

A3.30. sz. útmutató

**Atomerőművi nukleáris környezetben lévő
acélszerkezetek**

Verzió száma:

1.

2018. február

Kiadta:

Fichtinger Gyula
az OAH főigazgatója
Budapest, 2018

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű központi államigazgatási szerv. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemben kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó nukleáris biztonsági, védettségi és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja-e! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza.

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló rendelkezéseket a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: NBSZ) határozzák meg.

A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik az Atv. 9. § (2) bekezdése szerinti folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint e törvényben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek, vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH a nukleáris létesítmény nukleáris biztonsága érdekében határozatban állapíthat meg.

Az NBSZ-ben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

A Rendelet 3. § (4) bekezdése alapján, ha a kérelmező a nukleáris biztonsággal összefüggő engedély iránti kérelmét az útmutatókban foglaltak szerint terjeszti elő, továbbá, ha az engedélyes a nukleáris biztonsággal összefüggő tevékenységét az útmutatókban foglaltak szerint végzi, akkor az OAH a választott módszert a nukleáris biztonság követelményei teljesítésének igazolására alkalmasnak tekinti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat.

Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, akkor az eltérés indokolása mellett igazolni kell, hogy a választott módszer legalább ugyanazt a biztonsági szintet biztosítja, mint az útmutatóban ajánlott.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	8
1.1. Az útmutató tárgya és célja	8
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	8
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	9
2.1. Meghatározások	9
2.2. Rövidítések	9
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI	10
3.1. Betonacélok	10
3.1.1. Bevezetés	10
3.1.2. Az MSZ, az EN, az ISO és az MSZ EN 27003 szabványsorozat (ASME BPVC III) összehasonlítása	10
3.1.3. Összehasonlítás, kiegészítések	15
3.2. Betonacélok és burkolatok hegesztése	17
3.2.1. Bevezetés	17
3.2.2. Hegesztés	17
3.2.2.1. A hegesztés előkészítése	17
3.2.2.2. Teherhordó hegesztett kötések létesítése	17
3.2.2.3. A hegesztés	19
3.3. Hegesztett kötések vizsgálata	23
3.4. Az MSZ 27003 szabványsorozat	25
3.4.1. Hegesztés	25
3.4.2. Hegesztett kötések vizsgálata	28
3.4.3. A burkolat anyagai	29
3.5. Összehasonlítás, megállapítások	31
3.6. Szerkezeti acélok	33
3.6.1. Bevezetés	33
3.6.2. Mechanikai tulajdonságok	34
3.6.3. A különböző anyagszerkezetű acélokra vonatkozó követelmények	35
3.6.3.1. MSZ EN 10025-2: Ötvözetlen szerkezeti acélok	35
3.6.3.2. MSZ EN 10025-3: normalizált/normalizálva hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok	37
3.6.3.3. MSZ EN 10025-4: termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok	38
3.6.3.4. MSZ EN 10025-5: légkörkorrózió-álló szerkezeti acélok	40
3.6.3.5. MSZ EN 10025-6: nagy folyáshatárú szerkezeti acélokból készült, nemesített lapos termékek	41

3.7. Egyebek	42
4. SZABVÁNYJEGYZÉK	43
4.1. Az útmutatóban szereplő magyar szabványok	43
4.2. Az útmutatóban szereplő egyéb szabványok	46

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok 3. kötet 3.3 alcímében rögzített, a szerkezeti anyagokkal kapcsolatos előírások teljesítésére.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva a magyarországi nukleáris létesítmények fenntartási, állapotvizsgálati és javítási (bővítés és átalakítás) munkáira vonatkozó speciális, a meglévő szabályozásokban megtalálható, az általános építészeti irányelvekre vonatkozó követelmények értelmezésével és betartásával kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat, és ezzel elősegítse az érvényes előírásokban meghatározott nukleáris biztonsági kritériumok teljesülését, az alkalmazott műszaki megoldásoknak megfelelően, a nukleáris biztonság szempontjából.

Az útmutatónak nem célja az általánosan érvényes szakmai szabályok megisméltése, ezért itt csak a nukleáris létesítményekre vonatkozó különleges előírásokat ismertetjük, amelyek mellett a munkavégzés során természetesen az egyéb, csak hivatkozott szakmai előírások, szabványok értelemszerűen érvényben maradnak. Ennek megfelelően tervezés vagy kivitelezés során az útmutató és az egyéb érvényes szakmai előírások együtt kezelendők.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi háttérét az Atv. és a Rendelet biztosítja.

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokat alkalmazza.

2.2. Rövidítések

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society of Testing and Material
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BPVC	Boiler and Pressure Vessel Code
CMTR	Certified Material Test Report
EWE	European Welding Engineer (európai hegesztőmérnök)
EWT	European Welding Technologist (európai hegesztőtechnológus)
ISO	International Organization for Standardisation
LT	Leak Testing (tömörségvizsgálat)
MSZ	Magyar Szabvány
MT	Magnetic Particle Testing (mágnesezhető poros vizsgálat)
PT	Penetrant Testing (folyadékbehatolásos vizsgálat)
PWHT	Post Welding Heat Treatment (hegesztés utáni hőkezelés)
RT	Radiographic Testing (radiográfiás vizsgálat)
UT	Ultrasonic Testing (ultrahangos vizsgálat)
VT	Visual Testing (szemrevételezéses vizsgálat)
WPQR	Welding Procedure Qualification Record (hegesztéstechnológia vizsgálat)
WPS	Welding Procedure Specification (hegesztési utasítás)

3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI

3.1. Betonacélok

3.1.1. Bevezetés

A betonacélokra (gyűjtőfogalom, beletartozik szál, rúd, tekercs, lecsévált, egyengetett termék, hegesztett síkháló, térbeli rácsos tartó) ma már teljes körű MSZ-, EN-, ISO-szabványok állnak rendelkezésre. Az MSZ 27003 szabványsorozat CC-1000 cikkelye foglalkozik a betonkonténmentek azon anyagaival, amelyek kapcsolatban vannak a betonnal (CC-2112), azon elemek anyagaira, amelyek a betonnal nem érintkeznek a Division 1 előírásai érvényesek. A termékeket a Certified Material Test Report (CMTR)-rel bizonylatolják. A betonacélokra az ASTM A615, vagy az ASTM A706-szabványok vonatkoznak. Betonacélok kötéséhez szükséges acélok az ASTM A513, ASTM A519, ASTM A 576 (Gr 1008 - 1030), illetve a Division 2 kötelező I függelék 1 - 2.2 táblázatában felsorolt lemezekre, varrat nélküli és hegesztett csövekre, fittingekre, kovácsolt termékekre, öntvényekre, rudakra, profilokra, csapokra vonatkozó szabványokban található meg.

3.1.2. Az MSZ, az EN, az ISO és az MSZ EN 27003 szabványsorozat (ASME BPVC III) összehasonlítása

A két rendszer között szükségképpen különbség van, elsősorban a szabványosítási rendszerek felépítése miatt. Az Amerikai Egyesült Államokban (USA-ban) a nemzeti szabványok (ANSI) a mérnökegyesületek (ASTM, ASNT, ASME, API, NACE, AASHTO stb.) által kidolgozott szabványdokumentumokra, előírásokra épülnek. Az MSZ EN 27003 szabványsorozat az ASME BPVC Section III. Division 2 2001 évi Kód magyar nyelvű kiadása. Az MSZ-, EN-, ISO- szabványok önálló alkotások, és legfeljebb szabványhivatkozásokat tartalmaznak.

Az MSZ EN 10080 hegeszthető betonacélokra vonatkozik, és általános követelményeket tartalmaz. A szállítási formák:

- a) szál (rúd),
- b) tekercs,
- c) lecsévált (egyengetett) termék,
- d) a gyártóműben gépi eljárással hegesztett síkháló,
- e) térbeli rácsos tartó.

A szabvány 3. szakasza 50 pontban foglalja össze azokat a fogalmakat, amelyeket használ.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Az alapanyagok hegeszthetőségére kettős követelményt ad meg:

A szénegyenértékre, a következők szerint számolva:

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

(A Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) ajánlása.)

Néhány elemre az alábbiak szerint:

	C	S	P	N	Cu	C_{eq}
adag [%]	0,22	0,050	0,05	0,012	0,80	0,50
termék [%]	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

A táblázat a megengedett legnagyobb értékeket tartalmazza.

A szabvány a mechanikai tulajdonságokra vonatkozó követelményeket statisztikai alapon adja meg. P=90% konfidenciaintervallumot tételez fel, ehhez egyoldali eloszlás esetén P=5% kockázatvállalás tartozik. A mechanikai vizsgálatokat szállítási és öregített állapotban végzik el. Az öregítés módja: a próbatest hőkezelése 100 +/-10°C-on, hőntartás 1 h.

A hegesztett termékek, hálók és térbeli rácsos tartók hegesztett kötéseinek vizsgálatát – a vizsgálati módszerek pontos leírásával – a szabvány kötelező melléklete tartalmazza. Fárasztóvizsgálatot a hegesztett termékek esetén az MSZ EN ISO 17660-1 szerint végeznek, kivéve a térbeli tartókat, ahol fárasztóvizsgálatot nem lehet végezni.

A mellékletben található informatív ajánlás bordázott betonacélok esetén a borda nyírószilárdságának meghatározására.

A gyártó három célból végez vizsgálatokat:

- a) Új termék esetén kezdő (bevezető) vizsgálatok: meghatározzák a szabványos (R_e , R_m/R_e , A_{gt} , tömeg/m, hajlíthatóság, felület, geometria (bordázott betonacélok esetén), vegyelemzést, beleértve a szénegyenérték meghatározását is. Adagonként, tételenként, méretcsoportonként és szállítási formánként a szabvány által meghatározott számban.
- b) Átadás, átvételi vizsgálat: a szabvány előírását – és a vevő esetleges külön kikötéseit - figyelembe véve a megrendelt termék esetén.
- c) A gyártó által végzett folyamatos ellenőrzés és auditvizsgálat: a szabvány előírja, hogy öt éves periódusonként, adagonként, tételenként, méretcsoportonként és szállítási formánként, a szabvány szerinti kötelező és tájékoztató (pl. fárasztó) vizsgálatokból mennyi vizsgálatot kell elvégezni. A vizsgálati eredményeket értékelik. A vizsgálati eredményekbe a vevő betekintést kaphat.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A szabvány 10. szakasza rögzíti a gyártó azonosítását és a termék műszaki osztályát. A 18. táblázat tartalmazza a gyártó ország azonosítási számát (Magyarország, Franciaországgal a 3 azonosító számot viseli). A szabvány ZA melléklete a CE jelfeltüntetésének módját és tartalmát határozza meg, teljes körű és egyszerűsített formában.

