

EUROKÓD EN 1999

PRE NAVRHOVANIE KONŠTRUKCIÍ Z HLINÍKOVÝCH ZLIATIN - MATERIÁL

Veľa inžinierov váha použiť hliníkové zliatiny na nosné konštrukcie, hoci ich použitie by skutočne v konkrétnych prípadoch prinieslo rôzne výhody. Vhodnosť ich použitia na nosné konštrukcie preukázala prax za ostatných 60 rokov ich aplikácie. Spôsob navrhovania konštrukcií z hliníkových zliatin je veľmi podobný navrhovaniu oceľových konštrukcií. Treba však zohľadniť dôležité odlišnosti od ocele. Cieľom príspevku je ukázať na niektoré z nich.

Hliník

Je chemický prvok III. skupiny periodickej sústavy prvkov, značka Al - Aluminium. Atómové číslo 13, atómová váha 26,9815. Jadro atómu obsahuje 13 protónov a 14 neutrónov. Hoci je hliník najčastejšie sa vyskytujúci kovový prvok, v prírode sa vyskytuje iba v zlúčeninách a nie vo forme kovu. Názov najskôr aluminium, neskôr aluminum navrhol Sir Humphry Davy v r. 1807 podľa zdroja jeho výskytu - kamenca (latinsky alumen), hoci v tej dobe hliník ešte vo forme kovu neexistoval. Do tohto názvu sa vlúdilo „i“ v období začiatkov komerčnej produkcie hliníka (1850 - 1860). Obidve verzie existujú dodnes: aluminium v Severnej Amerike a aluminium v Európe.

V porovnaní s tisíckami rokov, čo ľudstvo využívalo bronz, meď, olovo, železo, atď., je hliník k dispozícii iba veľmi krátky čas. Prvé častice vyrobil Dán Oersted až v r. 1925. Prvé skutočné kusy kovového hliníka vyrobil Nemecký Wöhler v r. 1827. Ako prvý vypracoval postup priemyselnej výroby hliníka redukciou $AlCl_3$ kovovým sodíkom Francúz Henri Etienne Sainte-Claire Deville v r. 1854. Bayerov spôsob získavania kyslíčnika hlinitého (1888) a Hall-Héroultov (1886) spôsob výroby hliníka využívajúci elektrolýzu a kyslíčnik hlinitý, umožnil výrobu hliníka v tonách a používa sa dodnes. Zo 4 ton bauxitu (pridávajú sa 4 tony uhlia a 0,5 tony žieravého natronu) sa získajú 2 tony kyslíčnika hlinitého a z toho 1 tona hliníka (spotrebujú sa pri tom 4 tony uhlia a 15 MWh elektrickej energie). Hlavnými požiadavkami sú bauxit, uhlie a lacná energia, ktoré nikdy nie sú na jednom mieste. Svetová produkcia hliníka v r. 1900, keď boli iba 5 výrobcovia: USA, Švajčiarsko, Francúzsko, Nemecko a Veľká Británia, bola 6 700 ton. Postup-

né zvyšovanie výroby dosiahlo vrchol 2 milióny ton v r. 1943, v 2. svetovej vojne. Po znovudosiahnutí tejto hodnoty v r. 1952 a stálom raste výroby to v r. 1997 bolo 21,4 miliónov ton. Je to najčastejšie používaný kov po oceli, ktorej spotreba je 12-krát väčšia a ktorú nahrádza všade tam, kde jeho charakteristické vlastnosti „light&bright“ (ľahká váha a pekný vzhľad nevyžadujúci údržbu) prevážia v celkovom hodnotení nad jeho vyššou cenou.

Pod názvom hliník sa rozumie nielen hliník, ale aj jeho zliatiny. Kvôli jednoznačnosti sa preto používa tiež názov čistý hliník. Čistý hliník je pomerne mäkký a má malú pevnosť. Dohovorená medza klzu je asi 10 MPa, pevnosť v ťahu okolo 40 MPa. Snaha používať ho ako konštrukčný materiál viedla k vývoju zliatin hliníka.

