

Správné spojování hliníku a mědi

z německého originálu časopisu *de*, 22/2008,
vydavatelství Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München,
upravil Ing. Josef Košťál, redakce Elektro

Měď je vzhledem ke svým vynikajícím elektrickým vlastnostem na prvním místě při výrobě vodičů a elektrických spojení. V mnoha případech se jako schůdná varianta nabízí také hliník, který má malou hmotnost a díky tomu se ním i velmi dobře manipuluje. Elektrotechnici jsou tak v praxi často postaveni před problémem, jak tyto dva materiály spolu odborně spojit.

Elektrické spojení hliník–měď je třeba např. tam, kde je okružní vedení v průmyslové oblasti provedeno hliníkem, avšak přívod k přilehlému podniku je již řešen měděnými vodiči. Často je ale také nutné např. u transformoven připojit hliníková vedení na měděné přípojnice. Problém spočívá v tom, že nelze s ohledem na elektrickou bezpečnost a spolehlivost tyto dva kovy – hliník a měď –

nikovou elektrodou (katoda). Napětí, které je vytvářeno tímto článkem, se dostává přes kvazi-kovový kontakt měď–hliník do zkratu. V závislosti na velikosti proudu, který mezi těmito dvěma kovy protéká, dochází k tvorbě usazenin, resp. k rozkladu hliníku. Tento rozkladný proces je navenek viditelný jako kvetoucí oxidační místo a začíná na hliník působit již při přítomnosti nejmenších měděných plošek, a to v podobě permanentní chemic-

Při spojování mědi a hliníku platí zásada naprostého zamezení přístupu vlhkosti k místu spojení

ké reakce, neboť měď se přitom nerozkládá. Při elektrickém spojení dochází ke zvyšování intenzity této reakce v důsledku zvýšení přechodového odporu. To vede ke zvyšování teploty v místě dvoukového spoje a v nejhorším případě k zahorení – vzniku požáru.

Proto při spojování mědi a hliníku platí zásada, že je třeba za každou cenu zamezit přístupu vlhkosti k místu spojení. V prostorách s tvorbou kondenzátu musí být místo dotyku mezi mědí a hliníkem chráněno speciálními metodami pro ochranu spoje. Jde především o použití kabelových ok (obr. 2) a spojek hliník–měď. Tyto komponenty nevykazují po pracovních-technické stránce žádné svodové cesty, ve kterých by se mohla shromažďovat

vodivá kapalina, jež je příčinou vzniku oxidačního procesu. Pro tyto vlastnosti jsou kabelová oka a spojky hliník–měď předurčeny také mj. pro použití ve větrných elektrárnách instalovaných na volném moři.

Lisovaná kabelová oka

Kvalitní značková lisovaná kabelová oka pro spojování hliníkových vodičů např. s měděnými přípojnici (obr. 3) sestávají z přitlačkové části tvořené elektrolytickým hliníkem (E-Al) a z připojené měděné šroubovací spony podle normy EN 13600 (Měď a slitiny mědi – Trubky bezešvé z mědi pro použití v elektrotechnice). Oka se dodávají v rozsahu jmenovitých průřezů 16 až 400 mm². Oblast použití zahrnuje obecně vytváření spojů odlehčených na tah s hliníkovými kabely podle normy DIN 48201 Část 1 (Lanované vodiče z mědi) a hliníkových lan podle normy EN 50182 (Vodiče venkovního elektrického vedení – Lanované vodiče vinuté z koncentrických kruhových drátů). Specifikace a zpracování lisovaných kabelových ok hliník–měď odpovídají čistě hliníkovým provedením.



Obr. 1. Nevhodná lisovací vložka a/nebo neodborně provedené lisování vedou k nadměrným lisovacím tlakům (vpravo) nebo k nedostatečným lisovacím tlakům (vlevo)

jen tak jednoduše mezi sebou spojovat. Je třeba vyloučit především přístup vlhkosti do spoje (obr. 1). Proto se pro kvalitní a odborné spojování těchto dvou kovů používají speciální kabelová oka a spojky hliník–měď.