Az MSZ 339 szabvány kinyilvánítja egyezését az MSZ EN 10080 szabvánnyal, ennek ellenére néhány ponton eltérés van. Az MSZ 339 szabvány 3. táblázata szabványos és márkajelekkel jelöli a termékeket, és ezekhez rendel tulajdonságokat. Kivonat a 3. táblázatból:

Osztály	Re [Mpa]	Rm [Mpa]	Rm/Re	Agt
B420B	420	500	1,08	5,0
B500A	500	550	1,05	2,5
B500A/BHB55.50A	500	550	1,05	2,5
B500B	500	580	1,08	5,0
B500B/B60.50A	500	580	1,08	5,0
B500C	500	600	1,15-1,35	7,5
B550A	550	620	1,05	2,5

A táblázat a minimum előírt értékeket tartalmazza.

A szabvány 6. táblázata fáradási jellemzőket ad meg. A 7.2.5 szakasz a ciklikus vizsgálattal foglalkozik, a vizsgálati módszert az A melléklet tartalmazza.

Az MSZ 27003 szabványsorozat által meghivatkozott betonacél szabványok közül az ASTM A615 szál, rúd formában szállított, alakított betonacélokra vonatkozik. A szabvány a betonacélokat az átmérő alapján jelöli az alábbiak szerint:

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

No.	3[10]	4[13]	5[16]	6[19]	7[22]	8[25]	9[29]	10[32]	11[36]	14[43]	18[57]
kg/m	0,56	0,99	1,55	2,24	3,04	3,97	5,06	6,40	7,91	11,38	20,24
D	9,5	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	28,7	32,3	35,8	43,0	57,3
K	29,9	39,9	49,9	59,8	69,8	79,8	90,0	101,3	112,5	135,1	180,1
Δ	3,6	4,9	6,1	7,3	8,5	9,7	10,9	12,4	13,7	16,5	21,9

A zárójelben az SI szerinti jel, D átmérő (mm), K névleges kerület (mm), Δ a megnyúlás hidegen alakított betonacélok esetén, a névleges kerület 12,5% (mm).

A szabvány szerinti betonacélok mechanikai tulajdonságait a következő táblázat tartalmazza:

	Grade 40[280]	Grade 60[420]	Grade 75[520]
R_m ksi [MPa]	60 [420]	90 [620]	100 [690]
R_e ksi [MPa]	40 [280]	60 [420]	75 [520]
A % 3[10]	11	9	
4, 5 [13, 16]	12	9	
6 [19]	12	9	7
7, 8 [22, 25]		8	7
9, 10, 11 [29, 32, 36]		7	6
14, 18 [43, 56]		7	6

A táblázatban az A % fajlagos nyúlás 8 inch (203,2 mm) jeltávon mérve.

A szabvány a foszfor (P<0,06%) kivételével a vegyi összetételre nem tartalmaz előírást. A gyártó adagonként elemzi a karbon-, a mangán-, a foszfor- és a kén- tartalmat.

A szabvány felsorolja a megengedhető acélgyártási módszereket. Ennek nincs jelentősége, mivel a felsorolás tartalmazza az összes, ma járatos acélgyártási módszereket. A szabvány 20. szakasza a jelölést a következőkben írja elő:

- Betűvel vagy logóval a gyártó megnevezése.
- A méret.
- Az acél típusát, kizárólag a Grade 60 [420] esetén, S, ha a betonacélt az ASTM A615, W pedig, ha az acélt az ASTM A706 szerint gyártották.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Az ASTM A706 szabvány az ASTM A615 szerint gyártott Grade 60 [420] jelű acél hegeszthető változatának szabványa. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy az ASTM A615 szabvány szerinti betonacélok nem hegeszthetők. Az ASTM A706 szabvány szerinti Grade 60 jelű acélról tudja, hogy mit „vett” a felhasználó a hegeszthetőség szempontjából, előre fel tud készülni a hegesztési technológia meghatározására. Az ASTM A615 szabvány szerint megrendelt acélok esetén a termék átvételét követően kell a hegesztési technológiát meghatározni, tételenként.

A Grade 60 jelű acél mechanikai tulajdonságaira vonatkozó követelmények:

R_m ksi [MPa]	80 [550]
R_e min ksi [MPa]	60 [420]
R_emax ksi [MPa]	78 540]
A % 3, 4, 5, 6 [10, 13, 16, 19]	14
7, 8, 9, 10, 11 [22, 25, 29, 32, 36]	12
14, 18 [43, 57]	10

Az R_m/R_e nem lehet kisebb, mint 1,25 a mért értékek szerint.

A szabvány követelményeket tartalmaz a vegyi összetételre a következők szerint: A szénegyenérték (CE) legfeljebb 0,55% lehet, a következő módon számolva:

$$CE = C + Mn/6 + Cu/40 + Ni/20 + Cr/10 - Mo/50 - V/10 \text{ (nem azonos az IIW javaslattal)}$$

A megengedett elemek mennyisége nem lehet több, mint a következő táblázatban foglaltak:

C	Mn	P	S	Si
0,30	1,50	0,035	0,045	0,50

A táblázat értékei tömegszázalékban.

A szabvány további előírásai megegyeznek az ASTM A615 szabvány előírásaival. Az ASTM 706-szabvány előírásaival kapcsolatban feltétlenül fontos kiemelni azt, hogy a korábbi európai gyakorlathoz képest nem a szakítószilárdságra, hanem a folyáshatárra határoz meg legkisebb és megengedhető legnagyobb követelményt.

A fentiekben ismertetett betonacél szabványokhoz kapcsolódnak a bevezetőben felsorolt, lemezekre (EN-terminológia szerint lapos

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

termékekre), csövekre, fittingekre, kovácsolt termékekre, öntvényekre, rudakra, profilokra vonatkozó szabványok. Ezen szabványok szerinti termékek felhasználása az adott szerkezettől függ, és felöleli az ötvözetlen acéloktól az ötvözött (ausztenites) acélokig terjedő választékot. Az ASTM A615, A706-szabványok alapul szolgálnak konkrét alkalmazásoknak, pl. MSZ 27003 szabványsorozat, vagy az AASHTO előírásainak.

Az atomerőművi alkalmazás szempontjából az MSZ 27003 szabványsorozat a következő kiegészítő előírásokat teszi (példák):

- a) A CC-2151 szerint, amennyiben hőkezelésre van szükség és annak hőmérséklete meghaladja az 595°C értéket, a hőkezelés hatását ellenőrizni kell.
- b) A CC-2310 behívja az előzőekben ismertetett ASTM A615 és A706-szabványokat, valamint a bevezetőben felsorolt, kiegészítő elemekre vonatkozó szabványokat.
- c) A CC-2333.1 az ASTM A615 szerinti acélok vegyi összetételére korlátozást tesz, beleértve a szénegyenértéket is.
- d) A CC-2463 a mechanikai és a fárasztóvizsgálatokra ír elő követelményeket. A fárasztóvizsgálatot a szakítószilárdság előírt értékének 60 - 66%-át kitevő feszültség szinten kell végezni. A követelmény, hogy 500 000 ciklus-számig törés ne következzen be. A szívósságra, a ridegtörés elkerülésének feltételeire (az acélkiválasztásra) a CC-2520 szakasz tartalmaz előírásokat. A CC-2521.1 szakasz tartalmazza azt, hogy mikor kell ezt az előírást figyelembe venni és az acélkiválasztást alkalmazni.

A bizonylatolás módja szabályozott, figyelembe véve azt, hogy a betonacélok „tömeg” terméknek számítanak. Az amerikai rendszerben a CMTR, az EN rendszerben pedig a CE jel (teljes körű és egyszerűsített formában) fejezi ki a termék megfelelőségét.

3.1.3. Összehasonlítás, kiegészítések

A betonacélokra vonatkozó amerikai szabályozási rendszer általános rendeltetésű betonacél szabványokra (ASTM A615, A706) épül. Az atomerőművi többletkövetelményeket az MSZ 27003 szabványsorozat tartalmazza. Ez a megközelítés logikus, hiszen ugyanaz a betonacél felhasználható hidak, építmények vasbeton elemeihez, és ezen alkalmazási területeknek is megvan a sajátos követelményrendszere (pl. AASHTO).

Az EN, ISO-rendszer a betonacélokat, szállítási formájukat figyelembe véve, alkalmazási területektől függetlenül, teljes körűen szabályozza (EN 10080, EN ISO 15630-1). A vevő természetesen többletkövetelményeket tehet a szállítási

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

szerződésben. Az amerikai rendszerben a betonacél szabványok szál, rúd, tekercs, lecsévélt (egyengetett) szállítási formára vonatkoznak. A hegesztés és a hegesztés vizsgálata az alkalmazási szabványokban található meg.

Az EN-, ISO-szabványok síkhálóra, hegesztett hálóra, térbeli rácsos tartóra is vonatkoznak, ezért tartalmazzák a hegesztést és a hegesztett kötések vizsgálatát. Ez kedvező, mert egy szabványban megtalálható a szükséges előírás. Azonban nem valószínű, hogy az alapanyagot gyártó kohászati üzem egyben hegesztett hálót, vagy térbeli rácsos tartót is gyárt.

Az MSZ EN 10080-szabvány nem tartalmaz előírást a betonacélok összetételére. Ezért maradt érvényben az MSZ 339-szabvány, amely a hazai gyártású betonacélok jelét és néhány esetben a márkajelét is tartalmazza.

Előkészítés alatt van a prEN 10138 szabványsorozat, amely tartalmazza azokat az alapanyagokat, amelyekre feltételezhetően az MSZ EN 10080-szabvány épülhet. Figyelembe kell venni az MSZ EN 14889-1:2007-szabványt, amely Szálak betonhoz főcímet és fogalom meghatározások, előírások és megfelelés alcímet viseli.

Tekintettel arra, hogy nemcsak hegesztett betonacél szerkezetek (sík hálók, térbeli rácsos szerkezetek stb.) vannak, hanem a betonacélokat az építés során is hegesztik, a betonacélok hegesztésével és a hegesztett kötések vizsgálatával külön fejezetben foglalkozunk.

A betonacél szabványok nem tartalmazzák a korrózióállóságot, a bevonatolt (horganyzott, epoxittal bevont) betonacélokat.

