturing cutting tool — Ravne Ironworks



Slika 14

Platirain profil za izdelavo strojnih nožev železarne Ravne

Fig. 14

Plated section for manufacturing cutting tool — Ravne Ironworks

cije čim večje, v pogojih železarne Ravne znašajo 20 do 25 mm na vtik. Profil valjarsko platiranih ploščatih palic železarne Ravne je prikazan na sliki 14.

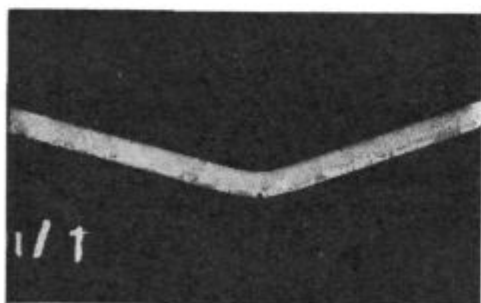
Izvaljane in ohlajene platirane ploščate palice se termično obdelajo, t. j. normalizirajo in žarijo po postopkih, ki so odvisni od vrste jekla koristnega dela in zahtevanih mehanskih lastnosti mehanske in termične obdelave strojnih nožev. Temu sledi ravnanje na ravnalnih strojih ter končna kontrola.

Končna kontrola valjarsko platiranih ploščatih palic se v železarni Ravne sestoji iz naslednjih faz:

- kontrola dimenzij
- ultrazvočna kontrola
- upogibni preizkus
- preiskava strižne trdnosti
- metalografski pregled

Odvisno od dimenzij preseka platiranih ploščatih palic se dimenzijska kontrola vrši na osnovi ustreznih predpisov JUS ali DIN, medtem ko je ukrivljenost po dolžini določena v mejo 50 % dopustne ukrivljenosti po JUS ali DIN.

Ultrazvočni pregled se vrši na platiranem delu. Mesta z večjimi defekti se izrežejo, medtem ko se manjši defekti, velikosti nekaj milimetrov, zanemarijo, ker nimajo pomembnega vpliva na trdnost spojitve platiranih palic, oziroma na uporabnost strojnih nožev.



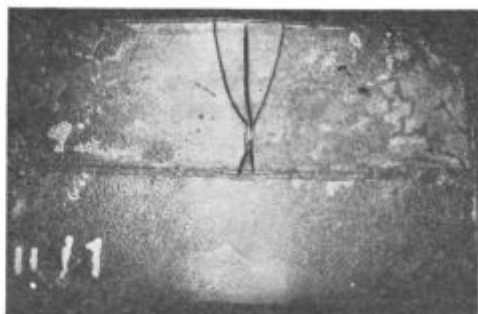
Slika 15

Stranski pogled preizkušanca po izvršenem zgibu

Fig. 15

Side view of the probe after bending

Upogibne preiskave se vršijo na vzdolžnih preizkušancih dolžine ca 300 m v kaljenem stanju. Preizkušance obremenjujemo do trenutka, ko se pojavijo razpoke na koristnem delu iz orodnega jekla, ki se nahaja na spodnjem delu, t. j. na daljši stranici upogibnega preizkušanca, kot je prikazano na sliki 15 in 16. Kakovost, oziroma trdnost spojitve ocenjujemo na osnovi pojava razslojitev porušenega dela, t. j. razslojitev ne sme nastopiti.



Slika 16

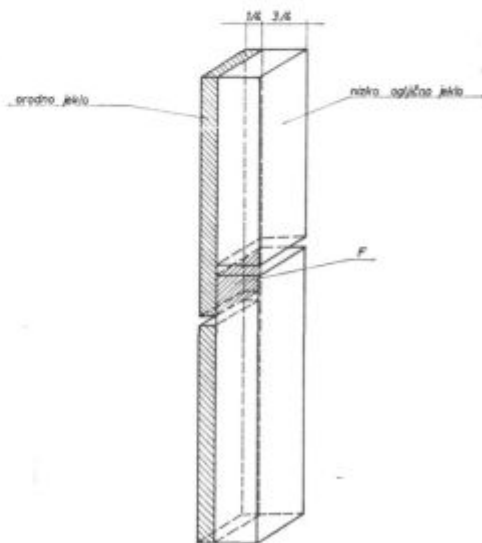
Videz preizkušanca po izvršenem zgibu

Fig. 16

Probe after bending

Trdnost spojitve na strig določamo na preizkušancih, izrezanih po vzdolžni smeri platiranega dela ploščatih palic. Navpično na vzdolžno smer probe, do spojnih površin, vrezemo zareze, kot je prikazano na sliki 17. Površina med zarezama predstavlja preizkusno površino določanja trdnosti spojitve na strig, ki jo določujemo na osnovi sile porušitve po naslednji formuli:

