

Από το EU 82-79 Sheet 2 και ENV 10080/95.

Όταν δεν ικανοποιείται κάποιο από τα παραπάνω επιμέρους γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τότε η ανηγμένη επιφάνεια προβολής a_R των νευρώσεων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή που δίνεται στον Πίνακα 3.1.2-1.

Η τιμή της ανηγμένης επιφάνειας προβολής των νευρώσεων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (βλ και Σχ. 3.1.2-4):

$$a_R = \frac{1}{\pi d} \sum_{n=1}^k \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_{R,n,i} \sin \beta_n$$

όπου:

$$A_R = \sum_{i=1}^p h_{s,i} \Delta l \quad \text{είναι η επιφάνεια διαμήκουσ τομής της νευρώσης}$$

h_s είναι το μέσο ύψος κάθε τμήματος μήκους Δl μιας πλάγιας νευρώσης που έχει διαχωριστεί σε p μέρη ($l_R = p \Delta l$)

β είναι η γωνία κλίσης των νευρώσεων ως προς τον άξονα της ράβδου σε μοίρες

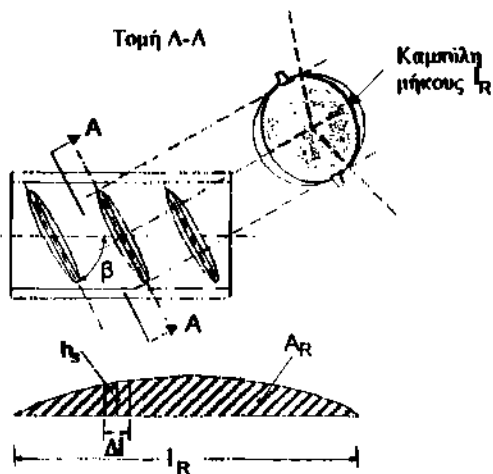
d είναι η ονομαστική διάμετρος της ράβδου σε mm

c είναι η απόσταση των νευρώσεων σε mm

k είναι ο αριθμός των σειρών των πλάγιων νευρώσεων

m είναι ο αριθμός των κλίσεων των νευρώσεων σε μια σειρά

n, j, i είναι μεταβλητές άθροισης.



Σχήμα 3.1.2-4 Προσδιορισμός της ανηγμένης επιφάνειας προβολής a_R των νευρώσεων

Πίνακας 3.1.2-1 Ελάχιστη τιμή της ανηγμένης επιφάνειας προβολής νευρώσεων a_R

Ονομαστική διάμετρος (mm)	5-6	8	10	≥12
$a_{R,min}$	0,039	0,045	0,052	0,056

Ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών, περιλαμβανομένης και της επιμήκυνσης στο μέγιστο φορτίο θα γίνεται με βάση τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 1045, EN 10002 (μέρη 1 έως 5) και ISO/CD 15630-1.

Η επιμήκυνση στο μέγιστο φορτίο ϵ_{\max} μετρείται μακριά από το λαμύ εν γένει είναι πολύ μικρότερη από την επιμήκυνση μετά τη θραύση ϵ_2 η οποία μετρείται επί μήκους $5d$ εκατέρωθεν του λαμύ θραύσης.

Οι τιμές που δίνονται στον Πίνακα 3.2-1 δεν κλύπτουν τις απαιτήσεις αυξημένης πλαστιμότητας που θέτουν οι σύγχρονοι Κανονισμοί. Στον Πίνακα Σ3.2.-1 δίνονται τέτοιες απαιτήσεις, υπό τις σύγχρονες αντιλήψεις. Από τη σύγκριση των Πινάκων 3.2.-1 και Σ3.2.-1 είναι εμφανής η ασυμφωνία που υπάρχει μεταξύ των σύγχρονων Κανονισμών και των Προτύπων ΕΛΟΤ959 και ΕΛΟΤ 971 στα οποία εκ των πραγμάτων βασίζεται ο Κανονισμός αυτός. Μέχρι να ενσωματωθούν οι σύγχρονες αυτές αντιλήψεις στο κείμενο του Κανονισμού (βλ και Σχόλιο της Παραγρ. 2.1.3) ο χρήστης μπορεί να απαιτεί από τους προμηθευτές, χάλυβες που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της μελέτης για αυξημένη πλαστιμότητα (τελευταία στήλη του Πίνακα Σ3.2-1).

3.2 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των χάλυβων ολισμίου σκυροδέματος δίνονται στον Πίνακα 3.2-1.

