

Obdelava domačih avtomatskih zlitin z rezili

V sestavku je na kratko prikazano stanje v naši industriji aluminija z ozirom na naše prirodne rudne možnosti ter razvoj in osvajanje avtomatskih aluminijevih zlitin pri nas.

UVOD

Jugoslovanski rudniki boksita dajejo letno okrog 2 milijona ton rude. Domače tovarne predelajo boksita le za 100.000 ton glinice, primarnega aluminija pa proizvedemo le okrog 43.000 t. Pretežna večina boksita gre torej v izvoz.

V svetovnem merilu sodelujemo pri pridobivanju boksita s 5 %, pri pridobivanju primarnega aluminija z 0,6 % ter pri izdelavi Al-polproizvodov z 0,8 %. Z ozirom na naše rudno bogastvo je proizvodnja 2 milijona ton boksita letno primerna proizvodnja, znatno pa zaostajamo v proizvodnji primarnega aluminija in aluminijevih polproizvodov.

Naša aluminijevska industrija je usmerjena pretežno v izvoz. Tako se izvažata 80—90 % proizvodnje boksita ter približno 45 % proizvodnje aluminijevih polproizvodov. Kot eden od glavnih razlogov za ta velik izvoz bi lahko omenili neuskkljenost proizvodnih kapacitet v posameznih fazah proizvodnje (proizvodnja boksita odgovarja proizvodnji ca. 450.000 do 500.000 t aluminija, dejansko ga pa proizvedemo 10-krat manj). Nadaljnji faktor je premajhna razvitost domačega trga oz. nizek nivo potrošnje aluminija. Tako smo glede izvoza boksita na prvem mestu v Evropi, pa tudi pri procentu izvoza polproizvodov smo bolj na čelu razpredelnice.

Podatki za leto 1966 izgledajo tako:

	% izvoza
Avstrija	61
Jugoslavija	41
Francija	16
Zah. Nemčija	14
Italija	11
Nizozemska	20
Anglija	11
ZDA	7
Japonska	8

Jugoslovanska Al-industrija, ki je še razmeroma mlada, se srečuje pri izvozu z močno konkurenco celih grupacij Al-industrije, ki razpolaga z velikim kapitalom in ki so močno povezani med seboj z različnimi sporazumi.

Lastnosti in uporabnost aluminija

Dobro uporabnost aluminija in njegovih zlitin omogočajo njegove posebne lastnosti: majhna specifična teža, dobra korozivna obstojnost, toplotna in električna prevodnost, srednje dobre mehanske lastnosti, dobra varivost in obdelovalnost z rezili. Majhna specifična teža omogoča uporabo aluminija in njegovih zlitin predvsem v industriji prevoznih sredstev. Tako je aluminij zelo ugoden pri izdelavi železniških vagonov, avtomobilov, letal ip. Pri gradnji ladij ga uporabljamo predvsem za nadgradnjo ladij — ladja pridobi s tem zelo dosti na svoji stabilnosti.

Aluminij je korozivno dobro obstojen, njegova obstojnost se pa zelo poveča, če ga površinsko posebej oplemenitimo. To vrsto površinske obdelave lahko uporabimo tudi v dekorativne namene, posebno pri notranji arhitekturi.

Toplotna prevodnost Al je znatno večja kot pri železu. Še važnejša je električna prevodnost. To se je pokazalo že v drugi svetovni vojni, ko je začelo nekaterim državam primanjkovati bakra. Kjer so le mogli, so v elektro industriji nadomestili baker z Al. Danes je pretežna večina daljnovodov iz Al-Fe vrvi.

Trdnostne lastnosti Al niso najboljše, lahko pa to popravimo v izdatni meri z dolegiranjem nekaterih elementov. Tako dobimo Al-zlitine, ki imajo dobre mehanske lastnosti. Visoko legirane zlitine dosežejo s primerno plastično deformacijo in toplotno obdelavo tudi do 65 kp/mm². Take trdnostne vrednosti pa že omogočajo uporabo Al-zlitin kot konstrukcijski material.

Obe glavni skupini aluminijevih zlitin; livne in gnetilne zlitine lahko obdelujemo z rezili. Njihova sposobnost za obdelavo z rezili je različna in še slabo raziskana. V splošnem lahko rečemo, da se dajo aluminijevske zlitine lažje obdelovati z rezili kot npr. siva in jeklena litina, bron ip. Pri Al-zlitinah je potrebno namreč manj sile, zato tudi lahko delamo z večjimi hitrostmi rezanja. To skupaj nam daje ugodnejši rezalni učinek.