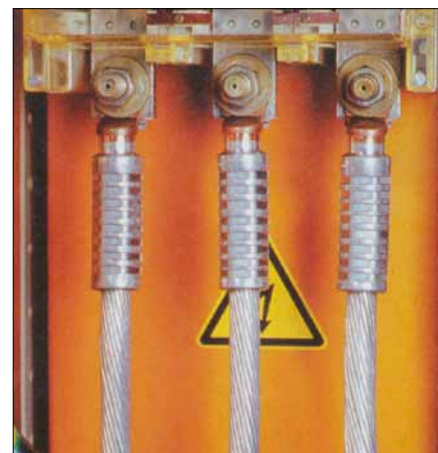
Hliník–měď – problematické spojení

Hliník je v podstatě velmi reaktivní a snadno oxidující kov a přesto se v praxi osvědčil jako korozivzdorný materiál. Za tuto vlastnost vděčí odolné oxidační vrstvě, která se vytváří na jeho povrchu působením vzdušného kyslíku (tzv. samopasivace). Při jeho slučování s ušlechtlejšími kovy, tedy např. s mědí, dochází za přítomnosti elektricky vodivých kapalin, mezi které patří i kondenzační voda, k elektrochemické reakci vytvořením galvanického článku. Při tomto procesu hrají rozhodující roli rozdíly potenciálů, které jsou dány elektrochemickou řadou napětí.

Galvanický článek je vytvořen měděnou elektrodou (anoda), elektrolytem (voda) a hli-



Obr. 2. Kabelová oka hliník–měď nepředstavují z pracovních-technického hlediska žádné svodové cesty, kde by se mohla hromadit vlhkost způsobující oxidaci



Obr. 3. Odborné připojení hliníkového vodiče k měděné přípojnici pomocí hliníkového kabelového oka a měděné šroubovací spony

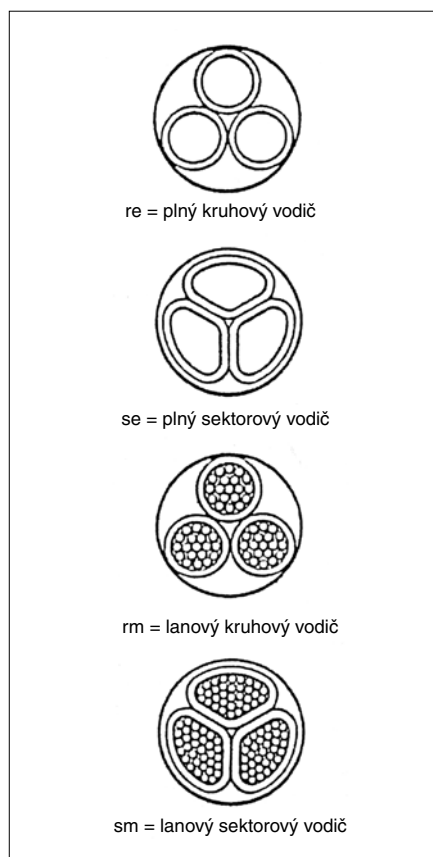
Výrobky renomovaných značkových výrobců, jako je např. Klauke, mají konstantní tloušťku materiálu, přesné průměry i tvar, což je základním předpokladem pro dobré zpracování a vysoký stupeň bezpečnosti. Lisovaná kabelová oka hliník–měď jsou stejně jako čistě hliníková lisovaná kabelová oka podle DIN 46239 vyráběna jako podélně těsná, takže lze pracovat i s olejem napuštěnými kabely s papírovou izolací bez úniku oleje.

Hliníkové vodiče v přehledu

Hliníkové vodiče se vyskytují obecně ve čtyřech různých typech, které vyžadují zčásti speciální metody zpracování. Jde o tyto typy (obr. 4):

- plný kruhový vodič (**re** – *Rundleiter ein-drähtig*),
- plný sektorový vodič (**se** – *Sektorleiter ein-drähtig*),
- lanový kruhový vodič (**rm** – *Rundleiter mehrdrähtig*),
- lanový sektorový vodič (**sm** – *Sektorleiter mehrdrähtig*).