$$\tau = \frac{P}{F} \text{ (kp/mm}^2\text{)}$$



Slika 17

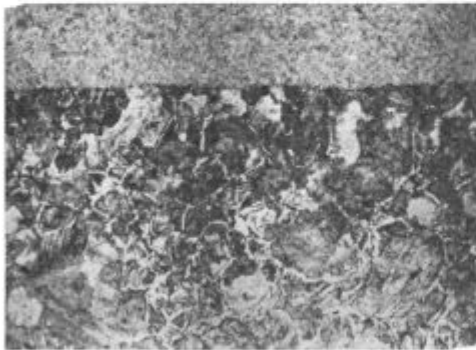
Preizkušavec za preizkavo trdnosti spojitve platiranega materiala na strig

Fig. 17

Probe for testing adhesive shear strength of plated material

Z metalografskim pregledom, ki ga opravimo na vzorcih v normaliziranem ter žarjenem in kaljenem stanju, določamo naslednje karakteristike platiranega materiala:

- globina razogljichenja
- količina globularnega perlita
- količina izločenih karbidov po mejah kristalnih zrn
- čistoča spojne površine
- globina difuzijske cone, od katere je odvisna trdnost spojitve — glej sliko 18



Slika 18

Struktura in spojna površina platiranega materiala za izdelavo strojnih nožev pri 200 × povečavi

Fig. 18

Structure and bonding surface of plated material for manufacturing cutting tool. Magnification 200 ×.

Rezultati izvršenih raziskav kakor tudi rezultati preiskav uporabnosti platiranih strojnih nožev v eksploataciji dokazujejo, da je proizvodnja platiranih ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev v železarni Ravne popolnoma osvojena.

ZAKLJUČEK

V tehnično razvidnih deželah je uporaba platiranih materialov zaradi razmeroma velikih eko-

nomskih in raznih zahtevanih kombinacij, mehanskih in fizikalnih lastnosti, kot so:

- znatno zmanjšanje stroškov proizvodnje
- znatni prihranek deficitarnih elementov (Cr, W, V, Co, Mo, Ni, To ipd.)
- velika trdnost
- velika strižna trdnost
- velika trdota
- velika obrabna obstojnost
- velika dimenzijska obstojnost
- velika ognjeodpornost
- velika korozijska odpornost
- zahtevana elektro prevodnost
- zahtevani linearni razteznostni koeficient

dosegla raznoliko in široko uporabo. Iz navedenega bi bilo potrebno in koristno, da študije, raziskave, razvoj, osvajanje proizvodnje in uporaba različnih sestav ter oblik platiranih materialov zavzame čim večji obseg.

Literatura:

1. J. A. I. Frenkel: Vvedenie v teoriju metallov, Gostehizdat 1968.
2. E. M. Lifšic: Teorija molekularnyh sil pritjaženija meždu tverdymi telami, ž. T. F. 1965.
3. S. A. Golovanenko: Proizvodstvo bimetallov, Izdatel'stvo Metallurgija 1966.
4. I. M. Parks: Rekrystallizatio Welding, The Welding Journal, 32 (1963).
5. N. F. Laško: Metallovedenie svarki, Mašgiz 1954.
6. S. D. Gerciken: Diffuzija v metallah i splavah v tvrdoj faze, Fizmatgiz 1960.
7. S. B. Ajnbinder: O principal'nyh osnovah holodnoj svarki metallov, Avtomatičeskaja svarka, 4, 1960.
8. E. I. Astrov: Metod issledovanija svarivaemosti metallov pri sovmeštnom plastičeskom deformirovanii, Zavodskaja laboratorija, t, 1958.
9. I. M. Pavlov: Issledovanie deformacii bimetalla, Cvernye metally 11, 1961.
10. Meandrov L. B.: Opytnaja prokatka duvslojnyh listov, Stal' 4, 1963.
11. G. I. Bel'čenko: Vlijanie nekotoryh elementovna svatxvanie stali pri gorjačej deformacii. Černaja metallurgija, 1, 1963.