Hliníkové zliatiny

Všetky dnes známe zliatiny hliníka boli vyvinuté v období rokov 1909 - 1939. S výnimkou jednej, ktorou je zväčša zliatina hliníka so zinkom vyvinutá po 2. svetovej vojne. Ukázalo sa, že na hliníkové zliatiny určené pre nosné konštrukcie je vhodných iba niekoľko prvkov: horčík (Mg), kremík (Si), mangán (Mn), meď (Cu) a zinok (Zn). Používajú sa samostatne alebo v kombinácii. Série hliníkových zliatin 2xxx až 7xxx vhodné na nosné konštrukcie uvádzame v tab. 1.

Zliatiny hliníka, podobne ako zliatiny iných kovov, delíme podľa spôsobu výroby na:

a) tvárnené zliatiny, z ktorých sa valcovaním, pretlačovaním a ťahaním vyrábajú plechy, pásy, tyče, profily, rúrky, atď. Sú to zliatiny s obsahom legujúcich prvkov spravidla menším ako 10 %. Rozoznávame tepelne vytvrdzovateľné a tepelne nevytvrdzovateľné tvárnené zliatiny. Pri nižšom obsahu prísadového prvku ako je hodnota udávajúca jeho rozpustnosť v hliníku za normálnej teploty nemôže vzniknúť presýtený tuhý roztok, ktorý je predpokladom tepelného vytvrdzovania a takéto zliatiny sa nedajú tepelne vytvrdzovať. Vytvrdzovať sa nedá čistý hliník, ktorý neobsahuje žiadnu prísadu a zliatiny Al-Mn, pretože mangán je iba veľmi málo rozpustný v hliníku. Zliatiny typu Al-Mg nie je vhodné tepelne vytvrdzovať, aj keď sa to dá, pretože sa môže nepriaznivo ovplyvniť jej odolnosť voči korózii. Zo zliatin používaných v stavebníctve sa vytvrdzujú zliatiny typu Al-Mg-Si, Al-Zn-Mg a duraly Al-Cu-Mg. Pevnosť nevytvrdzovateľných zliatin je možné zvýšiť iba tvárnením.

b) liate zliatiny, z ktorých sa vyrábajú odliatky. Majú obsah prísad spravidla vyšší ako 10 % a preto je ich štruktúra vznikajúca pri tuhnutí heterogénna, na rozdiel od tvárnených zliatin.

Stav hliníkových zliatin

Mechanické a technologické vlastnosti výrobkov z hliníkových zliatin sú podmienené nielen chemickým zložením, ale aj spôsobom výroby a tepelným spracovaním. Napr. plech vyvalcovaný za studena je pevnejší a tvrdší, ale menej ťažný ako plech z tej istej zliatiny vyrobený valcovaním za tepla. Charakter zliatiny takto technologicky podmienený vystihujeme pojmom stav. Stav zliatiny je teda výsledkom celého procesu výroby, zodpovedá výslednej štruktúre materiálu a vyjadruje súbor vlastností po danom spôsobe výroby a tepelného spracovania. Pri hliníkových zliatinách existuje viacero stavov.

Rozlišujeme dva systémy označovania: a) číselný, b) na základe chemic-

Tab. 1 Hliníkové zliatiny vhodné na nosné konštrukcie

	Cu	Mn	Si	Mg	Zn
Cu	AlCuX, 2xxx			AlCuMg, 2xxx	
Mn		AlMn, 3xxx			
Si			AlSi, 4xxx		
Mg		AlMgMn, 5xxx	AlMgSi, 6xxx	AlMg, 5xxx	
Zn	AlZnMgCu, 7xxx			AlZnMg, 7xxx	