Για το όριο διαρροής f_y , την εφελκυστική αντοχή f_t και την αυξημένη παραμόρφωση μετά την θραύση ϵ_2 οι αναφερόμενες τιμές είναι χαρακτηριστικές με ποσοστημώριο $p=95\%$, ενώ για τον λόγο f_t/f_y , οι τιμές είναι οι ελάχιστες.

Οι τιμές των f_y και f_t υπολογίζονται με βάση την πραγματική διατομή.

Όταν δεν υπάρχει διακεκριμένο όριο διαρροής, θα προσδιορίζεται το συμβατικό όριο διαρροής $f_{0,2}$.

Πίνακας 3.2-1 Μηχανικά χαρακτηριστικά χάλυβων κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971

Μέγεθος	Κατηγορία				
	S220	S400	S500	S400s	S500s
Όριο διαρροής, f_y (MPa)	220	400	500	400	500
Εφελκυστική αντοχή, f_t (MPa)	340	500	550	440	550
Λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής, f_t/f_y	-	≥1,05	≥1,05	≥1,05	≥1,05
Επιμήκυνση μετά τη θραύση, ϵ_2 (%)	24	14	12	14	12

Πίνακας Σ.3.2-1 Ειδικές απαιτήσεις χάλυβων για λόγους αυξημένης πλαστιμότητας, κατά τους σύγχρονους Κανονισμούς

Μέγεθος	ENV 1998: 1994 (Ευρωπαϊκός 8)	prEN 10080 (έκδοση 1999) ⁽¹⁾	ΝΕΚΩΣ-95 ⁽²⁾ (υπό αναθεώρηση 2008)
	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας M (μέση)	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας Y (υψηλή)	Χάλυβας κατηγορίας C ($f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$) ⁽³⁾
f_t/f_y	≥ 1,15 ⁽³⁾ ≤ 1,35 ⁽³⁾	≥ 1,20 ⁽³⁾ ≤ 1,35 ⁽³⁾	≥ 1,15 ^{(4), (6)} ≤ 1,35 ^{(4), (6)}
ϵ_{\max} (%)	≥ 6,0	≥ 9,0	≥ 7,5 ⁽⁴⁾ ≥ 7,0 ⁽⁶⁾
$f_{y,max}/f_{y,nom}$	≤ 1,25	≤ 1,20	≤ 1,20 ^{(4), (6)} ≤ 1,30 ⁽⁴⁾

(1) Επί των τιμών αυτών υπάρχει η σύμφωνη γνώμη της Επιτροπής του Ευρωπαϊκού 8

(2) Οι τιμές αυτές θα μπορούσαν να θεωρηθούν απαιτητές στη μεταβατική περίοδο, μέχρι τη μετατροπή του ENV 1998 (Ευρωπαϊκός 8) ή του prEN10080 σε Πρότυπα EN (βλ και Σχόλιο της Παραγρ. 2.1.3)

(3) Μέσες τιμές

(4) Χαρακτηριστικές τιμές που αντιστοιχούν σε ποσοστημώριο $p=90\%$ εκτιμώμενο με πιθανότητα $\alpha=90\%$

(5) Χαρακτηριστική τιμή που αντιστοιχεί σε ποσοστημώριο $p=95\%$ εκτιμώμενο με πιθανότητα $\alpha=90\%$

(6) Οι τιμές των f_y , $f_{y,max}$ υπολογίζονται με βάση την ονομαστική διατομή.

Ειδικά για θέματα χαρακτηριστικών των χαλύβων σπλισμού σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, ο σχεδιασμός των έργων θα ακολουθεί και τις σχετικές διατάξεις ή συστάσεις των:

- CEB Bull. d' Information No. 174 and 208, Fire Design of Concrete Structures, Lausanne, Oct. '86 and Jul. '91
- CEN/TC 250/SC.2/PT.10/1993 (Eurocode 2, Part 1-2), Structural Fire Design.

Εχουν μετρηθεί τιμές έως 210 GPa. Το μέτρο ελαστικότητας E επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, απομεινόμενο σημαντικά για υψηλές θερμοκρασίες (βλ. Πίνακα Σ3.3.1-1).