Seveda je med posameznimi Al-zlitinami tudi precejšnja razlika pri obdelavi z rezili. Zlitine, ki so bolj mehke, se pri obdelavi z rezili mažejo; torej niso najbolj primerne. Boljše so zlitine, ki se dajo toplotno obdelati. Velik vpliv na obdelovalnost z rezili izkazuje tudi sestava zlitine. Posebno silicij kot legirni element, to se pravi v večji množini, ima svoj vpliv. Silicij namreč povečuje obrabnost orodja kar seveda iz ekonomskega momenta

ni ugodno. Negativno vplivajo tudi razni trdi vključki, ki pridejo v material tekom izdelovnega postopka. Posebno neugoden je aluminijev oksid v obliki korunda. Ta je znatno trši kot ostale komponente v materialu in povzroča večjo obrabo orodja. Včasih se zgodi, da sta dva obdelovanca enake sestave, obraba orodja je pa zelo različna: pri enem normalna, pri drugem slaba. V tem primeru je sigurno posreduje negativni vpliv pretrdih vključkov.

Pri zlitinah, ki se uporabljajo v motorogradnji se poleg Si legirajo Ni, Co, Mg, Cr. Te zlitine so zelo trde in se dajo gospodarno obdelovati le s karbidnimi trdinami in z diamanti.

Pri gnetilnih Al-zlitinah so pogoji obdelave z rezili podobni. Čisti Al in nižje legirane zlitine, ki imajo manjšo trdoto, nagibajo k mazanju, višje legirane zlitine, posebno pa tiste, ki jih lahko toplotno obdelamo, pa se dajo dobro obdelovati z rezili. Seveda vplivajo sestavne komponente in pa stopnja plastične deformacije.

Posebno skupino tvorijo Al-zlitine, ki se obdelujejo na avtomatih. Pri teh zlitinah želimo, da so ostružki čim krajši, torej da se dobro lomijo, da je obdelana površina čim bolj gladka, da so hitrosti obdelave velike ter da je obrabnost rezila čim manjša. Seveda vpliva na vse to poleg kemijske sestave zlitine, posebne plastične in termične obdelave materiala tudi geometrija orodja in pa odgovarjajoča hitrost obdelave.

Pri jeklih za obdelavo z rezili namenoma dodajamo določeno količino fosforja in žvepla. Ta dva dodatka povzročita, da se ostružki radi lomijo; to omogoča obdelavo na avtomatih. Podobno je pri medenini. Določen dodatek svinca povzroči, da se ostružki lomijo, medenina je sposobna za obdelavo na avtomatih. Svinec namreč ni topljiv v bakru in če je pravilno razdeljen v osnovni masi bakra, povzroča lomljenje ostružka pri obdelavi z rezilom. Pri Al-avtomatskih zlitinah dodajamo v glavnem svinec in bizmut, včasih tudi kadmij in antimon. Tudi pri teh zlitinah povzročajo ti dodatki, da se ostružek odlomi. Tako dobimo kratke odrezke, kar je osnova dela na avtomatih.

Razni strojni deli so danes že iz lahkih kovin. Posebno velja to za avtomobilsko industrijo, optično, elektroindustrijo in finomehaniko. Velik del teh izdelkov se izdeluje na avtomatih. Da je delo na avtomatih res koristno in tudi ekonomsko, zavisi od izbire osnovnega materiala, od oblike izdelka oz. od kvalitete površine izdelka, od pogojev dela z rezilom in končno od orodja samega. Od materiala za obdelavo na avtomatu želimo kratke ostružke, ki ne motijo dela na avtomatu, veliko hitrost rezanja, da se skrajša delovni čas; od orodja pa želimo čim daljšo rezalno sposobnost.

Al-avtomatske zlitine dobijo svoje visoke mehanske lastnosti s termično obdelavo. Osnovni tipi so Al-Cu, Al-Cu-Mg in Al-Mg-Si, kot lomne komponente ostružkov pa služijo mali dodatki Pb in Bi. Ti dve kovini sta topni v aluminiju v zelo mali meri. Zato je zaželeno, da sta pri gotovi določeni struk-

turi osnovnega materiala čim bolj enakomerno razporejeni v zelo finih kapljicah. Seveda je tu treba vedno paziti na to, da najdemo pravilen odnos med zahtevanimi mehanskimi lastnostmi osnovnega materiala oz. izdelka ter med dobro obdelavo z rezili. Poglejmo zlitine, ki se uporabljajo pri nas. To so Dural 58 in Dural 59 ter Antikorodal-avtomatski.