Zkratky německých slov uvedené v závorkách jsou vedle dalších údajů vyznačeny na lisovaných kabelových okách hliník–měď



Obr. 4. Různá provedení hliníkových vodičů

a lze podle nich zjistit, pro jaký typ hliníkového vodiče je příslušné oko vhodné. Tato ražná značení poskytují důležité údaje o výrobci, rozměrech a provedení výrobku (obr. 5).

Příklad 1

Symboły 16 KL25 150 rm/sm 185 re/se na kabelovém oku mají tento význam:

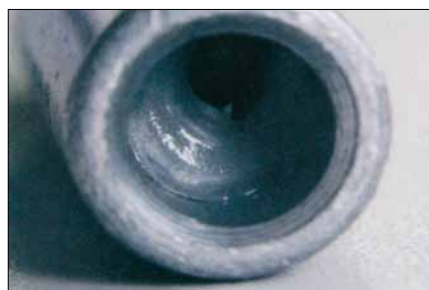
- 16 – metrický rozměr vrtání pro připojovací svorník (zde šrouby M 16),
- KL – identifikace výrobce (zde firma Klauke),
- 25 – identifikační číslo lisovacího nástroje,
- 150 – jmenovitý průřez vodiče (mm²),
- rm/sm – pro lanový kruhový vodič/lanový sektorový vodič,
- 185 – jmenovitý průřez vodiče (mm²),

- re/se – pro plný kruhový vodič/plný sektorový vodič.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat identifikačnímu číslu lisovacího nástroje, neboť má-li být lisování provedeno odborně, musí se použít vložka lisovacího nástroje vždy



Obr. 5. Ražba na kabelovém oku s lisovacími údaji, identifikací výrobce, informací o průřezu a struktuře kabelu



Obr. 6. Kvalitní hliníková kabelová oka jsou opatřena speciálním kontaktním tukem, který vylepšuje vlastnosti styku a umožňuje vytvořit dokonalé elektrické spojení

shodovat s vyraženým identifikačním číslem na kabelovém oku. Zrcadlově otočené identifikační číslo nástroje se nachází také na lisovacích ploškách vložky, takže po slisování zůstávají identifikační čísla viditelná pro kontrolu a dokumentaci.

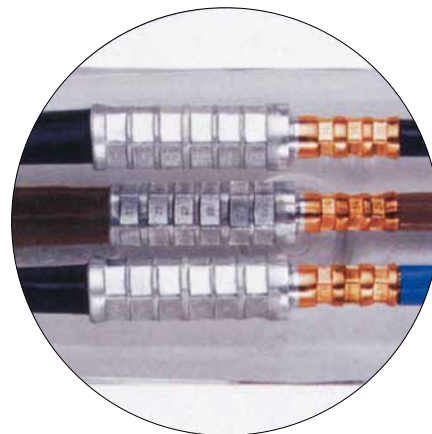
Pro odborné zpracování lisovaných kabelových ok hliník–měď se obecně doporučuje používat šestihránné lisovací vložky podle normy DIN 48083-4 (Vložky v lisech pro lisované spoje; Rozměry šestihránné lisovací formy).

Předpokladem pro správné odborné slisování bez nadměrného, nebo naopak nedostatečného tlaku je použití vhodného nástroje. Chyby lisování mohou vést ke zvýšení přechodových odporů, jejichž důsledkem je růst teploty v těchto místech, což může v nepříznivém případě být příčinou vzniku požáru. Pro zamezení takovýchto jevů doporučuje firma Klauke používat k lisování kabelových ok značky Klauke výhradně nástroje k tomuto účelu určené výrobcem (v tomto případě značky Klauke). Tak např. speciální lisovací vložka pro hliník, jejíž šířka kontaktní plochy činí 7 mm, má o 2 mm větší šířku než lisovací vložka pro spojovací materiál z mědi. Toto platí výhradně pro lisovací vložky určené pro tlak 60 kN. Důvodem je to, že vložky s většími lisovacími šířkami spojují širší oblast vodičů kabelovými oky, a kompenzují tak zhoršenou vodivost hliníku. Pro snadnější rozlišení mají hliníkové lisovací vlož-

ky barvu stříbrnou a vložky určené pro měď barvu zlatou.

