

5. 2. МЕТАЛИ ВЕЛИКЕ ПРОВОДНОСТИ

Свакодневни живот немогуће је замислити без електричне енергије

Од момента производње електричне енергије у електранама, преко

њеног преноса и развођења, до коришћења у индустрији или

домаћинству уочава се примена **метала велике проводности.**

Они омогућавају израду проводника и високонапонских каблова, ваздушних водова, телекомуникационих каблова, проводника за електричне апарате и електричне уређаје, проводних веза у микроелектротехници итд. Ништа од овога није могуће без примене бакра, алуминијума и њихових легура, али и племенитих метала сребра и злата.

5. 2. 1. Бакар Cu

Бакар је најважнији метал велике проводности, захваљујући својим добрим електричним и механичким особинама, као и повољној цени.

У електротехници се користи само најчистији бакар (електролитички), пречишћен поступком електролизе, са 99,95 до 99,98% Cu.

Бакар треба да садржи што мање примеса арсена (As), антимона (Sb), фосфора (P) и гвожђа (Fe) јер ове примесе неповољно утичу на његову проводност.

Бакар је сјајан метал, црвенкасте боје на свежем пресеку.

Особине бакра се могу побољшати обрадом или легирањем.



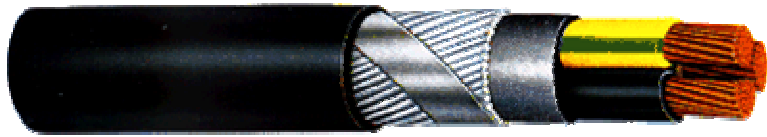
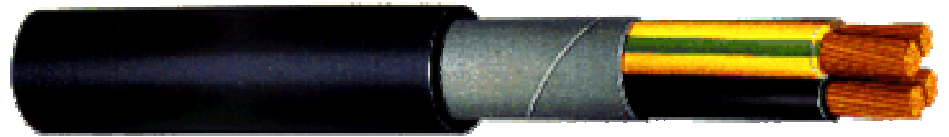
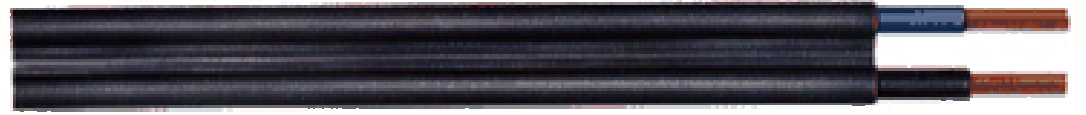
Чист бакар је врло пластичан, па се лако обрађује ваљањем, ковањем, пресовањем, извлачењем на хладно и на топло.

Хладном обрадом добија се **полутврди и тврди бакар** повећане чврстоће и тврдоће, а смањене истегљивости. Обрадом на хладно чврстоћа бакра се може повећати и за 90%, а да му се при том проводност смањи за само 5%. Жарењем бакра на температурама око 400 °C смањују се његова чврстоћа и тврдоћа, а повећава истегљивост. Овакав бакар се назива **меки бакар**.

Бакар има врло широку примену, мада се данас замењује и неким другим материјалима који су подједнако добри.

Бакар се користи у облику жица, лима, шина, плоча, профила, цеви или фолије. Најчешће се употребљава за израду:

- голих изолованих проводника, који се користе за преношење и развођење електричне енергије од електрана до потрошача (полутврди и тврди бакар),



- проводника код електричних машина, трансформатора и различитих електричних апарата (меки бакар),
- нисконапонских каблова,
- проводника и каблова за хемијску индустрију,
- бродских каблова,
- танких фолија за штампана кола,
- проводника и отпорника од легура бакра,