D 58 ima sestavo: Cu 5—6 %, Pb 0,2—0,6 %, Bi 0,2—0,6 %.

Mehanske lastnosti: trdnost 35—41 kp/mm²; meja plast. 25—29 kp/mm²; raztezek 14—20 %; trdota 105—125 kp/mm².

Poleg teh glavnih značilnih lastnosti je značilnost D 58, da daje pri obdelavi z rezili zelo drobne igličaste ostružke. (podobno kot Ms 58.)

Meritve so pokazale, da je pri obdelavi z rezili potrebno pri Al-avtomatskih zlitinah manj sile pri obdelavi kot pri avtomatskem jeklu in medenini. To omogoča, da se lahko poveča hitrost obdelave.

D 58 lahko tudi površinsko zaščitimo (n. pr. z anodno oksidacijo). Cilj je seveda, da se izdelek korozijsko zaščiti. Ni pa uporabna anodna oksidacija D 58 za dekorativne namene (n. pr. za notranjo arhitekturo), ker nima čistih tonov barv.

Zaradi visokega dodatka bakra D 58 korozijsko ni dobro obstojen, zato ga je treba zaščititi s posebnim postopkom.

Nekateri potrošniki so pred leti zahtevali še boljšo obdelovalnost z rezili. To se je doseglo z večjim dodatkom Pb (0,6—0,9 %). Tako smo dobili avtomatsko zlitino D 59. Ta zlitina nam je dobro služila dolgo vrsto let in potrošniki so bili zadovoljni z njo. Novejši stroji z večjimi hitrostmi uporabljajo v glavnem D 58, tako se D 59 počasi umika iz redne proizvodnje.

Avtomatski Antikorodal ima pri nas sledečo sestavo:

Si 0,4—0,8 % Mg 0,8—1,2 % Cu 0,2—0,5 %
Mn do 0,15 % Pb 0,2—0,6 % Bi 0,2—0,6 %

Mehanske lastnosti so:

Trdnost: min. 37 kg/mm²
meja plastičnosti: min. 34 kg/mm²
raztezek: 5 %
trdota: 100—110 kp/mm² HB

Značilno za avtomatski Antikorodal je, da je ohranil dobro korozijsko obstojnost kot jo ima normalni Antikorodal, pridobil pa je na obdelovalnosti z rezili.

Ostružki niso sicer tako drobni in igličasti kot pri avtomatskem duralu, vendar ne motijo večino avtomatov pri delu. Ostružki so nekoliko daljši, vendar se pri primernih delovnih pogojih zvijejo in odlomijo. Tako ni nevarnosti, da bi se ostružki ovijali okrog materiala, niti da bi se delovni prostor avtomata napolnil.

Mehanske lastnosti avtomatskega antikorodala so dobre kot je razvidno iz podatkov. Korozijska obstojnost je boljša kot pri avtomatskem duralu. Zlitina je uporabljiva za dekorativne namene. Zato

se tudi v novejšem času vedno več uporablja, posebno tam, kjer ni odločilnega pomena, da je ostružek čim bolj droben.

Merilo za ugotavljanje obdelovalnosti

Merilo za ugotavljanje sposobnosti materiala za obdelavo z rezili je različno. Pred leti nas je predvsem zanimala oblika ostružka. Zeleli smo si, da se je ostružek čim bolj drobil; tako se ostružki niso ovijali okrog obdelovanca in ovirali delo.

Tudi obrabnost orodja je lahko kriterij, vendar nas to ne informira dovolj jasno o obdelovalnosti gotovega materiala. Te raziskave so zelo dolgotrajne.

Kot kriterij lahko služi tudi kvaliteta površine obdelovanca. To pa zavisi od orodja, od vrste materiala, hitrosti rezanja in podobno. Kvaliteta površine nam je posebno važna pri fini obdelavi. (Zavisi pa predvsem od geometrije orodja, podajanja in od hitrosti rezanja.)

Izvedba preiskav

Preiskave, ki jih nameravam navesti so se izvršile pred dobrimi desetimi leti. Namen teh preiskav je bil, da v naši tovarni osvojimo izdelavo Al-avtomatskih zlitin. Za preizkušanje smo izbrali D 58 ter avtomatski Antikorodal. Material je bil izdelan v obliki palic raznih premerov. Sestava materiala in mehanske lastnosti so bile v okviru norm.