Kontaktní tuk v hliníkovém spojovacím materiálu

Spojovací materiály pro hliníkové vodiče jsou výrobcem opatřeny speciálním kontaktním tukem (obr. 6). Tento tuk rozrušuje při lisování nevodivou oxidační vrstvu hliníku, která se na jeho povrchu vytvoří již během několika málo minut. Tuk tak vylepšuje kontaktní vlastnosti a umožňuje docílit doko-



Obr. 7. Hliníkový vodič a měděný vodič různých průřezů lze odborně a bezpečně spojit pomocí tzv. redukční spojky



Obr. 8. Hliníková strana (vpravo) má zpravidla větší průměr než měděná strana (vlevo) z důvodu vyrovnání horší vodivosti hliníku

nalé elektrické spojení. Navíc zabraňuje přístupu kyslíku k místu styku, čímž zamezuje opětovné oxidaci.

Pro zachování funkčnosti tuku jsou značková kabelová oka uzavřena plastovou zátkou, která zabraňuje vysychání nebo vytékání přísady usnadňující lisování.

Spojka hliník–měď

Pro odborné spojení hliníkových a měděných vodičů nabízejí značkoví výrobci, jako např. Klauke, redukční spojky se jmenovitými průřezy v rozsahu 10 až 300 mm² (obr. 7). Tyto výrobky slouží především při asanacích sítí k vytvoření tahově odlehčených spojení hliníkových vodičů podle EN 60228 (Jádra

izolovaných vodičů) a hliníkových lan podle EN 50182 s měděnými kabely podle DIN 48201 Část 1 a s měděnými vodiči podle EN 60228. Z výrobně-technického hlediska sestávají lisovací spojky z navzájem spojených hliníkových (E-Al) a měděných částí (podle EN 13600 Měď a slitiny mědi – Trubky bezéšvé z mědi pro použití v elektrotechnice).

Zpravidla má hliníková strana větší průměr než měděná strana (obr. 8), protože horší vodivost hliníku je kompenzována jeho větším jmenovitým průřezem. Stejně jako u lisovaných kabelových ok obsahuje hliníková strana spojky také kontaktní tuk a je u kvalitních výrobků opatřena rovněž uzávěrem chránícím před vysušením a vytékáním tuku.

Při použití lisovacích spojek je třeba dbát u každé materiálové strany na příslušné technologické pokyny pro hliník a měď. Podle toho musí být hliníkové oblasti lisovány jako hliníková lisovaná kabelová oka (viz výše). Proto jsou pro lisovací spojky hliník–měď charakteristická různá lisovací značení, která pro lisovací vložky 60 kN činí u hliníkové strany 7 mm a u měděné strany 5 mm.

Při zpracovávání měděné strany platí stejné pokyny jako pro lisovaná kabelová oka

z mědi. Na základě vyražených označení lze zjistit na výrobku důležité informace o původu a použití lisovacích spojek hliník–měď.



Obr. 9. Při uložení spoje hliník–měď do země chrání návlačky z lité pryskyřice spojovací místo před vlhkostí

Příklad 2

Symbole **KL14 50 rm/sm 70 re/se** na lisovací spojce mají tento význam:

- **KL** – identifikace výrobce (zde firma Klauke),
- **14** – identifikační číslo nástroje,
- **50** – označuje předpokládaný jmenovitý průřez vodiče (mm²),
- **rm/sm** – pro lanový kruhový vodič/lanový sektorový vodič,
- **70** – jmenovitý průřez plného vodiče (mm²),

- **re/se** – pro plný kruhový vodič/plný sektorový vodič.