ZUSAMMENFASSUNG

In den technisch entwickelten Ländern werden die plattierten Stähle fast auf allen Gebieten der Produktion in grossem Umfang angewendet. Mit der Anwendung der plattierten Materiale kann ein grösseres ökonomisches Effekt erzielt werden, ein Ersparnis an mangelhaften Elementen und eine Möglichkeit der Kombinierung der verlangten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.

Trotz der grossen Anzahl der Plattierungsverfahren welche in der industriellen Erzeugung angewendet werden, können diese abhängig von der Art der Bindung in drei Gruppen eingeordnet werden, und zwar:

- gegossene plattierte Materialien
- durch eine plastische Verformung erzeugte plattierte Materiale
- plattierte Materiale hergestellt durch das Ziehen, Schweißen und andere ähnliche Verfahren.

Im Grunde genommen basieren alle Plattierungsverfahren auf der Bindung zwei oder mehr dergleichen oder ver-

schiedenen Metallen. Mit verschiedenen Untersuchungen versuchte man auf Grund mehrerer Hypothesen, welche auf den Ergebnissen des Studiums der festen Körper, des Metallgefüges, der zwischenatomaren Beziehungen und ähnlichem basieren, den Bindungsmechanismus zu erklären und darzustellen.

Das älteste Verfahren ist das Plattieren durch das Giessen welches für die Erzeugung von verschiedenen Sorten und Formen dieser Materiale im Gewicht von cca 13 kg bis 13 und mehr Tonnen angewendet wird.

Die Verbindung der einzelnen Schichten kann während des Giessens oder während der plastischen Verformung auftreten. Nach diesem Plattierungsverfahren wird das Einsatzmaterial vorgefertigt und in die entsprechende Stelle in der Kokille eingesetzt und mit dem Grundmetall ausgegossen wie auf Bild 6 gezeigt wird. Nach der Abkühlung des abgegossenen Blockes folgt das Blockabstreifen, das Erwärmen und die plastische Verformung in die vorgeschriebenen Endausmasse des plattierten Erzeugnisses.

Die Fertigung der plattierten Materiale auf Grund der plastischen Verformung wird die Erzeugung und Anwendung dieser Materiale in einem grossen Ausmass beschleunigen.

Der Einsatz für das Plattieren auf Grund der plastischen Verformung ist ein Paket aus zwei oder mehr Schichten verschiedener Metalle zusammengestellt. Die Oberflächen welche sich miteinander verbinden, müssen sorgfältig vorbereitet werden. Die Pakete müssen so gefertigt werden, dass vor und während der Erwärmung keine Oxydation der Oberflächen auftritt, welche sich beim Plattieren miteinander verbinden. Die Pakete müssen deshalb an der äusseren Seite hermetisch geschweisst werden und möglicherweise in einer Schutzgas oder neutralen Atmosphäre erwärmt werden.

Wenn das plattierte Metall auf der bindenden Fläche spröde Verbindungen bildet, muss eine Zwischenschicht angewendet werden. Diese Schicht stellt eine Diffusionsperme zwischen den Kontaktflächen der plattierten Me-

talle dar und ermöglicht die Entstehung einer Verbindung genügender Festigkeit.

Das Paket für die Erzeugung eines zweischichtigen plattierten Bleches ist auf dem Bild 6 gezeigt, währenddem auf den Bildern 9, 11 und 13 Pakete für die Erzeugung durch die Aufwalzung plattierter Flaschstäbe für Maschinenmesser gezeigt werden.

Die Qualität der Plattierung bzw. der Verbindung und des plattierten Erzeugnisses wird durch folgende Kontrolle überprüft:

- die Masskontrolle
- die Ultraschallkontrolle
- Untersuchung der Scherfestigkeit
- Metallographische Untersuchungen

Durch die Untersuchungen ist festgestellt worden, dass die plattierten Materiale, welche auf Grund der plastischen Verformung erzeugt worden sind, sogar eine grössere Bindungsfestigkeit aufweisen als es von verschiedenen Normvorschriften vorgeschrieben ist.

SUMMARY

In technically developed countries plated materials are often used in nearly all industrial branches. Plated materials essentially increase the profitability, expensive components are saved, and desired mechanical and physical properties can be more easily achieved.

Though a great number and various plating processes are used in industrial production they can be divided according to the way of manufacturing or adhesion into three groups:

- cast composed materials
- plated materials manufactured by plastic working,
- plated materials manufactured by drawing, welding, and other similar methods.