5. 2. 2. Алуминијум Al

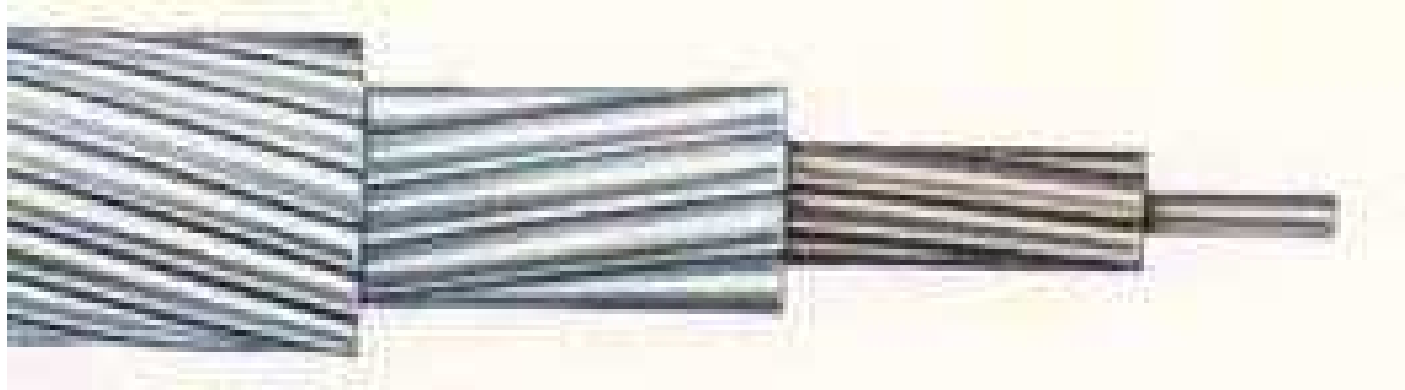
После бакра, алуминијум је најважнији метал велике проводности.

Ако се пореди са бакром може се рећи да - иако је лошији проводник од њега - има и низ предности.

У електротехници се користи **алуминијум ознаке Е - Ал** са око 99,5% алуминијума, јер проводност алуминијума највише зависи од његове чистоте. Најчешће примесе су гвође (Fe) и силицијум (Si).

Алуминијум је метал сребранасто беле боје. Велику предност алуминијума представља то што је он лак метал (три пута лакши од бакра), отпоран према корозији и довољно велике електричне проводности.



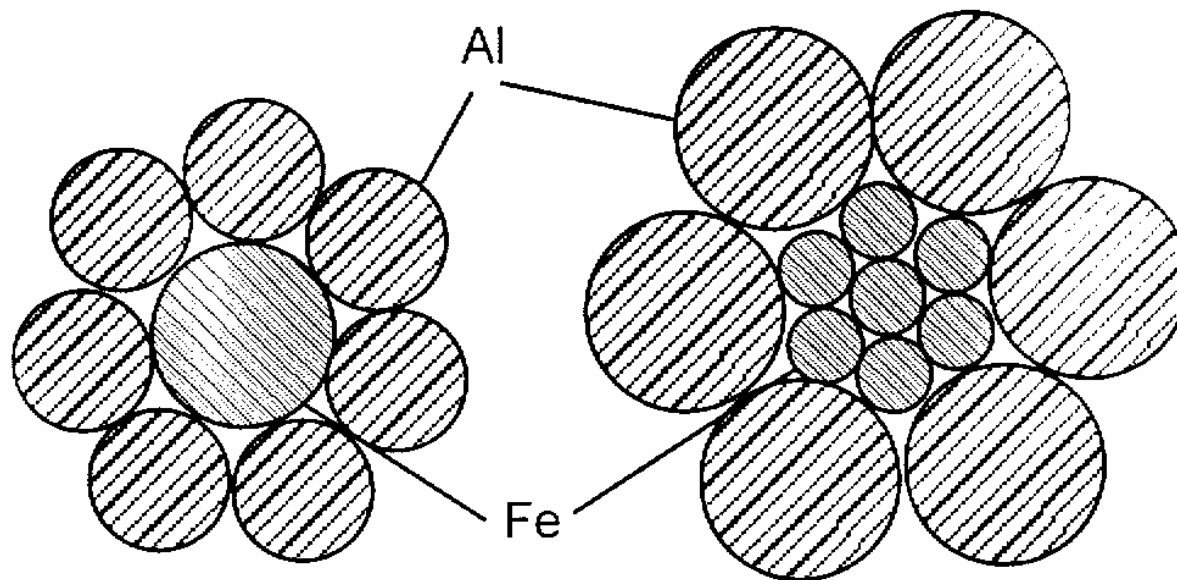


Има ниску температуру топљења ($658\text{ }^{\circ}\text{C}$), што у неким применама (напр. код топљивих осигурача) представља предност.