Az ASTM A615 12., illetve az A706 11. pontjának 3. megjegyzése utal arra, hogy a vevő kérheti a megengedett felületi eltérések mértékének csökkentését. Található utalás arra is, hogy az olajfilmmel védett felület helyett kérhető az olajmentes felület, azonban ebben az esetben a gyártót nem terheli felelősség, ha a betonacél felülete a szállítás és a raktározás közben megrozsdásodik.

A betonacélok korrózióállósága részben megfelelő ötvöztetésű acéllal, illetve a betonacélok felületvédelmével érhető el.

A Paksi Atomerőmű a kor hazai műszaki felkészültsége és lehetőségei szerint épült fel.

Ha értékelni kell a vasbeton szerkezeti elemek állapotát, a betonacélok minősége a jelenleg érvényes ASTM-szabványoknak megfelel, függetlenül attól, hogy a vizsgálatok és a dokumentálás módja a mai elvárásoknak nem felel meg minden tekintetben.

Ma már számos szabványos előírás kiter a betonacélok állapotának ellenőrzésére. E témával foglalkozó szabványokat a csatolt szabványjegyzék tartalmazza.

3.2. Betonacélok és burkolatok hegesztése

3.2.1. Bevezetés

A betonacélok hegesztésére sor kerülhet a gyártóműben, síkháló, térbeli rácsos tartó, illetve a betonelem készítésekor (üzemben vagy a helyszínen), toldások, merőleges kapcsolatok, síkhálók, térbeli rácsos tartók, átlapolt (oldalfal), falon átmenő, falba csatlakozó, illetve falhoz csatlakozó kötések létesítésekor. A megkülönböztetésre azért van szükség, mert a gyártóműben végzett hegesztéskor a hegesztett kötések megnevelésének kockázata lényegesen kisebb, mint a betonozás helyszínén a környezeti feltételek miatt.

A betonelemgyártó üzemben és a helyszínen végzett hegesztés esetén megkülönböztetik a teherhordó hegesztett kötések (MSZ EN ISO 17660-1), illetve a nem teherhordó hegesztett kötések (MSZ EN ISO 17660-2). Az MSZ EN ISO 17660-szabvány nem vonatkozik a betonacélt gyártó üzemben hegesztett síkhálóra és térbeli rácsos tartóra.

A betonacél vizsgálatát az MSZ EN ISO 15630-1, a betonacélok hegesztésének vizsgálatát pedig az MSZ EN ISO 15630-2-szabványban találjuk meg.

3.2.2. Hegesztés

3.2.2.1. A hegesztés előkészítése

A teherhordó hegesztett kötések létesítését végző vállalatok rendelkezzenek az MSZ EN ISO 3834-3, nem teherhordó szerkezeteket gyártó vállalatok pedig MSZ EN ISO 3834-4 szerint tanúsított minőségirányítási rendszerrel.

A hegesztők rendelkezzenek ISO 9606-1 (Európai Közösségen belül ennek az MSZ EN 287-1 szabvány felel meg), a hegesztőgép-beállítók és -kezelők pedig ISO 14732 (ennek jelenleg az Európai Közösségen belül az MSZ EN 1418 - szabvány felel meg) szerinti minősítéssel.

3.2.2.2. Teherhordó hegesztett kötések létesítése

A hegesztő üzem rendelkezzen hegesztőfelelős által irányított hegesztési felügyelettel. A hegesztőfelelős képzettsége az alábbi feltételeknek tegyen eleget (az ISO 14731-szabvány 6. fejezete szerint):

- *hegesztőmérnöki (EWE), vagy hegesztőtechnológusi (EWT) diploma;*
- *megfelelő gyakorlati tapasztalat.*

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Az MSZ EN ISO 17660-szabvány által javasolt hegesztőeljárások MSZ EN 4063 és AWS/ASME szerinti jelölését a következő táblázat tartalmazza:

Megnevezés magyarul	MSZ EN ISO 4063	AWS/ASME
Kézi ívhegesztés bevont elektródával	111	SMAW
Önvédő ívhegesztés porbeles huzal- elektródával	114	FCAW-S
Fogyóelektródás aktív védőgázos ívhegesztés	135	GMAW
Fogyóelektródás aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával	136	FCAW-G
Ellenállás-ponthegesztés	21	RSW
Dudorhegesztés	23	PW
Leolvastó tompahegesztés	24	FW
Ellenállás-tompahegesztés	25	RW-PC
Dörzshegesztés	42	FRW
Gázsajtoló hegesztés	47	PGW

A hegesztőeljárások, kötéstípusok és a betonacél átmérője közötti ajánlást a következő táblázat tartalmazza:

Eljárás	A hegesztett kötés típusa	Átmérő tartomány
21 23	Keresztkötés	4-20
24	Tompakötés	5-50
25		5-25
42	Tompakötés	6-50
	Betonacél hegesztése egyéb acélelemhez	6-50
47	Tompakötés	6-50
111	Tompakötés alátét nélkül	>16
	Tompakötés maradó alátéttel	>12
114	Betonacél hegesztése oldallaphoz	6-32
135	Keresztkötés	6-50
136	Hevederes kötés (a)	6-50
	Betonacél hegesztése egyéb acélelemhez	6-50

(a) $d_{\min}/d_{\max} > 0,4$

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Az élkiképzéseket és a kötés típusait az MSZ EN ISO 17660-1-szabvány 6.2-6.6 szakasza tartalmazza.

- a) 6.2 szakasz: tompavarratok X, V, K élkiképzés és V élkiképzés alátéttel.
- b) 6.3 szakasz: átlapolt kötés egyoldali varrattal (hajlító igénybevétellel kell számolni).
- c) 6.4 szakasz: hevederes kötés.
- d) 6.5 szakasz: keresztkötés ívhegesztéshez (111, 114, 135, 136) és ellenállás-hegesztéshez (21,23).
- e) 6.6 szakasz: betonacél hegesztett kötések lapos elemekhez.
 - 6.6.2.1 szakasz: betonacél hegesztése oldallaphoz egyoldali és kétoldali hegesztéssel, illetve hajlított betonacél hegesztése oldallaphoz.
 - 6.6.2.2 szakasz: betonacél hegesztése keresztirányú oldallaphoz. Keresztlapon átmenő betonacél, keresztlapba behegesztett betonacél és keresztlapra ráültetett betonacél hegesztett kötése. Ráültetett betonacél hegesztett kötés választásakor a lapos termék rétegességétől való mentességéről, illetve a lapos termék réteges tépődéssel (lamellar tearing) szembeni ellenállásáról (MSZ EN 10164 szerint, méretől függően Z15, Z25, Z35 kiegészítő jelű acél választása) meg kell győződni.

3.2.2.3. A hegesztés

A felhasznált betonacélok és egyéb elemek acéljai megfelelnek a vonatkozó termékszabvány (és amennyiben van a vevő által meghatározott többlet-) követelményeinek. Az alapanyag műszaki bizonylata tartalmazza a számított szénegyenértéket.

A hegesztőanyagot úgy választják meg, hogy teherhordó hegesztett kötések esetén a varrat folyáshatára egyezzen meg, vagy legyen nagyobb, mint a felhasznált betonacél folyáshatára. Nem teherhordó hegesztett kötések esetén pedig a varrat folyáshatára nem lehet kisebb, mint a felhasznált betonacél folyáshatárának 70%-a.

A minőségirányítási rendszerrel, a hegesztő felelős által irányított hegesztési felügyelettel szemben támasztott követelményeket a 3.2.2.2. pontban összefoglaltuk. További formai kiegészítések az MSZ EN ISO 17660-1-szabvány D informatív mellékletében található.

A hegesztőknek érvényes minősítéssel kell rendelkezniük az ISO 9606-1 (vagy ezzel egyenértékű MSZ EN 287-1 minősítések, amelyek lejáratig még érvényesek) szabvány szerint. Ezt az MSZ EN ISO 17660-1 alapminősítésnek

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

nevezi. Ha a hegesztő jártas betonacélok hegesztésében is, ezt gyakorlati vizsgával igazolja. A hegesztett próbadarabok számát és a jártasság érvényességét az alábbi táblázat tartalmazza:

Kötés	Próba- test száma	Érvényesség	Vizsgálat
Tompakötés	3	Tompakötés	szakító
Kötés oldallaphoz	3	Oldallaphoz, hevederes, egyéb kö- tés	
Hevederes kötés	3		
Keresztkötés	3	Keresztkötés	Nyíró, szakító
Egyéb kötés	3	Oldallaphoz, hevederes, egyéb kö- tés	Szakító

A próbadarabokat a hegesztő felelős jelenlétében üzemben vagy a helyszínen, a kedvezőtlenebb (átmérő, hegesztési helyzet) körülmények között hegesztik. A vizsgálati eredmények megfelelését a hegesztő felelős igazolja. A szabvány E információs melléklete tartalmaz javaslatot a jegyzőkönyv formájára.

Az ISO 14732 (vagy esetünkben jelenleg az MSZ EN 1418) szerint minősített gépbeállítóknak és gépkezelőknek nem kell jártasságot igazoló gyakorlati vizsgát tenniük.

A WPS-t (Welding Procedure Specification) technológiavizsgálattal minősíteni kell az ISO 15609-1, ISO 15609-2, ISO 15609-5, illetve ISO 15620 szerint. A technológiavizsgálathoz a betonacél hegesztésének sajátosságait figyelembe vevő kiegészítések tartoznak, amelyeket a következő táblázatok foglalnak össze:

Eljárás	Kötés típusa	Próbatest száma		
		Szakító	Hajlító	Nyíró
111	Tompakötés	3	3	-
114	Oldallaphoz kötés, hevederes kö- tés	3	-	-
135	Keresztkötés	6 (a)	3(b)	3

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

136	Egyéb kötés	3	-	-
21	Keresztkötés	6 (a)	3(b)	3
23				
24	Tompakötés	3	3	-
25				
42				
47				

Jelmagyarázat:

(a) 3 szakító minden átmérőből, ha az átmérők különböznek.

(b) hajlító próbatestet a legnagyobb átmérőből készítik.

A teherhordó kötésekre készített technológiavizsgálat érvényes a nem teherhordó kötésekre, fordítva viszont nem.