kých značiek. Pri tvarovateľných hliníkových zliatinách sa v medzinárodnej praxi prijal spôsob označovania používaný organizáciou Aluminium Association (AA) vo Washingtone, USA. Číselné označenie [2] pozostáva z: a) písmen EN označujúcich, že ide o európsku normu, b) písmen AW (Aluminium Wrought, značí tvárnené hliníkové zliatiny), c) štvorčíslicia, z ktorého prvé číslo udáva hlavný legujúci prvok je (1xxx – čistý hliník Al 99,9 % a viac, 2xxx – meď Cu, 3xxx – mangán Mn, 4xxx – kremík Si, 5xxx – horčík Mg, 6xxx – horčík s kremíkom MgSi, 7xxx – zinok Zn, 8xxx – iný prvok, 9xxx – nepoužitá séria, d) označenia v akom stave sú zliatiny dodávané. Označovanie stavov tvárnených zliatin udáva norma [1].

Zliatiny tepelne vytvrdzovateľné sa dodávajú v stave zodpovedajúcom rôznym spôsobom tepelného spracovania, ktoré označujeme symbolmi T1 až T10, T – Temper, stav po tepelnom spracovaní. Z hľadiska navrhovania nosných konštrukcií sú najdôležitejšie:

- T4 rozpúšťacie žihanie a prirodzené starnutie do ustáleného stavu,
- T5 ochladzovanie z teploty tvarovania a umelé starnutie,
- T6 rozpúšťacie žihanie a umelé starnutie,
- T64 rozpúšťacie žihanie a umelé starnutie, nie úplné ale také, aby sa zlepšila tvarovateľnosť.
- T7 rozpúšťacie žihanie a nadmerné starnutie.

Zliatiny tepelne nevytvrdzovateľné je možné spevniť mechanicky tvárnením. Ich stav možno vyjadriť pomocou tvrdosti (H – Hardness, tvrdosť). Číslo na prvom mieste za písmenom H hovorí o spôsobe výroby, ktorým výrobca dosiahol finálny stav, pričom značí:

- 1 materiál bol tvárnený za studena, bez následného ohrevu,
- 2 po tvárnení za studena sa požadovaná tvrdosť dosiahne žiňaním,
- 3 materiál tvárnený za studena, následne sú jeho vlastnosti stabilizované aplikovaním tepla pri relatívne nízkej teplote, čím je možné zabrániť zmäknutiu v dôsledku starnutia, na čo sú niektoré zliatiny náchylné.

Číslo na druhom mieste za písmenom H je obyčajne párne číslo zodpovedajúce tvrdosti, ktoré delené 8 udáva: 2/8 = štvrtinu, 4/8 = polovicu, 6/8 = tri štvrtiny, 8/8 = plnú tvrdosť.

Pri tepelne nevytvrdzovateľných zliatinách sú možné ešte ďalšie dva stavy, v ktorých sú dodávané: O – žiňaný; definiuje materiál plne žiňaný (zmäknutý) ohrevom a F – za tepla formovaný do

Tab. 2 Príklady označenia tvárnených zliatin v Európe podľa noriem [2, 3]

Označenie číselné [2]	série 3xxx	série 5xxx	série 6xxx	série 7xxx
EN AW-3103	EN AW-5754	EN AW-6060	EN AW-7020	
ch. zn. [3]	EN AW-Al Mn1	EN AW-Al Mg3	EN AW-Al MgSi	EN AW-Al Zn4,5MgCu

Tab. 3 Príklady označenia tvárnených zliatin v Európe podľa noriem [5, 6]

Označenie číselné [5]	série 4xxxx	série 4xxxx	série 5xxxx
EN AC-42100	EN AC-43200	EN AC-51300	
chem. značka [6]	EN AC-Al Si7Mg0,3	EN AC-Al Si10Mg(Cu)	EN AC-Al Mg5

Poznámka: AC – Aluminium Cast, značí liate hliníkové zliatiny

Tab. 4 Zoznam tvárnených hliníkových zliatin používaných v EN 1999-1-1 [10]