All the plating processes are based on the adhesion of two or more components of the same or of different metals. Mechanism of adhesion was explained by various hypotheses based on experimental investigations, material science, metal structures, interspace reactions, and diffusion.

Plating process with casting is the oldest method used for production of various forms and types of products which weight varies from about 13 kg to 13 and more tons. Adhesion of single layers occurs during casting or during plastic working. Basic principle of this plating process is the preliminary preparation of the plating layer in the mould so that it is filled up by the molten basic metal as shown in Fig. 6. After the casting is cooled the mould is stripped, and the casting is heated and plastically worked to the final dimension of the plated product.

Production of plated materials based on plastic working will in modern production increase the production and use of such materials to a great extent.

Blank for this plating process is the pack composed of two or more layers of various metals. Surfaces for mutual adhesion must be carefully prepared. The packs must be prepared so that no oxidation of surfaces can occur before and during heating. Sides of packs must be welded by tight welds and heating should be performed in controlled or neutral atmosphere.

If plated metals or one of them form brittle compounds or alloys on the adhesion surfaces, an «intermediate» or «transition» layer must be applied. This layer presents a diffusion barrier between the contact surfaces of plated materials and it enables sufficiently strong adhesion.

A pack for manufacturing a two layer plated sheet is shown in Fig. 6 while Figs. 9, 11, and 13 present packs for manufacturing flat plated sections by rolling which are used for further production of cutting tool.

Quality of plating or adhesion, and of the plated product can be controlled by:

- dimension tests
- ultra sonic tests
- bending tests
- measuring the shearing strength
- metallographic investigation

Investigations showed that plated materials made by plastic working indicate better adhesion than demanded by various standards.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технически развитых странах употребление плакированных материалов получило почти во всех отраслях промышленности широкое распространение. Применением плакированных материалов увеличен экономический эффект, получено сбережение дефицитных элементов и дана возможность комбинировать требуемых механических и физических свойств.

Несмотря на разнообразность и большого выбора способов плакирования, которые применяются в промышленности, их, что касается способа изготовления, отн. соединения, можно разделить в три основные группы как следует:

- литые плакированные материалы,
- плакированные материалы изготовленные волочением, свариванием и другими подобными способами и
- плакированные материалы изготовленные способом пластической переработки.

В основании все способы плакирования основываются на соединении двух или нескольких, одних и тех же или различных металлов. Разными методами исследования на основании значительного числа гипотез, которые возникли как результат изучения физических свойств твердых тел, структуры металлов, взаимного действия атомов, способности диффундирования и подобного, цель автора была подать и объяснить механизм соединения.

Способ плакирования литьем представляет собой самый старый способ, он употребляется для производства разных сортов и разных форм тяжести от прибл. 13 кг до 13 т.

Соединение отдельных слоев может наступить во время литья или во время пластической переработки. Основной принцип этого способа плакирования очень зависит от предварительного приготовления вкладыша, которого вставляют на соответствующие места в изложницы и заливает с основным металлом, как это

приказано на рис. 6. По законченном охлаждении отливка изложницу снимают. Последует обогрвание и пластическая переработка отливки на требуемые размеры лакированного изделия.

При способе лакирования на основании пластической переработки как вкладыш служит «пакет» который состоит из двух или нескольких слоев разных металлов, поверхности соединения которых должны быть тщательно приготовлены. Пакеты надо приготовить так, что во время нагревания не получится окисление между собой соединяющихся поверхностей лакированных металлов. Поэтому необходимо обод пакета герметически заварить и, по возможности выполнить подогревание в защитной или нейтральной атмосфере.

Если на поверхности лакированных металлов или на одном из них образуются хрупкие соединения или сплавы, то надо употребить «промежуточный слой» т. е. «переходной слой». Этот слой

представляет собой диффузионный барьер между контактными поверхностями лакированных металлов и дает возможность образования соединения удовлетворительной прочности.

Пакет для изготовления двухслойной лакированной жести изображен на рисунке 6; на рисунках 9, 11 и 13 изображены пакеты для лакирования плоских прутков приготовленных прокатыванием в промышленности для изготовления ножей.

Качество лакирования т. е. качество соединительности слоев а также и самого изделия определяются последующим порядком: проверка размер, ультразвучный контроль, прочность на сдвиг, свойства лакированного пакета при ваянии сил на изгиб и металлографическое испытание. Исследованиями установлено, что прочность соединения материалов лакированных способом пластической переработки превышает стандартные предписания.