Πίνακας Σ3.3.1-1 Επίδραση της θερμοκρασίας στο μέτρο ελαστικότητας

Θερμοκρασία °C	20	204	427	537	649
E, (GPa)	200	186	155	134	124

Ο συντελεστής dE/dT στην περιοχή 0-100 °C δίνεται από τη σχέση:

$$dE/dT = -55 \text{ MPa/}^\circ\text{C}$$

Η τιμή των 200 GPa και ο Πίνακας Σ3.3.1-1 είναι από το G.E. Dieter, 'Mechanical Metallurgy', McGraw-Hill, London, 1988, σελ. 49 και 281 αντίστοιχα. Εχουν διασταυρωθεί τιμές από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983. Η παραπάνω σχέση είναι από το Guy-Hren, 'Elements of Physical Metallurgy', 3rd Ed., Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1974, σελ. 63.

Το μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση απαντάται στη βιβλιογραφία και ως μέτρο διάτμησης ή μέτρο ολίσθησης.

Διάφορες τιμές έχουν δοθεί στη βιβλιογραφία για το μέτρο διάτμησης που κυμαίνονται από 76-82 GPa. Τιμές από 160 έως 169 GPa έχουν αναφερθεί για το μέτρο διόγκωσης (bulk modulus).

Για το G η τιμή είναι από το J.E. Shigley-C.R. Mischke, 'Mechanical Engineering Design', McGraw-Hill, 5th Ed., 1989, σελ. 729. Για το K από το G.E. Dieter, 'Mechanical Metallurgy', McGraw-Hill, London, 1988, σελ. 49.

Τιμές από 0,27-0,33 έχουν αναφερθεί για το λόγο Poisson, με το μέσο όρο 0,30 ως την πλέον αποδεκτή τιμή για πρακτικές εφαρμογές. Από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, σελ. 15-3.

3.3 Φυσικά χαρακτηριστικά

Οι φυσικές ιδιότητες των μη ή ελαφρά κραματωμένων χαλύβων, χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, όπως είναι οι χάλυβες σπλισμού σκυροδέματος, είναι παραπλήσιες εκείνων του καθαρού σιδήρου. Οι τιμές που δίνονται παρακάτω αφορούν τον καθαρό σίδηρο, εκτός από τις περιπτώσεις που αναφέρονται ρητά στους χάλυβες, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους υπολογισμούς που αφορούν τους χάλυβες σπλισμού σκυροδέματος.

3.3.1 Μέτρο ελαστικότητας, E

Στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος η τιμή που λαμβάνεται υπόψη είναι 200 GPa.

3.3.2 Μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση G και μέτρο διόγκωσης K

Το μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση είναι 80 GPa και το μέτρο διόγκωσης είναι 165 GPa.

3.3.3 Λόγος Poisson, ν

Για τις πρακτικές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιείται η τιμή 0,30.

R.E. Reed-Hill, 'Physical Metallurgy Principles', 2nd Ed., D. Van Nostrand, New York, 1973, σελ. 454.

Ο αστενίτης (διάλυμα άνθρακα μέσα σε Fe-γ) μπορεί να εμφανίζεται στους χάλυβες πάνω από τους 723°C και παίζει σπουδαίο ρόλο στη διαδικασία θερμικής κατεργασίας συγκεκριμένων ποιοτήτων χάλυβα. Υπάρχει μια σχετική ασάφεια για τα σημεία τήξης (ΣΤ) και βρασμού (ΣΒ). Το ΣΤ κυμαίνεται από 1536-1539 °C και το ΣΒ από 2740-2860 °C.

Στον Πίνακα Σ3.3.5-1 δίνονται τιμές της ειδικής θερμότητας σε διάφορες θερμοκρασίες. Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Πίνακας Σ3.3.5-1 Φυσικές ιδιότητες χάλυβα

Θερμοκρασία °C	Ποκνότητα g/cm ³	Ειδική θερμότητα J kg ⁻¹ K ⁻¹	Συντελεστής γραμμικής διαστολής x 10 ⁻⁶ C ⁻¹	Θερμική αγωγιμότητα W m ⁻¹ K ⁻¹	Ειδική αντίσταση μΩm
20	7,84-7,86	435-444	12,18	51,9	15,9-16,3
100		477-494	12,18	51,1	21,9-22,6
200		520-528	12,66	49,0	29,2-29,6
400		599-611	13,47	42,7	48,2-48,7
600		699-754	14,41	35,6	74,2-75,8
800		791-950	12,64	26,0	109,4-110,0
1000		657	13,37	27,2	116,7-119,4

Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Η θερμική αγωγιμότητα του καθαρού σιδήρου, στη θερμοκρασιακή περιοχή 0-100°C έχει μέση τιμή 78,2 W m⁻¹ K⁻¹. Όταν αφορά όμως τον χάλυβα, οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας στις διάφορες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες (Πίνακας Σ3.3.5-1), λόγω δομής.

Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Στον Πίνακα Σ3.3.5-1 δίνονται ακριβέστερες τιμές του συντελεστή γραμμικής διαστολής για διάφορες θερμοκρασίες.

3.3.4 Κρυστάλλωση σιδήρου και θερμοκρασία Curie

Στον Πίνακα 3.3.4-1 δίνονται οι φάσεις του καθαρού σιδήρου. Η θερμοκρασία Curie, θερμοκρασία πέραν της οποίας χάνεται η μαγνητική συμπεριφορά του σιδήρου, είναι 770 °C.

Πίνακας 3.3.4-1 Φάσεις καθαρού σιδήρου

Θερμοκρασιακή περιοχή °C	Κατάσταση	Φάση	Σύμβολο
πάνω από το ΣΒ	αέριο	αέριο	g
ΣΤ - ΣΒ	υγρό	υγρό	l
1400-ΣΤ	στερεό	κυβικό χωροκεντρωμένο	δ
910-1400	στερεό	κυβικό εδροκεντρωμένο	γ
κάτω από 910	στερεό	κυβικό χωροκεντρωμένο	α

3.3.5 Ειδική θερμότητα

Η μέση τιμή της ειδικής θερμότητας στο διάστημα από 0°C έως 100 °C είναι 456 J kg⁻¹ K⁻¹.

3.3.6 Θερμική αγωγιμότητα

Η θερμική αγωγιμότητα του χάλυβα στους 20 °C μπορεί να ληφθεί στους υπολογισμούς ίση με 51,9 W/mK.

3.3.7 Συντελεστής γραμμικής διαστολής

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του χάλυβα στο διάστημα από 0°C έως 100°C μπορεί να ληφθεί στους υπολογισμούς ίσος με 10·10⁻⁶ °C⁻¹.

Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Στον Πίνακα Σ3.3.5-1 δίνονται τιμές της ειδικής αντίστασης του χάλυβα σε διάφορες θερμοκρασίες.

Σύμφωνα με το prEN 10080-1/99.

Στην πραγματικότητα η πυκνότητα του χάλυβα μεταβάλλεται ελαφρά ανάλογα με τη χημική σύσταση και την επεξεργασία.

Εάν κάποιος επιθυμεί να μετρήσει την πραγματική πυκνότητα του χάλυβα μπορεί να μετρήσει το βάρος ενός τεμαχίου στο νερό (B_w) και στον αέρα (B_a) και χρησιμοποιώντας την αρχή του Αρχιμήδη (με πλήρη διαβροχή του τεμαχίου στο νερό) να υπολογίσει την πυκνότητα του χάλυβα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\rho = \rho_w (1 - B_w/B_a)^{-1}$$

όπου ρ η πυκνότητα του χάλυβα και ρ_w η πυκνότητα του νερού ίση με $1,0g/cm^3$.

Guy-Hren, 'Elements of Physical Metallurgy', 3rd Ed., Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1974, σελ. 585.

Στον Πίνακα Σ3.3.10-1 δίνονται ο συντελεστής ικανότητας εκκιρκής φωτός σώματος "ε" και η ανακλαστικότητα του υλικού "R" συναρτήσει του μήκους κύματος "λ" για μη οξειδωμένους χάλυβες. Σημειώνεται ότι οι χάλυβες οξείδωσης, από τον τρόπο παραγωγής τους, είναι ελαφρά οξειδωμένοι (ελαφρό στρώμα καλαμινας Fe_3O_4) και έτσι οι οπτικές ιδιότητες διαφέρουν από αυτές του Πίνακα Σ3.3.10-1.

Πίνακας Σ3.3.10-1 Οπτικές ιδιότητες των μη οξειδωμένων χάλυβων

λ (μm)	ε	R (%)
1,0	0,41	-
0,6	0,48	58
0,5	0,49	-

Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., London, 1983, Butterworths.

Υπάρχουν αρκετά χημικά παρασκευάσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Από τα πλέον ήμια απλά και γνωστά είναι το Νίταλ, το οποίο προκύπτει από τη διάλυση 1,5-5ml νιτρικού οξέος 1,4 mol/l σε 100 ml αιθυλικής αλκοόλης.

3.3.8 Ειδική (ηλεκτρική) αντίσταση

Η ειδική αντίσταση του χάλυβα στους 20°C κυμαίνεται από 15,9μΩcm έως 16,3μΩcm.