Označenie	Polotovary:	Klasifikovanie
číselné:	chemická značka:	trvanlivosti
EN AW-	EN AW-	
	S – plech, E – pretlačovaný profil, F – výkovok	
3004	AlMn1Mg1	A
3005	AlMn1Mg0,5	A
3103	AlMn1	A
5005	AlMg1(B)	A
5049	AlMg2Mn0,8	A
5052	AlMg2,5	A
5083	AlMg4,5Mn0,7	A
5454	AlMg3Mn	A
5754	AlMg3	A
6060	AlMgSi	B
6061	AlMg1SiCu	B
6063	AlMg0,7Si	B
6005 A	AlSiMg(A)	B
6082	AlSi1MgMn	B
6106	AlMgSiMn	B
7020	AlZn4,5Mg1	C
8011 A	AlFeSi	B

finálneho tvaru (za tepla valcovaný alebo pretlačovaný) bez následného tvárnenia za studena alebo tepelného spracovania. Označovanie na základe chemických značiek [3] sa uvádza obvykle v hranatých zátvorkách, čísla v značke udávajú obsah prvku v %.

Príklady označenia tvárnených hliníkových zliatin vrátane stavu (tab. 2):

- vytvrdzovateľné: EN AW-6082-T6, EN AW-3103-H14,
- nevytvrdzovateľné: EN AW-5454-O.

Na rozdiel od tvárnených, európske číselné označovanie pri liatych zliatinách [5] nezodpovedá americkému podľa normy ANSI H35.1 (M).

Označovanie liatych zliatin na základe chemických značiek uvádza norma [6]. Príklady označenia liatych zliatin vrátane stavu (tab. 3):

- EN AC-42200-T6, EN AC-51300-F.

Hliníkové zliatiny sú dostupné v rôznych stavoch, ktoré majú rôzne mecha-

nické vlastnosti. Najvyššia úroveň pevnosti nemusí byť v praxi najlepším riešením v konkrétnom prípade aplikácie hliníkovej zliatiny. Výber zo zliatin udávaných v EN 1999-1-1 [10] nie je jednoduchou záležitosťou. Pri výbere vhodnej hliníkovej zliatiny je potrebné zohľadniť viaceré aspekty: výnimočne dobrú alebo dobrú zvariteľnosť, v prípade špeciálnych aplikácií výnimočne dobrú odolnosť proti korózii, tvarovateľnosť, tvárnosť, vysokú ťažnosť, existujúce rozmery plechov a veľkosti profilov, dostupnosť na sklade, dekoratívnosť, cenu, pevnosť pri a počas trvania vplyvu teplôt, atď.

Pevnosť hliníkových zliatin

EN 1999-1-1 [10] ponúka širokú škálu hliníkových zliatin a ich stavov. Rozsah hodnot dohovorenej medze klzu f_0 ($f_{0,2}$) sa pohybuje od $f_0 = 30$ MPa v prípade EN AW-5005-O až po $f_0 = 290$ MPa v prípade EN AW-AlZn4Mg1-T6. Zliatiny s nízkymi

Tab. 5 Fyzikálne vlastnosti hliníka (čistého hliníka a zliatin hliníka). Hodnoty v EN 1999-1-1 [10]. Porovnanie s oceľou (EN 1993-1-1).

Veličina	Čistý hliník	Zliatiny hliníka	Hliník ENV 1999	Oceľ ENV 1993	Pomer hliník/ocel'
Pevnosť v ťahu f_t [MPa]	90 - 140*	90 - 550	140 - 350	340 - 510	
Hustota ρ [kg/m ³]	2 700	2 670 - 2 800	2 700	7 850	0,34395
Modul pružnosti E [GPa]	69	69 - 72	70	210	0,33333
pri 100 °C	67				
pri 200 °C	59				
Poissonov pomer ν [-]	0,33	0,33	0,3	0,3	1
Modul pružnosti v šmyku G [GPa]	25,9	$E/[2(1 + \nu)] = 25,9 - 27,07$	27	$E/[2(1 + \nu)] = 80,769$	0,33429
Koeficient tepelnej rozťažnosti	23,5	22 - 24,5	23	12	1,91667
α [10 ⁻⁶ 1/°C] pri 200 °C	26				
Bod tavenia [°C]	660			1 500 (ocel' nízkouhliková)	0,44
Merné teplo [cal/g °C]	22				≈ 2
Tepelná vodivosť [W/m °C]	240	niektoré až 0,5-krát menej			≈ 4