A technológiavizsgálat érvényességére vonatkozó kiegészítő előírásokat a szabvány 5. táblázata tartalmazza. A kiegészítő előírások mellett a technológia- vizsgálatok megfelelnek az egyes hegesztő eljárásokra vonatkozó szabványos követelményeknek is. A hegesztő eljárásokhoz tartozó előírások a következő szabványokban találhatóak meg:

Hegesztő eljárás	Szabvány száma
111, 114, 135, 136	ISO 15614-1
21, 23	ISO 15614-12
24, 25	ISO 15614-13
42	ISO 15620

A technológiavizsgálat érvényessége nincs korlátozva, amennyiben az érvényességi tartományán belül folyamatosan hegesztenek, és a munkapróbák eredménye megfelelő. Abban az esetben, ha tizenkettő hónapig, vagy ennél hosszabb ideig a hegesztés szünetel, a technológiavizsgálatot a munkapróbák alapján megújítják.

Hegesztett munkapróba vizsgálata: a munkapróbát a helyi gyártási körülmények között, az üzemben vagy a helyszínen hegesztik a minősített

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

technológia- vizsgálat szerint. A munkapróbát minden hegesztőnek a gyártás legnehezebb körülményei (hegesztési helyzet, méret) között kell végeznie.

Folyamatos gyártás esetén a technológiavizsgálat és az első munkapróba között legfeljebb három hónap telhet el, ha a hegesztést üzemben végzik. Egyéb és helyszíni hegesztés esetén munkapróbát hegesztenek minden új termék gyártásának kezdetekor és havonta legalább egy alkalommal.

A hegesztett munkapróba-vizsgálat magyar terminológia. Angol terminológia szerint: production weld test, ami talán kifejezőbbnek tekinthető.

A munkapróbák vizsgálatát a hegesztési eljárástól és a kötés típusától függően a következők szerint végzik:

Eljárás	Kötés típusa	Próbatest száma		
		Szakító	Hajlító	Nyíró
111	Tompakötés	1	1	-
114	Oldallaphoz kötés, hevederes kötés	1	-	-
135	Keresztkötés	1(a)	1(b)	3
136	Egyéb kötések	1	-	-
21	Oldallaphoz kötés	1	-	-
23		Keresztkötés	2(a)	1(b)
24	Tompakötés	1	1	-
25				
42				
47				
42	Egyéb kötések	1		

Jelmagyarázat:

(a) Különböző átmérők esetén minden átmérőből.

(b) A próbatestet a legnagyobb átmérőből készítik.

Ha egy vizsgált próbatest eredménye nem felelt meg, két kiegészítő próbatestet kell hegeszteni és megvizsgálni. A két kiegészítő vizsgálat eredményének megfelelőnek kell lennie. Ha egy nem felel meg, a munkapróba-vizsgálat eredménye nem felelt meg.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Az új munkapróba hegesztése előtt a hegesztőt gyakoroltatni kell. Ha a megismételt munkapróba vizsgálata megfelelő, a hegesztő folytathatja a munkát. A munkapróbák vizsgálati eredményét öt évig megőrzik.

A betonacélok hegesztésekor és vizsgálata során a következőkre vannak figyelemmel:

- a) A hegesztett kötést szemrevételezéssel vizsgálják. Ívhegesztő eljárással hegesztett kötések felületi eltérései elégségek ki az MSZ EN ISO 5817-szabvány szerinti C szint követelményeit. A többi eljárás esetén a felületi eltérések elégségek ki a vonatkozó szabvány-, vagy a megállapodásban kikötött előírásokat.
- b) A betonacél szilárdságának csökkenését megelőzik a fajlagos hőbevitel korlátozásával (főként hidegen alakított, illetve nemesített betonacélok esetén).
- c) A hegesztőt és a hegesztést védik a káros környezeti hatásokkal (szél, eső, hó) szemben.
- d) A hegesztés helyét meg kell tisztítani a szennyezésektől (festéktől, zsírtól, olajtól, rozsdától, szennyezésektől, leváló rétegtől).
- e) Nagy hűlési sebesség, 0°C-nál kisebb környezeti hőmérséklet esetén a hegesztési munkarend elemeit mérés (számítás) útján határozzák meg, és a WPS-ben feltüntetik.
- f) 40 mm, vagy nagyobb átmérő esetén előmelegítésre lehet szükség. Az előmelegítés hőmérsékletét az ISO/TR 17671-2 (vagy a jelenleg érvényes MSZ EN 1011-2 szerint) kell meghatározni.
- g) A 135, 136 jelű hegesztési eljárások esetén a hegesztés környezetét szél-től és huzattól védeni kell.

3.3. Hegesztett kötések vizsgálata

A próbatestek vizsgálatát és értékelését teherhordó hegesztett kötésekre az MSZ EN ISO 17660-1-szabvány 14. szakasza tartalmazza. A nem teherhordó hegesztett kötésre az MSZ EN ISO 17660-2-szabvány vonatkozik.

A roncsolásmentes vizsgálatot szemrevételezéses vizsgálattal (MSZ EN ISO 17637 szerint) végzik. A felületi eltérések elégségek ki az MSZ EN ISO 5817-szabvány C szint követelményeit.

A roncsolásos vizsgálatok közül a szakító- és hajlítóvizsgálatokat az MSZ EN ISO 15630-1, a nyíró- és hajlítóvizsgálatokat pedig az MSZ EN ISO 15630-2 szerint végzik. A hegesztett kötéseknek a próbatestek közepén kell lenniük.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Az egyes próbatestek ajánlott méretét a szabvány C informatív melléklete tartalmazza.

A szakítóvizsgálat eredményének értékelése:

$$F_{\max} > A_n \cdot R_m$$

Ahol:

- F_{\max} a maximális szakítóerő (N),
- A_n a betonacél névleges keresztmetszete (mm²),
- R_m a betonacél névleges szakítószilárdsága (MPa).

Abban az esetben, ha a szakítószilárdság nincs megadva, a szakítószilárdságot a folyáshatárból R_e és az R_m/R_e viszonyításból számítják. Az A_{gt} fajlagos nyúlást a próbatest hegesztett kötésétől távol mérik.

Nyíróvizsgálat eredményének értékelése:

$$F_s > S_f \cdot A_s \cdot R_e$$

Ahol:

- F_s a nyíróerő (N),
- S_f a nyírási tényező (%),
- R_e a betonacél specifikált folyáshatára (MPa).

Nyírási tényező osztálya	Nyírási tényező
SF30	>30 %
SF40	>40 %
SF50	>50 %
SF60	>60 %
SF70	>70 %
SF80	>80 %

S_f30 -nál kisebb, S_f80 -nál nagyobb nyírási tényező használata a tervezéskor nem ajánlott.

Hajlítóvizsgálat értékelése:

A próbatestet 60°-ig hajlítják. A meghajlított próbatest felületét szemrevételezéssel nagyító használata nélkül értékelik. A húzott felületen repedés nem lehet. Keresztkötések esetén a varrat nem válhat el a felülettől.

A hajlító tüske átmérője, az átmérő függvényében a következő:

A betonacél átmérője.	A hajlító tüske átmérője.
d<8	5d
8<d<12	6d
12<d<20	8d
20<d<32	10d
d>32	12d

A szabvány informatív mellékletei segítik a megfelelő dokumentálást.

A szabvány nem foglalkozik a ridegtöréssel, nem tartalmazza az ütővizsgálatot, nem ír elő felületi (PT, MT), illetve térfogatos (RT, UT) roncsolásmentes vizsgálatot.

3.4. Az MSZ 27003 szabványsorozat

Az ASME és az ISO, ISO EN szabályozás – ellentétben a betonacélokkal – olyan mértékben tér el, hogy együttes tárgyalásuk terjedelmes és áttekinthetetlen lett volna, ezért külön fejezetben foglaljuk össze, elsősorban a jelentős eltérések kiemelésével.

3.4.1. Hegesztés

A gyártással és az építéssel a CC-4000 cikkely foglalkozik, amelynek jelentős szakasza a hegesztés, ennek fontosabb mozzanatait foglaljuk össze.

Azonosítás (CC-4122). Abban az esetben, ha egy tételből származó acélokat darabolják, minden felhasznált darabot azonosítható módon jelölnek. Az azonosítás alapja a CMTR.

A betonból kinyúló betonacélok hajlítását a hajlító görgő átmérőjének megadásától, a hajlított szakasz előmelegítéséig (ha szükséges), beleértve az előmelegítés során a beton védelmét, a CC-4323 szakasz foglalkozik.

A betonacélok kötésénél, a hegesztés mellett a Division 2 megengedi a mechanikus kötések használatát is. A mechanikus kötések esetén szakító- és fárasztóvizsgálatot végeznek. Szakítóvizsgálat esetén a próbatestek száma 6-6, a fárasztóvizsgálat esetén pedig 3-3 méretenként. A mechanikus kötések szakítóvizsgálatának eredményével szemben támasztott követelmény megegyezik a hegesztett kötések szakítóvizsgálatának eredményével szemben támasztott követelménnyel. A fárasztóvizsgálatot a szavatolt folyáshatár 5%-a és 90%-a között, szinuszosan változó terheléssel 100

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

ciklusig végzik. A fárasztó- vizsgálat gyakoriságát a kötések számának függvényében határozzák meg.

A hegesztés technológiavizsgálatának (beleértve a csaphegesztést is) minősítésének és a hegesztők, hegesztőgép-kezelő minősítésének alapja az ASME Code IX. A Code IX előírásaihoz kiegészítéseket tartalmaz a Division 2 A CC-4333.7 (fűzővarratokra és burkolatokra), illetve a többi esetre a CC-4532.2 szakasz.

Megjegyzés: az MSZ EN 1418 hegesztőgép-kezelő és ellenálláshegesztőgép-beállítók minősítésére vonatkozik, az ASME Code IX pedig a hegesztőgép-kezelő, mint gyűjtőfogalmat használja. A betonacélok hegesztésekor az ellenállás-hegesztés is számításba jöhet. Ebben a fejezetben, a továbbiakban általánosan a hegesztőgép-kezelő megnevezését használjuk.

A tompakötések technológiavizsgálatához szükséges próbadarab hegesztésekor ajánlott a próbadarab merev befogása, a kereszt-, hosszirányú és a szög- zsigorodás korlátozása. Az alakváltozás korlátozása jelentős hatással van a hegesztett kötés tulajdonságára, főként a repedésmentességére.

A hegesztő és gépkezelő jelét a hegesztett kötésen feltüntetik. A rögzítő varratokat hegesztő és gépkezelő jelét úgy kell megadni, hogy az utólag ellenőrizhető legyen.

A hegesztő jele (európai gyakorlat szerint a WPS jele és a varrat száma) alapján lehet meggyőződni arról, hogy a hegesztő (gépkezelő) rendelkezik érvényes minősítéssel, van technológiavizsgálattal (WPQR) alátámasztott WPS. Azonos (anyagcsoport, méret, hegesztő eljárás, hegesztési helyzet) hegesztett kötéshez azonos WPS tartozik.