Kromě toho mají lisovací spojky také na měděné straně označení pro lisovací tlak. Pro zpracování doporučuje norma lisovací vložky podle DIN 48083 Část 1, 3 a 4 pro plné, tenkodráťové a velmi tenkodráťové vodiče; pro opředené kruhové lano odkazuje tato norma na údaje výrobce. Pro zpracování měděné strany lisovacích spojek Klauke doporučuje všeobecně jejich výrobce použít šestihranné lisovací vložky podle DIN 48083 Část 4.

Upozornění:

Při umístění lisovacích spojek do země je třeba spojovací místo chránit před vlhkostí (obr. 9). Pro tento účel doporučuje Klauke použít návlačky z lité pryskyřice. Kromě toho se doporučuje při použití lisovacích spojek a kabelových ok hliník–měď brát zřetel na to, že tyto výrobky nesmí být vystaveny ohybovému napětí, neboť tím vzniká nebezpečí lomu v místě dotyku obou materiálů. Jejich použití u venkovních vedení je tedy tímto vyloučeno.



Novinky v nabídce přístrojů od firmy Hager

Hager Electro, s. r. o.

Nová řada jističů s vypínací schopností 10 kA

Jedná se o kompletní řadu jističů, které mají velkou vypínací schopnost 10 kA podle ČSN EN 60898 a dodávají se s charakteristikami B, C a D v jednopólovém až čtyřpólovém provedení, včetně provedení 1+N a 3+N. Jmenovité proudy této řady jsou v rozmezí 0,5 až 63 A, přičemž u jednopólové a třípólové verze s charakteristikami B a C je provedeno barevné rozlišení ovládacích páček podle jmenovitého proudu přístroje.

Naprostou novinkou je možnost označování jednotlivých přístrojů. Firma Hager vyvinula nové přístroje průhlednými plastovými kryty, pod které lze umístit popisový štítek s označením přístroje, což umožňuje identifikovat přístroj i po sejmutí krytu.

Nová řada schodišťových automatů

Jedná se o klasické modulové přístroje pro montáž do rozváděčů, které se ovládají přípojnými ovládacími tlačítky, zpravidla vybavenými tzv. orientační doutnavkou. Celkový proud orientačních doutnavek přitom může dosahovat až 100 mA. Na čelní straně přístroje je umístěn přepínač pro volbu funkce trvalého sepnutí nebo automatického vypnutí po nastaveném čase a potenciometr pro nastavení spínacího času v rozsahu

0,5 až 10 min. Přístroje jsou určeny pro jmenovité napětí 230 V AC a jmenovitý proud kontaktu je 16 A.



Obr. 1. Nová řada jističů s barevným rozlišením ovládacích páček dle jmenovitých proudů přístrojů u jednopólového a třípólového provedení



Obr. 2. Jednoduché a rychlé označení přístrojů pomocí popisového štítku s průhledným krytem

Vedle klasického přístroje se nyní dodává také multifunkční schodišťový automat, který umožňuje aktivovat čas s dobou vypnutí po jedné hodině v případech, kdy se na schodišti provádí např. úklidové práce.

Nová řada stiskacích spínačů ovládacích tlačítek a kontrol pro montáž do rozváděčů

Tyto přístroje se vyznačují naprosto novým designem. Kontrolky jsou vybaveny novými světlo emitujícími diodami LED s extrémně dlouhou životností 100 000 h a velmi malou spotřebou, vyplývající ze jmenovitého proudu kontrolky 3,45 mA. Dodávají se v různých kombinacích. Zajímavá je např. kombinace tří kontrolky v jednom přístroji, která umožňuje velmi jednoduchou signalizaci napětí v jednotlivých fázích rozváděče. Vzhledem k tomu, že i tyto přístroje jsou standardně vybavovány průhlednými plastovými kryty pro umístění popisového štítku s označením přístroje, je z výroby pod tímto štítkem umístěna schématická značka daného přístroje, která jednoznačně určuje jeho funkci i zapojení.

Stejně jako pro ostatní dodávané komponenty organizuje firma Hager i pro tyto výrobky řadu technických školení ve vlastním školicím středisku a informace lze získat též na webových stránkách:

<http://www.hager.cz>