*) v závislosti na veľkosti zrn, teploty a stupni čistoty (bežná čistota hliníka je 99,5 %).

hodnotami sa bežne na nosné konštrukcie nepoužívajú, dôvodom ich použitia môže byť požiadavka na špeciálne tvarované nosné prvky. Hodnoty medze klzu zliatin EN AW-6082 ($f_o = 260$ MPa), ENAW-5083 ($f_o = 280$ MPa) a EN AW-7020 ($f_o = 290$ MPa) sú vyššie ako je hodnota medza klzu ocele S235. Významnými pre inžinierov sú cenovo výhodné zliatiny EN AW-6060 a EN AW-6063 používané pri výrobe profilov alebo rúrok pretlačovaním. Ich medza klzu je síce iba $f_o = 140$ MPa až 160 MPa, ale vo väčšine prípadov to postačuje. Pretlačovaním je možné vyrobiť rôzne, veľmi zložité tvary profilov i s premennou hrúbkou a výstuhami. Podstata pretlačovania spočíva v tom, že zohriata zliatina na 360 °C až 460 °C prechádza v pretlačovacom lise pod veľkým tlakom otvorom cez maticu, čím sa nadobudne požadovaný tvar. Pretlačovaním je možné vyrobiť prvky prútové i plošné, s prierezom otvoreným, polootvoreným alebo uzavretým. Obrys profilu nesmie byť väčší ako kružnica, ktorej priemer závisí od mohutnosti lisu (v zahraničí $\varnothing \leq 600$ mm, resp. má byť menší ako oválny tvar s rozmermi maximálne 800 mm x 100 mm). Väčšie profily sa potom zvárajú, pričom zvary sa umiestňujú do miest, kde sú napätia malé. Pretlačovanie sa používa od r. 1939. Enormné zvýšenie výroby pretlačovaných profilov nastalo po r. 1945, používajúc hlavne zliatiny série 6xxx. EN 1999-1-1 [10] je norma určená pre navrhovanie budov, môže sa však použiť aj pre navrhovanie iných konštrukcií, napríklad konštrukcií všetkých dopravných prostriedkov s výnimkou lietadiel. Na rozdiel od [10] je to explicitne vyjadrené v ENV 1999-1-1

a teda aj v [7], kde sa hovorí o možnosti navrhovať vozidlá kolesové, koľajové ako aj plavidlá. Dobré známe vysokopevné zliatiny EN AW-2024 ($f_o = 450$ MPa) a EN AW-7075 ($f_o = 560$ MPa) používané v leteckom priemysle v EN 1999-1-1 [10] nie sú uvedené, pretože vysokopevné zliatiny citlivé na koróziu, zvlášť tie legované meďou, nie sú určené na všeobecné použitie.

Vlastnosti hliníka a jeho zliatin

Tvárnene hliníkové zliatiny predstavujú pevný a ťažný kov a majú podobné vlastnosti ako oceľ. Tie s vyššími pevnosťami sú porovnateľné s oceľou, sú však menej ťažné. Hliník, na rozdiel od ocele je nemagnetický. V ďalšom uvádzame: a) výhody, b) nevýhody hliníka v porovnaní s oceľou (pozri aj tab. 5):

a) Výhody hliníka v porovnaní s oceľou:

Lahkosť: je ľahký, 3-krát ľahší ako oceľ, čo priaznivo ovplyvňuje náklady pri doprave a montáži. 1 liter hliníka váži iba 2,7 kg. 1 liter ďalších kovov váži: magnézium 1,7 kg, titán 4,5 kg, zinok a cín 7,2 kg, oceľ 7,9 kg, meď 8,9 kg, striebro 10,5 kg, olovo 11,3 kg, zlato 19,3 kg, osmium 22,6 kg. Najľahším kovom je lítium: 1 liter váži 0,5 kg.