A technológiavizsgálat próbadarabjának hegesztésére a CC- 4533 általános előírás vonatkozik. Az előírás foglalkozik a ferrites acélok próbadarabjainak hőkezelésével, a próbatestek helyével és orientációjával, a varrat és a hőhatásövezet ütővizsgálatával, DWT vizsgálatával (nagyon részletesen tárgyalja az ütővizsgálatot, a CC-4533.4.1-CC-4533.6 szakaszokban), a felrakó hegesztéssel készített rétegek vizsgálatára, a csaphegesztésre, a hegesztőanyagok azonosítására, tárolására és kezelésére, a hegesztés helyének tisztítására és védelmére.

A Division 2 a hegesztett kötések a következő kategóriákba sorolja:

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A, B kategória	Hossz- és körvarratok csonkok nélkül.
	Egy vagy két oldalról teljesen áthegeztett kötések, alátét nélkül, vagy bennmaradó alátét alkalmazásával.
C kategória	A részletes leírását és a követelményeket a Division 1 tartalmazza.
D kategória	A burkolathoz hegesztéssel csatlakozó vasbetonon átmenő csonkok hegesztett kötése.
	Ráültetett vagy beültetett egy, vagy két oldalról teljesen át-hegesztett csonk kötése. Beültetett csonkok két oldalról sarokvarrattal hegesztett kötési be- és ráültetett, 75 mm-nél kisebb átmérőjű csonkok hegesztett kötése.
E kategória	Lapos fenék, a fenék környezetében lévő domború, hengeres, vagy kúpos szekciók, sík elemek sík elemhez kapcsolódó, fal és a fenék kapcsolatok hegesztett kötése. Általában nem lineáris kapcsolatok hegesztett kötése.
F kategória	Padlóelemek, betonba beágyazott elemek és a burkolat kapcsolatai.
	Alátéttel hegesztett kötések.
G kategória	Falburkolat, falburkolat és sík fenék, vagy padló kapcsolatai.
	Nemlineáris teljesen áthegeztett kötések.
H kategória	Burkolathoz kapcsolódó erősítések, burkolathoz beton oldal felől betonba beágyazott erősítése, betonba beágyazott erősítések és horgonyzások kapcsolatainak hegesztett kötése.
	Teljesen áthegeztett lineáris és nemlineáris hegesztett kötések.
J kategória	Betonba beágyazott burkolaton átmenő és a burkolat kapcsolata.
	Két oldalról teljesen áthegeztett nemlineáris kapcsolatok, hegesztett kötése.

A D kategóriához kiegészítésként tartoznak a külső, belső sarokvarratok alakjára és méretére vonatkozó előírások.

A kategóriák helyét a CC-3841 szakasz, illetve ehhez tartozó CC-3831-1 ábra ismerteti. Az egyes kategóriák jellemzését hegesztés szempontjából pedig a CC-4542 szakasz tartalmazza, amelyhez a CC-4542.2-1-től CC-4542-2-10-ig terjedő ábrák tartoznak.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Ideiglenes erősítések hegesztése (idetartoznak még emelőfülek, szigeteléstartók stb.).

Követelmények: legyen technológiavizsgálat, a hegesztő rendelkezzen minősítéssel, az ideiglenes elem anyaga és a hegesztő anyag legyen kompatibilis az állandó elem anyagával, a hegesztett kötést hőkezeljék, amennyiben arra szükség van.

A hegesztések hibáinak javítását a CC-4545 szakasz ismerteti.

A hőkezelés, beleértve az előmelegítést is, a CC-4550 szakaszban található.

A fentiekben döntően eljárásrendi témakörök áttekintésére került sor. A Division 2 kötelező VIII melléklete a betonacélok ívhegesztésének minősítését írja le. A melléklet megismétli az eljárásrendet, hegesztő eljárásonként, acélminőségként, méret és a hegesztési helyzet figyelembevételével hegesztett kötés létesítéséhez utasítást ad. A melléklet tartalmazza a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok eljárásrendjét, terjedelmét és meghivatkozta a vizsgálati szabványokat.

A melléklet rendkívül hasznos, de hazai alkalmazásához jelentős átdolgozására lenne szükség.

3.4.2. *Hegesztett kötések vizsgálata*

A hegesztett kötések vizsgálatával a CC-5500 szakasz foglalkozik.

A vizsgálat időpontja általában a hegesztést követő hőkezelés (PWHT) után. Ez alól kivételek a P-No. 1 acélok, amelyek hegesztett kötését a PWHT előtt vizsgálják.

A vizsgálat terjedelmét a hegesztett kötések kategóriáihoz rendelik:

- a) A és B kategóriába sorolt kötések radiográfiai (RT) vizsgálatral ellenőrzik, kivétel, ha bennmaradó alátétet használnak. Az utóbbi esetben a kötéset teljes hosszában mágnesezhető poros (MT) vagy ultrahangos (UT) vizsgálatral ellenőrzik.
- b) D kategóriába sorolt, teljesen áthegeztett tompa kötések 100%-ban RT vizsgálatral ellenőrzik.
- c) D kategóriába sorolt további kötések és az E, F, G, J kategóriába sorolt kötések, valamint a teljesen áthegeztett H kategóriába sorolt kötések teljes hosszban MT- vagy UT-vizsgálatral ellenőrzik.
- d) H kategóriába sorolt, nem teljesen átolvasztott kötések, ha a nyílás nagyobb, mint 25 mm, T kötések esetén a vastagság nagyobb, mint 13 mm,

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

folyadékbehatolásos (PT) vizsgálattal, vagy MT-vizsgálattal ellenőrzik. A kivételezett kötések szemrevételezéses vizsgálattal (VT) ellenőrzik.

A burkolatok hegesztett kötéseit tömörségvizsgálattal (LT) ellenőrzik.

Ausztenites acélok összes hegesztett kötését MT helyett PT-vizsgálattal ellenőrzik.

Teherviselő, nemteherviselő és ideiglenes merevítések kötéseit teljes hosszon MT-, vagy PT-vizsgálattal ellenőrzik. Ez nem vonatkozik a burkolat horgonyzásainak kötéseire.

Az egyes eljárások vizsgálati technológiáját az ASME Code V kötetre hivatkozással adja meg a Division 2 CC-3530 szakasza.

Az RT-vizsgálat technológiájához (Code V 2. cikkelyéhez) a Division 2 CC-3531 szakasza kiegészítéseket tesz, amelyek a hegesztés sajátosságait veszik figyelembe. Példaként: a vizsgálat megkezdésekor az első 3 m hosszú, illetve minden 15,2 m hosszon egy 250 mm hosszú szakaszt vizsgálnak hegesztőként és hegesztési helyzetenként. A 250 mm hosszú szakaszokat véletlenszerűen választják ki, a szakaszok egymástól legalább 3 m távolságra esznek. A vizsgálat helyét dokumentálják.

VT-vizsgálat technológiáját a Code.V 9. cikkelye tartalmazza. ASTM D2563

MT-vizsgálat technológiáját a Code V 7. cikkelye tartalmazza. ASTM E709

UT-vizsgálat technológiáját a Code V 5. cikkelye tartalmazza. ASTM A435, ASTM A577, ASTM E273

LT-vizsgálatok technológiáját a Code V 10. cikkelye tartalmazza, és az egyes vizsgálati módok technológiájának leírása az I., III., IV., VI. mellékletekben található meg. ASTM E432 ASTM E479

PT-vizsgálat technológiáját a Code V 6. cikkelye tartalmazza. ASTM E165

RT-vizsgálat technológiáját a Code V 2. cikkelye tartalmazza. ASTM E94 ASTM E747 ASTM E1416

Az elfogadási szinteket a Division 2 CC-5540 szakasz tartalmazza vizsgálati eljárásonként a megadott vizsgálati technológiák figyelembevételével.

A Division 2 CC-6000 cikkelye a beton konténmentek szerkezetintegritásának vizsgálatát írja le.

3.4.3. A burkolat anyagai

A hermetikus terek burkolatának anyaga – a felhasználás helyének követelményeitől függően - ausztenites acél, vagy bevonattal ellátott ötvözetlen acél.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Terméktípusonként az MSZ 27003 szabványsorozat I. kötelező melléklete a következő jelű acélokat tartalmazza.

ASME specifikáció	Típus, fokozat, osztály	P-No
Lemezek	TP304, TP304L	8
SA-240	TP316, TP316L	8
Varratnélküli csövek		
SA-376,	TP304, TP304H	8
	TP316, TP316H	8
SA-430	FP304, FP304H	8
	FP316, FP316H	8
SA-213	TP304, TP304L	8
	TP316, TP316L	8
SA-312	TP304, TP304L	8
Hegesztett csövek.	Gr. 304, Gr. 304L	8
	Gr. 316, Gr. 316L	8
Fittingek, kovácsdarabok, öntvények, rudak, csapok		
SA-403	Gr. 304, Gr. 304L	8
	Gr. 316, Gr. 316L	8

A felsorolt acéloknak EN, EN ISO-szabványok szerinti megfelelő acélok az Európai Unióban rendelkezésre állnak. A felsorolt acélokhöz és acéltermékekhez hegesztőanyagok az Európai Unió tagországaiban működő hegesztőanyag-gyártó cégek termékei között megtalálhatók.

Ausztenites acélok és hegesztési varratok delta ferrit tartalmára megengedett legkisebb és legnagyobb értékére követelmények vannak. A legkisebb értéket ismerni kell a kristályosodási (meleg) repedés keletkezésének elkerülése céljából. A legnagyobb érték ismerete elsősorban hőkezelt öntvények és hegesztési varratok elridegedésének csökkentése végett fontos.

A delta ferrit tartalom mágneses méréssel, vagy a vegyelemzés eredményéből számítással határozható meg. Alapanyagok mágneses méréssel meghatározott ferrit tartalmát a CMTR tartalmazza. A vegyelemzés

eredményéből számított delta ferrit tartalom meghatározásához többek között a Division 2 CC-2613.3.1-1 ábra nyújt segítséget.

3.5. Összehasonlítás, megállapítások

Az ISO, EN, EN ISO és az ASME/ASTM szabályozási környezetet összehasonlítva a következő általános észrevételek tehetők:

Az ISO, EN, EN ISO szabályozási környezet nemzetközi, az ASME/ASTM lokális (USA, Kanada), bár egyre nagyobb körben terjedő előírásrendszer, amelyet egészben Japán, részben pedig több európai ország vesz figyelembe nemzeti szabályozási rendszerének fejlesztése során.