Orodje je bilo iz uvoženega hitroreznega jekla. Preiskave so se pa vršile na stružnici pri enem izmed naših potrošnikov. Moč pogonskega motorja je bila 20 kW, največje število vrt./min. pa 1800 vrt./min. območja podajanja med 0,08 in 0,36 mm/vrt.

Pri orodju smo vzeli po priporočilih literature za cepilni kot območje 15° — 25° . Nastavni kot je bil stalen in je znašal 75° . Kot nagiba pa 0° . Kot konice 90° . Nož je bil stalno v sredini obdelovanca. Globina rezanja je bila tudi konstantna in je znašala 1 mm. Podajanje 0,08 in 0,135 mm/vrt., hitrost rezanja pa do 350 m/min.

Izvršila se je cela vrsta preiskav z variranjem geometrije orodja, hitrosti rezanja in podajanja.

V tako kratkem referatu se ne da vse to prikazati, zato bom navedel le rezultate.

Na kvaliteto površine obdelovanca vpliva v največji meri podajanje in to pri Ac-Pb v večji meri kot pri D 58. Hitrost rezanja vpliva v manjši meri, ravno tako cepilni kot orodja. Obrabnost orodja je bila pri obeh zlitinah približno enaka. Mogoče je bila za nianso večja pri Ac-Pb. Iz rezultatov se je ugotovilo, da je bila površina dobra pri cepilnih kotih 15° — 20° , ne pa pri 25° . Ugodno podajanje je pa 0,08 mm/vrt. Oba elementa sta ugodnejša pri večjih hitrostih rezanja.

Zaželjeno je, da so ostružki pri Al-avtomatskih zlitinah čim krajši in dobro lomljivi. Rezultati so pokazali, da na obliko ostružkov vplivajo hitrost rezanja orodja in podajanje. Tudi tu opažamo, da je ostružek manjši (ugodnejši) pri cepilnem kotu 15° — 20° ter pri podajanju 0,08 mm/vrt.

ZAKLJUČKI

Kratek resume naših izkušenj nam da sledeče:

Obdelava Al-zlitin zahteva velike hitrosti rezanja. Pri manjših hitrostih se pojavlja nevarnost nalepka na orodju, kar poslabša obdelavo.

Važno je, da je orodje točno nastavljeno. Z nastavitvijo noža pod sredino obdelovalnega predmeta lahko zmanjšamo ostružke.

Obdelovalnost Al-zlitin je močno zavisna od sestave zlitine, čistoče ter strukture materiala. V veliki meri poslabšajo obdelovalnost tuji vključki.

Drobljenje ostružkov je poleg sestave in strukture zlitine v večji meri odvisno od podajanja, hitrosti obdelave in noža.

Glede obrabnosti orodja lahko rečemo, da je bila obrabnost noža manjša pri D 58 in D 59 kot pri Ac-Pb.

Kvaliteta noža vpliva na obliko ostružka in površino obdelovanca. Zaželeno je, da je površina orodja čim bolj gladka.

Površina obdelovanca zavisi od hitrosti rezanja, podajanja in od noža.

ZUSAMMENFASSUNG

Die gute Verwendbarkeit von Aluminium und seiner Legierungen ermöglichen seine besonderen Eigenschaften: das kleine spezifische Gewicht, gute Korrosionsbeständigkeit, Wärme und elektrische Leitfähigkeit, mittelgute mechanische Eigenschaften und gute Bearbeitbarkeit mit den Schneidwerkzeugen.

Im allgemeinen werden die Al-Legierungen in zwei Gruppen geteilt: in Legierungen die gegossen werden, und Legierungen für die Warm oder Kaltverformung. Beide Sorten der Legierungen werden mit Schneidwerkzeugen bearbeitet. Die Bearbeitbarkeit dieser Materialien ist sehr verschieden und noch wenig erforscht. Al-Legierungen lassen sich mit den Schneidwerkzeugen leichter bearbeiten als zum Beispiel Stahl, Bronze und Messing. Der Schnittdruck ist kleiner, man kann also die Schnittgeschwindigkeit vergrößern. Reinaluminium und niedriglegierte Legierun-

gen lassen sich schlechter zerspannen und sind zum Schmieren geneigt. Die härteren Legierungen lassen sich schon besser zerspannen. Eine besondere Gruppe bilden die sogenannten Automatenlegierungen. Diese sind so legiert, dass sie sich gut zerspannen lassen.