Nekoroduje: Hliník nekoroduje a normálne môže zostať bez náteru. Vo voľnej prírode sa na hliníkových konštrukciách utvára vrstvička kysličníkov, ktorá potom tvorí na kove ochranný protikoroziálny povlak. Jednako najpevnejšie zliatiny v agresívnom prostredí korodujú a môžu vyžadovať ochranu.

Výrobný proces pretlačovaním: umožňuje vyrobiť širokú variabilitu pro-

filov s rôznymi zložitými tvarmi prierezov vyhotovenými na mieru podľa potreby a požiadaviek. Tieto môžu byť tvarovo podstatne zložitejšie ako oceľové, pri ktorých to spôsob výroby valcovaním urobiť neumožňuje.

Zvariteľnosť: väčšina zliatin je rovnako dobre zvariteľná oblúkovým zvarianím v ochrannom plyne ako oceľ. Rýchlosť zvarovania je rýchlejšia.

Spájanie lepením: je možné používať aj v konštrukčných spojoch.

Použitie pri nízkych teplotách: na rozdiel od ocele nie je náchylný na krehký lom pri nízkych teplotách. Jeho vlastnosti sa s klesajúcou teplotou zlepšujú.

Recyklovateľnosť: pri recyklovaní hliníka sa ušetrí až 95 % energie potrebnej na výrobu nového hliníka z bauxitu. V USA sa platí 34 centov za 1 kg šrotu hliníka (asi 23 plechoviek).

b) Nevýhody hliníka v porovnaní s oceľou:

Deformácie: v dôsledku 3-krát menšieho modulu pružnosti vznikajú v hliníkovom prvku 3-krát väčšie deformácie ako v oceľovom prvku.

Stabilitné javy: hliník má 3-krát menší modul pružnosti v ťahu E, a preto kritické napätie štíhlych prvkov a stien je 3-krát menšie. Je citlivejší na stratu stability vybočením, skrútením, vydúvaním atď.

Cena: samotného hliníka pri rovnakom objeme je 1,5-krát vyššia ako cena ocele, pri zliatinách používaných v leteckom priemysle i viackrát vyššia.

Tepelné účinky: So zvyšovaním teploty hliník mäkne skôr ako oceľ. Niektoré zliatiny začínajú strácať pevnosť pri 100 °C.

Zmäknutie v TOO (HAZ = Heat Affected Zone) v okolí zvaru: pri niektorých

zliatinách v teplom ovplyvnených oblastiach (TOO) v okolí zvaru sa značne znižuje pevnosť.

Únava: Prvky z hliníka sú viac náchylné na porušenie únavou ako prvky z ocele.

Teplotná rozťažnosť: hliník sa rozťahuje a skracať sa 2-krát viac ako oceľ. Jednako v dôsledku 3-krát menšieho modulu pružnosti E, sú napätia od teploty v hliníkovom prvku iba 2/3 napätí v ocele prvku.

Elektrolytická korózia: pokiaľ sa nezabráni dotyku, v mieste styku s inými kovmi hliník koroduje.

Nízka odolnosť voči niektorým chemikáliám: v snahe dať budovu čo najskôr do užívania, sa montujú najmä pri výškových budovách súčasne s postupujúcou hrubou stavbou vo vyšších podlažiach prvky fasády na nižších podlažiach. Pri nedostatočnej ochrane hotových častí fasády dochádza k ťažkému poškodeniu jej prvkov, napríklad v dôsledku ich znečistenia cementovým mliekom, ktoré hliník úplne rozozerie a narobí v ňom diery.