Az ISO, EN, EN ISO környezetszabványokból, szabványdokumentumokból áll, tehát követi a szabványalkotás módszertanát. Az ASME/ASTM környezet-mérnök-egyesületek dokumentumaira épül. Figyelembe veszi a jó gyakorlatot, amit tükröz az is, hogy az ASME-kódok több száz szakember (lásd a kötetek elején lévő névsort) munkájára és tapasztalatára épül, interaktív kapcsolatot tart fent a használóival, rendszeres továbbképzéseket szervez a kódok ismertetésére, és háromévente felülvizsgálja a kódokat

Az ASME 1914-ben alakult meg. Az első kódot (kazánokra) 1916-ban adta ki. A hegesztett nyomástartó edényekre vonatkozó kód 1935-ben jelent meg. Az ASME időben lényegesen megelőzte a nemzeti szabvány intézmények megalakulását és az ISO megalakulását is. Ma az elsők között kiadott kódok 28. revíziója van érvényben. Az atomerőművekre vonatkozó ASME Code III és XI kiadására később került sor, ezek több mint tizenöt revíziót éltek meg.

A betonacélokra, betonacélok hegesztésére és vizsgálatára, illetve acélburkolatokra vonatkozó előírásokat összehasonlítva a következőket állapíthatjuk meg:

A betonacélokra, a betonacélok hegesztésére és vizsgálatára vonatkozó ISO, EN, EN ISO-szabványok általános alkalmazásra készültek, nem veszik figyelembe a különleges követelményeket, amelyek adott felhasználásból (pl. atomerőművi, hidászati stb.) következnek.

Mondhatni hiányosak a hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatára vonatkozó előírások, mivel csak a szemrevételezéses vizsgálatot írják elő. Ugyanakkor a hegesztők minősítésében nagyon akkurátusan járnak el, feltételezhetően az építőipar és a hegesztés kapcsolatának ismeretében. Ennek ellenére hibát vétenek azzal, hogy alapminősítésnek a szabványos (MSZ EN 9606-1) minősítést veszik alapul, amely szerinti minősítés adott hegesztési helyzetre érvényes. Ezzel szemben a próbadarabot a hegesztő a

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

legkedvezőtlenebb hegesztési helyzetben hegessze, függetlenül az alap minősítésének érvényességét meghatározó hegesztési helyzettől.

A szemrevételezéses vizsgálat eredményeivel szemben a minősítés során az MSZ EN ISO 25617-szabvány szerinti C osztály követelményeit támasztják. Abban az esetben, ha a roncsolásmentes vizsgálati eljárások bővülnek (PT, MT, UT, RT), amire feltétlenül szükség van, ez az út már nem járható, a követelményeket vizsgálati eljárásonként kell megadni.

Az ASME Code III Division 2 atomerőművi, azon belül konténmentek vasbeton szerkezetére vonatkozik. Figyelembe veszi az adott alkalmazás biztonsági követelményeit.

A Code III Division 2 figyelembe veszi az ASTM általános érvényű szabványait, és szükség szerint kiegészíti többletkövetelményekkel. Ezt többek között a roncsolásmentes vizsgálatok és a hegesztők minősítése tükrözik. Az ASME Code V Subsection A-ban felsorolt 1-11 Article tartalmazza az alkalmazás sajátosságait, és a Subsection B Documents Adopted by Section V felsorolja azokat az általános rendeltetésű dokumentumokat, amelyekre épül. Több esetben még ehhez képest is megfogalmaz többletkövetelményeket, lásd pl. a Code III Division 2 néhány szakaszát.

Az ASME Code IX az AWS hegesztő minősítési rendszerére épül. A Code IX összekapcsolja a hegesztők minősítését és a hegesztés minősítését, és megfogalmazza az ASME többletkövetelményeit.

Az összehasonlítást figyelembe véve a következő megállapítások tehetők:

Az ISO, EN, EN ISO környezet jelenlegi formájában nem csereszabatos az ASTM/ASTM környezettel, de azzá tehető. Ennek érdekében az atomerőmű építményeit biztonsági osztályokba sorolják. Ez alapján meghatározhatók azok az építmények, amelyek vasbeton szerkezeteire többletkövetelményeket kell tenni. A többletkövetelményeket az általános rendeltetésű ISO, EN, EN ISO- szabványokra építik.

A jellemző vizsgálatok:

- a) Berendezések és csővezetékek időszakos szemrevételezéses vizsgálata. MSZ EN ISO 17637
- b) Ausztenites és ferrit-perlites anyagok felületi vizsgálata folyadékbehatolásos módszerrel. MSZ EN ISO 3452-1
- c) Ferrit-perlites acélok mágnesezhető poros vizsgálata. MSZ EN ISO 17638 MSZ EN ISO 17636 és MSZ EN ISO 17636
- d) Ferrit-perlites és ausztenites acélok hegesztett kötéseinek radiográfiai vizsgálata.

3.6. Szerkezeti acélok

3.6.1. Bevezetés

Magyarországon a következő hatályos szabványok vonatkoznak a szerkezeti acélokra:

Az MSZ EN 10025 és az MSZ EN 10210 szabványsorozatok a melegen hengerelt termékekre, valamint az MSZ EN 10219 szabványsorozat a hidegen alakított termékekre.

Az MSZ EN 10025 szabványsorozat a lapos és hosszú termékekre tartalmaz előírásokat, a nyitott idomacélokkal az MSZ EN 10210 foglalkozik.

Az MSZ EN 10025 további részekből áll a különböző anyagszerkezetű acélok szerinti felosztásban. Ezek az alábbiak:

1. rész: Általános műszaki szállítási feltételek
2. rész: Ötvözetlen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
3. rész: Normalizált/normalizálva hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
4. rész: Termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
5. rész: Légkörkorrózió-álló szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
6. rész: Nagy folyáshatárú szerkezeti acélokból készült, nemesített lapos termékek műszaki szállítási feltételei

A szabványban hivatkozásként szerepelnek a különböző méret- és tűrésszabványok, valamint a vizsgálati szabványok.

A minőségi osztályokat és a minőségcsoportokat a 2.-6. részek ismertetik.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Anyagrendeléskor a következő adatokat kell kötelezően feltüntetni a gyártónak:

- a) szállítandó mennyiség,
- b) termékalak,
- c) a szabvány vonatkozó részének hivatkozási száma,
- d) az acélminőség jele, vagy számjele (az MSZ EN 10025-2.-6. részek szerint),
- e) névleges méretek, méret- és alaktűrések,
- f) minden szükséges választható előírás,
- g) a vizsgálatokra és a vizsgálati bizonylatokra vonatkozó kiegészítő követelmények (szintén az MSZ EN 10025-2.-6. részek szerint).

Az acélgyártási eljárást a gyártó a saját döntése alapján választja meg, de a Siemens-Martin eljárás ki van zárva.

A vegyi összetételre vonatkozó követelményeket a 2.-6. részek részletesen tartalmazzák, adagelemzésre kötelezően, termékelemzésre a megrendelés szerint.

A karbonegyenérték kiszámításához – a 3.1.2. pontban már bemutatott – Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) ajánlott képletét kell alkalmazni:

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

A karbonegyenérték képletében szereplő elemek mennyiségét a vizsgálati bizonylatban (MSZ EN 10240) meg kell adni.

3.6.2. Mechanikai tulajdonságok

A mechanikai tulajdonságok romlásának elkerülésére a normalizált acélok esetén a feszültségmentesítő izzítás hőmérséklete legfeljebb 560°C legyen.

Az ütőmunka vizsgálatát általában a legkisebb hőmérsékleten kell igazolni.

A termékeket tételes vizsgálattal kell szállítani. A gyártó az alábbi vizsgálatokat végezze el:

- a) felületminőség és a méretek ellenőrzése,
- b) belső anyaghibák vizsgálata ultrahangos vizsgálattal,
- c) vegyi összetétel igazolása minden egyes adagra.
- d) mechanikai tulajdonságok vizsgálata: szakító-, ütővizsgálat.

Ezeket a részleteket a 2.-6. részek tárgyalják a különböző típusú acélananyagokra.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A szabvány 9. fejezete ismerteti a vizsgálatokhoz szükséges próbadarabok előkészítésének, kivételének módját. A 10. fejezet írja le a vizsgálati eljárásokat. (A „B” melléklet részletesen írja le a megfelelőségértékelést, amelyben szerepel az első típusvizsgálat, a fokozott rutinellenőrzés és az üzemi gyártásellenőrzés.)

A termékeket jól olvasható jelöléssel kell ellátni, amelyen a következőket kell feltüntetni:

- a) az acélminőséget, a minőségcsoportot és a szállítási állapotot,
- b) az adag és a próbadarab azonosító számát,
- c) a gyártó nevét, vagy jelét,
- d) szükség esetén a külső átvevő jelét.

3.6.3. A különböző anyagszerkezetű acélokra vonatkozó követelmények

3.6.3.1. MSZ EN 10025-2: Ötvözetlen szerkezeti acélok

A 2. rész S185, S235, S275, S355, S450, E 295, E335, E360 jelű acélminőségeket sorol be. Ezek ötvözetlen acélok, legfeljebb 250 mm vastagságig, kivéve az S450 esetén, ahol a vastagság 3-150mm közötti lehet, valamint a J2 és K2 minőségcsoportok esetén legfeljebb 400mm. Ezek hőkezelésre nem szánt acélok, a +N szállítási állapotú termékeket kivéve, amelyek melegen alakíthatók és/vagy normalizálhatók.

E szabvány az ütőmunka szerint az S235-S275 acélminőségek esetén JR, J0, J2 minőségcsoportokat, S335 acélminőség esetén JR, J0, J2 és K2 minőségcsoportokat, az S450 acélminőség esetén J0 minőségcsoportokat különböztet meg. Az acélminőség jelében az S szerkezeti acélt, az E gépacélt jelent. Az S185, E 295, E335, E360 jelű acélminőségek nem rendelkeznek ütőmunka előírással, CE-jellel sem szabad ellátni ezeket.