По проводности, алуминијум се налази на четвртом месту – иза сребра, бакра и злата. Проводност алуминијума је свега 60% у односу на проводност бакра. Практично, он је упола лошији проводник од бакра.

Алуминијум је мек метал. Пластичан је лако се обрађује извлачењем, ваљањем, пресовањем итд., при чему се добијају жице, лимови, фолије, шипке, профили.

Данас се водови од алуминијума, пре свега далеководи, израђују у облику ужади од алуминијума и поцинкованих челичних жица, која се називају **алучел ужад**. Чврстоћу им даје челична жица као језгро, а алуминијум, који је упреден око ње, има улогу проводника Слика 5. 3.



Слика 5. 3. Пресек водова од алуминијума.

Оваква ужад, за разлику од тешко бакарних водова, могу да се разапињу између мањих и ређих стубова. Тако пренос електричне енергије постаје јефтинији, а може се обављати до неких крајева у којима то раније једва да је било могуће.

Спајање алуминијумских проводника и делова од алуминијума, као и њихових легура, обавља се лемљењем и заваривањем.

Директно спајање бакра и алуминијума не само да се не препоручује већ није ни дозвољено.

Према значају примене у електротехници, алуминијум се налази на другом месту - одмах после бакра. Користи се за израду:

- голих и изолованих проводника (тврдо вучни алуминијум),

- каблова (уколико се користи као проводник, употребљава се тврдо вучни алуминијум, међутим, кад се од њега израђује плашт за заштиту од влаге, који треба да буде савитљив, употребљава се мек алуминијум),
- далеководи (проводници и ужад намотани око челичног језгра израђени су од тврдог алуминијума), кондензатора,
- у мерној техници - за израду казаљки, мембрана, антена итд.,
- у микроелектротехници - за проводне слојеве, као и за израду танких жица пречника 25 мкм,

- топлјивих осигурача,
- делова конструкције (легуре алуминијума),

Проводност алуминијума је приближно **1,6 пута** мања од проводности бакра, па ће алуминијумски проводник исте дужине и истог укупног отпора морати да има **1,6 пута већи пресек**.

С друге стране, алуминијум је око **3,3** пута лакши од бакра.

Према томе, за адекватну замену бакра алуминијумом потребно је **два пута мање алуминијума**.

Када су у питању електричне инсталације, бакар у пракси има предност јер се алуминијумски проводници лошије спајају, а и теже се увлаче у цеви.

5. 2. 3. Сребро Ag

Осим бакра и алуминијума, који у енергетици представљају незаменљиве метале велике проводности, као проводници се користе и племенити метали сребро и злато.

Због високе цене сребро и злато се користе у електротехници само у специјалним случајевима.

То су племенити метали. Њихова " племенитост " огледа се у постојаности према корозији. Већу постојаност има злато, које је отпорно на деловање киселина.

Раствара се само у " царској води " (HCl и HNO_3).

Сребро и злато су меки метали .

Чисто сребро је мекше од бакра, а тврђе од злата. Сребро се користи за израду топљивих осигурача, електричних контаката, термопарова, лемова, за добијање многих легура или као компонента у тзв.сребрном лему.

5. 2. 4. Злато Au

Злато се користи за израду специјалних контаката, термопарова, за спајање компонента у микроелектроници, за израду оптичких филтера, фотоотпорника и сл.



Табела 5.2. – Електрична и механичка својства материјала велике проводности

Цена	ниска	нижа	висока	веома висока
	Cu E-Cu (99,9% Cu)	Al E-Al (99,5% Al)	Ag	Au
ρ (Ωm)	$1,7241 \cdot 10^{-8}$	$2,78 \cdot 10^{-8}$	$1,65 \cdot 10^{-8}$	$2,35 \cdot 10^{-8}$
Температура топљења ($^{\circ}C$)	1 083	660	960	1 063
Густина (g/m^3)	8,9	2,7	10,49	19,32
Тврдоћа по Бринелу (N/mm^2)	400–950	180–400	250	180
Чврстоћа при кидању (N/mm^2)	200–450	70–170	150–140	140