Die Schneidwerkzeuge sind aus dem Schnelldrehstahl, für sehr hohe Schnittgeschwindigkeiten, werden aber auch Hartmetalle gebraucht. Bei der Bearbeitung mit den Schneidwerkzeugen hat sich gezeigt, dass der Erfolg neben der Zusammensetzung und des Zustandes des Bearbeitungsstückes vor allem von der Geometrie des Schneidwerkzeuges abhängig ist.

Als Kriterium der Bearbeitbarkeit hatte man einst vor allem die Form der Spänen berücksichtigt, später auch die Abnutzung des Werkzeuges in der letzten Zeit aber vor

алем die Oberflächengüte des bearbeitenden Stückes. Entscheidend ist vor allem der Zweck der Verwendung.

Für den Versuch haben wir die Legierungen D 58, D 59 und Ac-Pb gewählt. Thermisch bearbeitetes Material war in Stabform verschiedener Abmessungen vorbereitet. Die Legierung mit dem Zusatz von Cu-Pb und Bi hat sich gut bewährt, besonders in Hinsicht der Spänenbrüchigkeit.

Das war nämlich die Hauptbedingung des Abnehmers. Parallel haben wir auch die Automatenlegierung auf Grund der Al-Mg-Si Zusammensetzung entwickelt. Es hat sich gezeigt, dass die Legierung Al-Cu-Pb-Bi vor allem in Hinsicht der Spänenbrüchigkeit besser geeignet ist. Die Legierung Ac-Pb hat aber andere Vorteile.

SUMMARY

Wide use of aluminium and its alloys is enabled by their characteristics: low specific weight, good corrosive resistance, medium mechanical properties, and good machinability.

Aluminium alloys can generally be divided into two groups: cast alloys, and wrought alloys.

Both types of alloys are machined. Machinability of materials varies greatly, and is not much investigated. Aluminium alloys can be more easily machined than for instance steel, bronze or brass. Smaller cutting force is needed, so the speed of cutting can be increased. Pure aluminium and low alloyed alloys are more difficult to be machined and they have tendencies to smear. Alloys which can be hardened are easier to be machined. So called machine-alloys form a special group. These alloys can readily be machined.

Cutting tools are made of high speed tool steel, but for extremely high cutting speeds carbides are used. Beside the analysis and the state of specimen, geometry and working conditions of cutting tools have also great influence on the machinability.

As a criterion of machinability shape of chippings was used some time ago, later also wear of cutting tools was taken into account, and nowadays mainly surface of specimen is used as a criterion of machinability. First of all, use of materials is decisive. Bars of different dimensions of heat treated material were made. Cu-Pb alloy with addition of Bi showed good results, especially in respect of brittleness of chips what is one of the main customer's demands. At the same time machine-alloys based on alloy Al-Mg-Si have been developed. As far as brittleness of chippings is concerned the alloy Al-Cu-Pb-Bi proved to be better, but the alloy Ac-Pb has some other advantages.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Положительные свойства алюминия и его сплавов т. е. низкий удельный вес, хорошая стойкость против коррозии, хорошая тепловая и электропроводность, но механические свойства и обрабатываемость среднего уровня, есть причина широкого употребления этого металла и его сплавов. В общем Al-сплавы делим на две группы: литые и пластичные. Оба сорта сплавов обрабатываются с резами. Режущая способность материала для обработки весьма различная и ещё сравнительно недостаточно исследована. Алюминиевые сплавы легче обрабатываются с резами чем нпр. сталь, бронза и латунь; требуется меньшая сила резания что позволяет увеличение скорости. Чистый алюминий и низколегированные сплавы обрабатываются с резами несколько труднее и показывают склонность к смазке. Закалённые сплавы обрабатываются лучше. Отдельную группу представляют т. н. автоматические сплавы. Эти сплавы, специально легированные, обрабатываются очень хорошо с резами. Резцы изготавливаются

из быстрорежущей стали но для большой быстроты резания употребляются карбидные изделия. Результат обработки зависит от состояния и геометрии реза и от состава и состояния обрабатываемого предмета.

За критерий обрабатываемости раньше брали во внимание форму стружков, затем износ инструмента а в новейшее время поверхность обработанного предмета. Для испытаний выбраны сплавы D₅₈, D₅₉ и Ac-Pb и после термообработки приготовлены стержни различных размеров. Сплав с добавлением Cu-Pb и Bi дал хорошие результаты что касается хрупкости стружков (это было одно из главных требований покупателя). Параллельно с этим рассмотрены автоматические сплавы состава Al-Mg-Si. Установлено, что сплав Al-Cu-Pb-Bi более подходящая вследствие хрупкости стружков а сплав Ac-Pb имеет некоторыми другими положительными свойствами.