A megnevezés tartalmazza (az MSZ EN 10027 - Acélok jelölési rendszere szerint):

- a) a szabvány jelét,
- b) az S, vagy E jelet,
- c) a legkisebb folyáshatárt N/mm²-ben [Mpa],
- d) a minőségcsoportot az ütőmunka alapján,
- e) a különleges felhasználásra utaló C jelet,
- f) szállítási állapot jelét: +N, a normalizált/normalizálható anyagok, vagy +AR jel a hengerelt állapotú anyagokra.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A felsorolt acélminőségű anyagok vegyi összetételét mutatja a következő táblázat általános esetben néhány jellemző elemre (az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók):

Acél jele	CEV, %	C _{max} , %	Si _{max} , %	Mn, %	P _{max} %	S _{max} %	N _{max} %	Cu _{max} %
S235	0,35	0,17	-	1,40	0,035	0,030	0,017	0,55
S275	0,40	0,18	-	1,50	0,030	0,025	0,017	0,55
S355	0,45	0,20	0,55	1,60	0,035	0,030	0,017	0,55
S450	0,47	0,20	0,55	1,70	0,030	0,025	0,017	0,55

Acél jele	P _{max} %	S _{max} %	N _{max} %
S185	-	-	-
E295	0,045	0,045	0,012
E335	0,045	0,045	0,012
E360	0,045	0,045	0,012

A táblázatban szereplő adatok maximális értékek az adagelemzés során meghatározott összetételre. A termékelemzésre vonatkozó adatok kis-mértékben eltérnek, a részletes táblázatok a szabványban megtalálhatók.

A következő táblázat a mechanikai tulajdonságokat tartalmazza. Az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók. A minimális folyáshatár és a szakítószilárdság a névleges vastagság növekedésével csökken!

Acélminőség jele	legkisebb folyáshatár [Mpa]	szakítószilárdság [Mpa]	legkisebb szakadási nyúlás [%]	legkisebb ütőmunka [J]
S235	235	360-510	15-25	27
S275	275	410-560	13-23	27
S355	355	470-630	12-22	27
S450	450	550-720	17	27

Ezen acélminőségű anyagok általában alkalmasak élhajlításra, görgős hidegalakításra, hideghúzásra.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Ütőmunka-előírás nélküli acélminőségű és minőségcsoportú lapos és hosszú termékek

Acélminőség jele	legkisebb folyáshatár [Mpa]	szakítószilárdság [Mpa]	legkisebb szakadási nyúlás [%]
S185	185	290-510	8-18
E295	295	470-610	10-20
E355	355	570-710	6-16
E360	360	670-830	3-11

A szabvány tartalmaz még egy sor technológiai tulajdonságra vonatkozó előírást, többek között alakíthatósági ajánlásokat, pl. hajlítási sugarak élhajlításkor a lemezvastagság függvényében, horganyozhatóságra, forgácsolhatóságra való alkalmasságot.

A 8. fejezet részletesen kitér az ellenőrzésekre és vizsgálatokra, előírja a vizsgálati tételek mennyiségét, az elvégzendő vizsgálatokat.

Szállítás esetén tételes ellenőrzést kell végezni, ennek során vizsgálni kell:

- a) -adagelemzés (vegyszerösszetétel) MSZ EN 10160 (lapos), MSZ EN 10306 (H, IPE), MSZ EN 10308 (rudak) ultrahangos vizsgálatok,
- b) -szakítóvizsgálat,
- c) -ütővizsgálat a J0, J2 és K2 mincsoportok esetén.

Ezeket felüli vizsgálatokat eseti megállapodások alapján kell végezni.

Az egyenértékű acélok korábbi jelölései a korábbi európai szabványos jelölésekre terjednek ki, a régi MSZ szerinti jelölésekre nem.

3.6.3.2. MSZ EN 10025-3: normalizált/normalizálva hengerelt, hegeszhető, finomszemcsés szerkezeti acélok

Nagy igénybevételű, környezeti és kis hőmérsékletnek kitett hegesztett szerkezetek, például hidak, zsilipkapuk, tárolótartályok, víztartályok stb. készítésére alkalmazzák.

A 3. rész S275, S355, S420, S460 jelű acélminőségeket sorol be. Ezek normalizált acélok, legfeljebb 250 mm vastagságig, kivéve az S460 esetén, ahol a vastagság 200mm lehet. Ezek normalizáló hengerléssel készült finomszemcsés acélok, a ferritszemcse-méret fokozata MSZ EN ISO 643 szerint ≥ 6 . Az S275, S355 ötvözetlen minőségi acél, az S420, S460 ötvözött nemesacél.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A minőségcsoportok:

- a) legkisebb ütőmunkaérték -20°C-on – N
- b) legkisebb ütőmunkaérték -50°C-on – NL

A felsorolt acélminőségű anyagok vegyi összetételét mutatja a következő táblázat általános esetben néhány jellemző elemre (az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók):

Acél jele	CEV, %	C _{max} , %	Si _{max} , %	Mn, %	P _{max} %	S _{max} %	N _{max} %	Cu _{max} %
S275	0,40	0,16	0,40	0,5-1,50	0,025	0,020	0,015	0,55
S355	0,43	0,18	0,50	0,9-1,65	0,025	0,020	0,015	0,55
S420	0,48	0,20	0,60	1,0-1,70	0,025	0,020	0,025	0,55
S460	0,53	0,20	0,60	1,0-1,70	0,025	0,020	0,025	0,55

A táblázatban szereplő adatok maximális értékek az adagelemzés során meghatározott összetételre. A termékelemzésre vonatkozó adatok kis-mértékben eltérnek, a részletes táblázatok a szabványban megtalálhatók.

A következő táblázat a mechanikai tulajdonságokat tartalmazza. Az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók. A minimális folyáshatár és a szakítószilárdság a névleges vastagság növekedésével csökken!

Acélminőség jele	legkisebb folyáshatár [Mpa]	szakítószilárdság [Mpa]	legkisebb szakadási nyúlás [%]	legkisebb ütőmunka [J]
S275	275	370-510	23	20-63
S355	355	470-630	22	20-63
S420	420	520-680	18	20-63
S460	460	540-720	17	20-63

3.6.3.3. MSZ EN 10025-4: termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok

Nagy igénybevételű, környezeti és kis hőmérsékletnek kitett hegesztett szerkezetek, például hidak, zsilipkapuk, tárolótartályok, víztartályok stb. készítésére alkalmazzák.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A 4. rész S275, S355, S420, S460 jelű acélminőségeket sorol be. Ezek termomechanikusan hengerelt ötvözött nemesacélok, legfeljebb 120 mm vastagságig lapos termékek esetén, illetve 150 mm vastagságig hosszú termékekre. A finomszemcsére vonatkozóan egyezik az előírás a normalizáló hengerléssel készült acélokhoz, azaz a ferritszemcseméret fokozata MSZ EN ISO 643 szerint ≥ 6 .

A minőségcsoportok:

- a) legkisebb ütőmunkaérték -20°C -on – M
- b) legkisebb ütőmunkaérték -50°C -on – ML

A felsorolt acélminőségű anyagok vegyi összetételét mutatja a következő táblázat általános esetben néhány jellemző elemre (az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók):

Acél jele	CEV, %	C _{max} , %	Si _{max} , %	Mn, %	P _{max} %	S _{max} %	N _{max} %	Cu _{max} %
S275	0,34	0,13	0,50	1,50	0,025	0,020	0,015	0,55
S355	0,39	0,14	0,50	1,60	0,025	0,020	0,015	0,55
S420	0,45	0,16	0,50	1,70	0,025	0,020	0,025	0,55
S460	0,46	0,16	0,60	1,70	0,025	0,020	0,025	0,55

A táblázatban szereplő adatok maximális értékek az adagelemzés során meghatározott összetételre. A termékelemzésre vonatkozó adatok kismértékben eltérnek, a részletes táblázatok a szabványban megtalálhatók. Ezen anyagoknak tartalmaznia kell elegendő mennyiségű nitrogént lekötő elemet.

Ezen termékek melegen nem alakíthatók.

A következő táblázat a mechanikai tulajdonságokat tartalmazza. Az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók. A minimális folyáshatár és a szakítószilárdság a névleges vastagság növekedésével kismértékben csökken!

Acélminőség jele	legkisebb folyáshatár [Mpa]	szakítószilárdság [Mpa]	legkisebb szakadási nyúlás [%]	legkisebb ütőmunka [J] +20- -50C-ig
S275	275	370-530	24	27-63
S355	355	470-630	22	27-63

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

S420	420	520-680	19	27-63
S460	460	540-720	17	27-63

3.6.3.4. MSZ EN 10025-5: légkörkorrózió-álló szerkezeti acélok

Elsősorban olyan hegesztett, csavarozott és szegecselt szerkezeti elemekhez alkalmazzák, amelyeknek a légköri korrózióval szemben környezeti hőmérsékleten növelt ellenállást kell tanúsítaniuk. Hőkezelésre nem szánt acélok, kivéve a +N szállítási állapotú termékeket, amelyek melegen alakíthatók, normalizálhatók.

A korrózióállóságot úgy alakítják ki, hogy védő oxidréteg kialakítására képes ötvöző anyagokat alkalmaznak az acél gyártása során (foszfor, réz, króm, nikkel, molibdén stb.).

Az 5. rész S235, és S355 jelű acélminőségeket sorol be. Ezek ötvözött nemesacélok. E szabvány az ütőmunka alapján J0, J2 és K2 minőségcsoportokat különböztet meg. Az S355 acélminőség W és WP osztályra van felosztva a karbon- és foszfortartalom alapján.

Hegesztés esetén a varratnak is ellenállónak kell lennie a korrózióval szemben!

A felsorolt acélminőségű anyagok vegyi összetételét mutatja a következő táblázat általános esetben néhány jellemző elemre (az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók):

Acél jele	C _{max} , %	Si _{max} , %	Mn, %	P _{max} %	S _{max} %	N _{max} %	Cu _{max} %
S235	0,13	0,40	0,20-0,60	0,035	0,030	0,009	0,25-0,55
S355	0,12- 0,16	0,50-0,75	0,5-1,50	0,03- 0,15	0,030	0,009	0,25-0,55

A táblázatban szereplő adatok maximális értékek az adagelemzés során meghatározott összetételre. A termékelemzésre vonatkozó adatok kis-mértékben eltérnek, a részletes táblázatok a szabványban megtalálhatók.

A következő táblázat a mechanikai tulajdonságokat tartalmazza. Az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók. A minimális folyáshatár és a szakítószilárdság a névleges vastagság növekedésével csökken!

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

Acélminőség jele	legkisebb folyáshatár [Mpa]	szakítószilárdság [Mpa]	legkisebb szakadási nyúlás [%]	legkisebb ütőmunka [J] 0 - - 20°C
S235	235	360-510	17-26	27
S355	355	470-630	14-22	27

A korrózió forrását, lehetőségét minden esetben egyedileg kell elbírálni és egyeztetni a gyártóval.