Zdravotná (ne)závadnosť. Podozrenie z osemdesiatych rokov, že používanie hliníkových panví v kuchyni spôsobuje, že stopové prvky hliníka sa dostávajú do mozgu a zvyšujú riziko vzniku Alzheimerovej choroby (druh senilnej demencie), sa nepotvrdilo.

Prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.
SvF STU Bratislava

Literatúra:

- [1] STN EN 515: 2003 Hliník a zliatiny hliníka. Tvárnené výrobky. Označovanie stavov. 240 Sk. SÚTN Bratislava
- [2] STN EN 573-1: 2005 Hliník a zliatiny hliníka. Chemické zloženie a druhy tvárnených výrobkov. Časť 1: Číselný systém označovania. 120 Sk. SÚTN Bratislava
- [3] STN EN 573-2: 2001 Hliník a zliatiny hliníka. Chemické zloženie a druhy tvárnených výrobkov. Časť 2: Systém označovania na základe chemických značiek 200 Sk. SÚTN Bratislava
- [4] STN EN 1706: 2002. Hliník a zliatiny hliníka. Odliatky. Chemické zloženie a mechanické vlastnosti. SÚTN Bratislava
- [5] STN EN 1780-1: 2003 Hliník a zliatiny hliníka. Označovanie legovaného hliníka v ingotoch na pretavenie, v predzliatinách a odliatkoch. Časť 1: Systém číselného označovania. 120 Sk. SÚTN Bratislava
- [6] STN EN 1780-2: 2003 Hliník a zliatiny hliníka. Označovanie legovaného hliníka v ingotoch na pretavenie, v predzliatinách a odliatkoch. Časť 2: Systém označovania chemickými značkami. SÚTN Bratislava
- [7] STN P ENV 1999-1-1: 2003 Eurokód 9 Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby. SÚTN Bratislava. November 2003
- [8] STN P ENV 1999-1-2: 2002 Eurokód 9 Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá - Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru. SÚTN Bratislava. Február 2002
- [9] STN P ENV 1999-2: 2004 Eurokód 9

Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-3: Konštrukcie náchylné na únavu. SÚTN Bratislava. Jún 2004

[10] EN 1999-1-1: 2007. Design of aluminium structures - Part 1.1 General structural rules. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

[11] EN 1999-1-2: 2007. Design of aluminium structures - Part 1.2 Structural fire design. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

[12] EN 1999-1-3: 2007. Design of aluminium structures - Part 1.3 Structures susceptible to fatigue. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

[13] EN 1999-1-4: 2007. Design of aluminium structures - Part 1.4 Cold-formed structural sheeting. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

[14] EN 1999-1-5: 2007. Design of aluminium structures - Part 1.5 Shell structures. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007.

[15] EN 1090-1: 2007. Execution of steel and aluminium structures - Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components, CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

[16] EN 1090-2: 2007. Execution of steel and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for the execution of steel structures. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

[17] EN 1090-3: 2007. Execution of steel and aluminium structures - Part 3: Technical requirements for the execution of aluminium structures. CEN Brussels, bude publikované v r. 2007

HYDROIZOLÁCIE SPODNÝCH STAVIEB

Vydavateľstvo Eurostav, spol. s r. o.

Doc. Ing. Gabriela Adamská, PhD. a kol.

ISBN 80-89228-04-6

135 strán • Formát A4 • Tvrdá väzba • Cena: 399,- Sk

Publikácia sa zaoberá analýzou prostredia spodnej stavby, hydrofyzikálnymi zaťažzeniami i ochranou pred pôsobením vody a vlhkosti. Časť knihy je venovaná konkrétnym hydroizolačným materiálom i hydroizolačným technikám. Autori sa taktiež zaoberajú poruchami hydroizolácií, ich príčinami a spôsobmi odstránenia. Zvlášť je spracovaná kapitola ekonomika hydroizolácií v ktorej je podrobné i kalkulovanie hydroizolácií a taktiež kalkulovanie sanačných porúch a opráv.

www.eurostav.sk