3.6.3.5. MSZ EN 10025-6: nagy folyáshatárú szerkezeti acélokból készült, nemesített lapos termékek

A 6. rész S460, S500, S550, S620, S690, S890, S960 jelű acélminőségeket sorol be, S460-S690 acélokminőségek esetén legfeljebb 150 mm vastagságig, S890 esetén legfeljebb 100 mm vastagságig, S960 esetén legfeljebb 50 mm vastagságig. Ezek ötvözött nemesacélok.

E szabvány az ütőmunka alapján az alábbi minőségcsoportokat különbözteti meg:

- a) legkisebb ütőmunkaérték -20°C-on – Q
- b) legkisebb ütőmunkaérték -40°C-on – QL
- c) legkisebb ütőmunkaérték -60°C-on – QL1 (kivéve S960)

Ezen anyagoknak tartalmazniuk kell elegendő mennyiségű nitrogént lekötő elemet.

A felsorolt acélminőségű anyagok vegyi összetételét mutatja a következő táblázat általános esetben néhány jellemző elemre (az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók):

Acél jele	CEV, %	C _{max} , %	Si _{max} , %	Mn, %	P _{max} %	S _{max} %	N _{max} %	Cu _{max} %
S460-960	0,47-0,82	0,20	0,80	1,70	0,025	0,010	0,015	0,50

A táblázatban szereplő adatok maximális értékek az adagelemzés során meghatározott összetételre. A termékelemzésre vonatkozó adatok kis-mértékben eltérnek, a részletes táblázatok a szabványban megtalálhatók.

Ezen termékek melegen nem alakíthatók.

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

A következő táblázat a mechanikai tulajdonságokat tartalmazza. Az eltérő vastagságok és ütőmunka előírások függvényében változó adatok részletesen a szabványban megtalálhatók. A minimális folyáshatár és a szakítószilárdság a névleges vastagság növekedésével csökken!

Acélminőség jele	legkisebb folyáshatár [Mpa]	szakítószilárdság [Mpa]	legkisebb szakadási nyúlás [%]	legkisebb ütőmunka [J]
S460	460	550-720	17	30-60
S500	500	590-770	17	30-60
S550	550	640-820	16	30-60
S620	620	700-890	15	30-60
S690	690	760-940	14	30-60
S890	890	880-1100	11	30-60
S960	960	980-1150	10	30-60

3.7. Egyebek

Az acélszerkezetek hegesztése során alkalmazott egyéb anyagminőségekről, a hegesztett kötések létrehozása során alkalmazott hegesztőanyagokról, illetve az itt nem említett, de a hegesztést érintő kérdésekről az A4.10 számú „Atomerőművek berendezéseinek hegesztése” című hatósági útmutató információi az irányadók.

4. SZABVÁNYJEGYZÉK

4.1. Az útmutatóban szereplő magyar szabványok

MSZ EN ISO 17660-1:2007	Hegesztés. Betonacélok hegesztése. 1. rész: Teherhordó hegesztett kötések (ISO 17660-1:2006)
MSZ EN ISO 17660-2:2007	Hegesztés. Betonacélok hegesztése. 2. rész: Nem teherhordó hegesztett kötések (ISO 17660-2:2006)
MSZ EN ISO 15630-1:2011	Betonacél és feszítőacél. Vizsgálati módszerek. 1. rész: Betonacél rúd és huzal (ISO 15630-1:2010) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 15630-2:2011	Betonacél és feszítőacél. Vizsgálati módszerek. 2. rész: Hegesztett síkháló (ISO 15630-2:2010) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 15630-3:2011	Betonacél és feszítőacél. Vizsgálati módszerek. 3. rész: Feszítőacél (ISO 15630-3:2010) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 3834-1:2006	Fémek ömlesztőhegesztésének minőségirányítási követelményei. 1. rész: Minőségirányítási követelmények megfelelő szintjének kiválasztási feltételei (ISO 3834-1:2005)
MSZ EN ISO 3834-2:2006	Fémek ömlesztőhegesztésének minőségirányítási követelményei. 2. rész: Teljes körű minőségirányítási követelmények (ISO 3834-2:2005)
MSZ EN ISO 3834-3:2006	Fémek ömlesztőhegesztésének minőségirányítási követelményei. 3. rész: Általános minőségirányítási követelmények (ISO 3834-3:2005)
MSZ EN ISO 3834-4:2006	Fémek ömlesztőhegesztésének minőségirányítási követelményei. 4. rész: Alapvető minőségirányítási követelmények (ISO 3834-4:2005)
MSZ EN ISO 3834-5:2015	Fémek ömlesztőhegesztésének minőségirányítási követelményei. 5. rész: Az ISO 3834-2, az ISO 3834-3 vagy az ISO 3834-4 szerinti minőségirányítási követelményeknek való megfeleléshez szükséges dokumentumok (ISO 3834-5:2015)
MSZ EN ISO 9606-1:2014	Hegesztők minősítése. Ömlesztőhegesztés. 1. rész: Acélok (ISO 9606-1:2012, tartalmazza a 2012.évi 1. helyesbítést)

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

MSZ EN ISO 14732:2014	Hegesztési személyzet. Hegesztőgép-kezelők és -beállítók minősítése fémek gépesített és automatizált hegesztésére (ISO 14732:2013)
MSZ EN ISO 14731:2007	Hegesztési felügyelet. Feladatok és felelősség (ISO 14731:2006)
MSZ EN ISO 4063:2011	Hegesztés és rokon eljárások. A hegesztési eljárások megnevezése és azonosító jelölésük (ISO 4063:2009, 2010-03-01-jei helyesbített változat) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 15609-1:2005	Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. Hegesztéstechnológiai utasítás. 1. rész: Ívhegesztés (ISO 15609-1:2004)
MSZ EN ISO 15609-2:2005	Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. Hegesztéstechnológiai utasítás. 2. rész: Gázhegesztés (ISO 15609-2:2004) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 15609-5:2012	Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. Hegesztéstechnológiai utasítás. 5. rész: Ellenállás-hegesztés (ISO 15609-5:2004) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 15620:2000	Hegesztés. Fémek dörzshegesztése (ISO 15620:2000)
MSZ EN 1011-2:2001/A1:2004	Hegesztés. Ajánlások fémek hegesztéséhez. 2. rész: Ferrites acélok ívhegesztése. (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 13916:2000	Hegesztés. Irányelvek az előmelegítési, a közbeneső és hőntartási hőmérséklet mérésére (ISO 13916:1996)
MSZ 27003 szabványsorozat	Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai
MSZ EN 1990:2011	Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai
MSZ EN 1991 szabványsorozat	Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások
MSZ EN 1992 szabványsorozat	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése
MSZ EN 1993 szabványsorozat	Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

MSZ EN 1994 szabványsorozat	Eurocode 4: Együtt dolgozó, acél-beton öszvérszerkezetek tervezése
MSZ EN 1996 szabványsorozat	Eurocode 6: Falazott szerkezetek tervezése
MSZ EN 1998 szabványsorozat	Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre
MSZ EN 10080:2005	Betonacél. Hegeszthető betonacél. Általános követelmények.
MSZ EN 14889-1:2007	Szálak betonhoz. 1. rész: Acélszálak. Fogalommeghatározások, előírások és megfelelés
MSZ EN 14889-2:2007	Szálak betonhoz. 2. rész: Polimer szálak. Fogalommeghatározások, előírások és megfelelés (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 1461:2009	Tűzhorganyzással kialakított bevonatok kész vas- és acéltermékeken. Követelmények és vizsgálati módszerek (ISO 1461:2009)
MSZ EN ISO 1504-7:2007	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésgértékelés. 7. rész Betonacélok korrózióvédelme.
MSZ EN 15183:2007	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A korrózióvédelem vizsgálata
MSZ EN ISO 12696:2012	A betonban lévő acél katódos védelme (ISO 12696:2012) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 15614-1:2004/A1:2008	Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. A hegesztéstechnológia vizsgálata. 1. rész: Acélok ív- és gázhegesztése, valamint nikkel és ötvözetei ívhegesztése. 1. Módosítás (ISO 15614-1:2004/Amd 1:2008)
MSZ EN ISO 15614-12:2014	Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. A hegesztéstechnológia vizsgálata. 12. rész: Ellenállás - pont-, vonal- és dutorhegesztése (ISO 15614-12:2014) (ANGOL NYELVŰ)

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

MSZ EN ISO 15614-13:2013	Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. A hegesztéstechnológia vizsgálata. 13. rész: Zömítő és leolvasztó tompahegesztése (ISO 15614-13:2012) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 5817:2014	Hegesztés. Acél, nikkel, titán és ötvözeteik ömlesztőhegesztéssel készített kötése (a sugaras hegesztések kivételével). Az eltérések minőségi szintjei (ISO 5817:2003, helyesbített változat:2005, tartalmazza a 2006-os 1. műszaki helyesbítést) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 17637:2011	Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Ömlesztőhegesztéssel készített kötések szemrevételezéses vizsgálata (ISO 17637:2003) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 3452-1:2013	Roncsolásmentes vizsgálatok. Folyadékbehatolásos vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek (ISO 3452-1:2013) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ EN ISO 17638:2010	Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálatok (ISO 17638:2010) (ANGOL NYELVŰ)
MSZ 339:1987	Melegen hengerelt betonacél
MSZ EN 10025	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból

4.2. Az útmutatóban szereplő egyéb szabványok

ASTM E165/E165M	Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry
ASTM E709	Standard Guide for Magnetic Particle Testing
ASTM E94	Standard Guide for Radiographic Examination
ASTM E1416	Standard Test Method for Radioscopic Examination of Weldments
ASTM A435/A435M	Standard Specification for Straight Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates
ASTM A577/A577M	Standard Specification for Ultrasonic Angle - Beam Examination of Steel Plates

Atomerőművi nukleáris környezetben lévő acélszerkezetek

ASTM E273	Standard Practice for Ultrasonic Testing of the Weld Zone of Welded Pipe and Tubing
ASME B&PVC Section III, Division 2, Subsection CC, Article CC-3000	Design.
ASME B&PVC Section III, Division 2, Subsection CC, Article CC-4000	Fabrication and Installation.
ASME B&PVC Section III, Division 2, Subsection CC, Article CC-5000	Examination.
ASME B&PVC Section III, Division 2, Subsection CC, Article CC-6000	Structural Integrity Test of Concrete Containments. Mandatory Appendix I Tables of Prestressing and Liner Material. Mandatory Appendix VIII Qualifications for Arc Welding Reinforcing Bars.