3.3.9 Πυκνότητα χάλυβα

Η πυκνότητα του χάλυβα μπορεί να ληφθεί στους υκολογισμούς ίση με $7,85g/cm^3$.

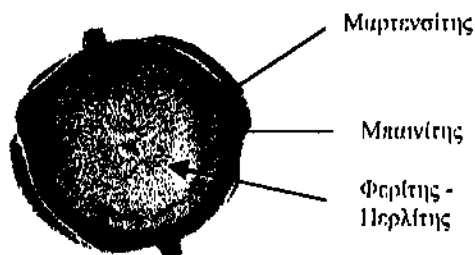
3.3.10 Οπτικές ιδιότητες χάλυβα

Λόγω της μέτριας ανακλαστικής ισχύος σε όλα τα μήκη κύματος, ο μη οξειδωμένος χάλυβας παρουσιάζει ασθενή μεταλλική φαινόμενη απόχρωση.

3.3.11 Μακροσκοπική εξέταση χάλυβα

Ο χάλυβας μπορεί να εξεταστεί μακροσκοπικά με λείανση και χημική προσβολή σε μια κάθετη τομή στο διαμήκη άξονα μιας ράβδου και να προσδιοριστεί εάν έχει υποστεί θερμική κατεργασία (χάλυβας ΘΕ-Θ).

Μετά από λείανση σε μια κάθετη τομή στο διαμήκη άξονα μιας ράβδου, αυτή εμβάπτιζεται στο Νίταλ για περίπου 5-30sec, ανάλογα με το είδος του χάλυβα. Η διάκριση του μαρτενσίτη και των προϊόντων μετασχηματισμού του σε σχέση με την υπόλοιπη μεταλλική μήτρα που έχει πρακτικά μείνει χωρίς βλάβη κατά τη διαδικασία θερμικής κατεργασίας (π.χ. βλαφή κατά Temproce, Thermax κλπ), είναι από τα σημαντικά πράγματα που μπορούν να διαπιστωθούν σε ελάχιστο χρόνο και χωρίς ιδιαίτερα μέσα (βλ. Σχ. Σ3.3.11-1) και μπορούν να εξηγήσουν ιδιαιτερότητες στις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του χάλυβα, καθώς επίσης και τη συμπεριφορά του ως προς τη διάβρωση.



Σχήμα Σ3.3.11-1 Κάθετη στο διαμήκη άξονα τομή ράβδου χάλυβα μετά από εμβάπτιση σε Νίταλ

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 959.

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 971.

Σύμφωνα με το Πρότυπο EN 10020.

Γενικά, οι μη κρυστατωμένοι χάλυβες είναι χάλυβες για τους οποίους δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για συνεπή συμπεριφορά σε θερμική κατεργασία ή για καθαρότητα όσον αφορά τα μη μεταλλικά εγκλείσματα. Ως μη μεταλλικά εγκλείσματα θεωρούνται συνήθως τα οξείδια CaO , MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , MnO , FeO , P_2O_5 , οι ενώσεις FeS , FeMn κλπ που είναι πρακτικά ακαθαρσίες στον χάλυβα.

Σύμφωνα με το prEN 10080-2 έως -6 /1999.

Με τον όρο αποξείδωση εννοείται η μείωση του διαλυμένου/ ενεργού οξυγόνου στο ρευστό χάλυβα.

3.4 Χημικά Χαρακτηριστικά

3.4.1 Γενικά

Για τους χάλυβες S220, S400 και S500 πρακτικώς δεν ισχύει κανένας άμεσος περιορισμός για τη χημική σύσταση.

Για τους συγκολλησίμους χάλυβες S400s και S500s ισχύουν οι περιορισμοί της Παραγρ. 3.5.1 για την χημική σύσταση προκειμένου να εξασφαλισθεί η συγκολλησιμότητά τους.

3.4.2 Ταξινόμηση

Οι χάλυβες απλισμού σκυροδέματος είναι τμήμα της ομάδας των ελαφρά ή μη κρυστατωμένων χάλυβων.

3.4.3 Παραγωγή χάλυβα

Η διαδικασία παραγωγής (μεταλλουργική μέθοδος) και ο τύπος της αποξείδωσης του χάλυβα επαφένται στην κρίση του παραγωγού

Η συγκολλησιμότητα είναι σύνθετη ιδιότητα η οποία αναφέρεται στη δυνατότητα συγκόλλησης με την υπάρχουσα τεχνολογία, και επηρεάζεται από παράγοντες όπως:

- Η μεταλλουργία του μετάλλου βάσης και του μετάλλου προσθήκης
- Η τεχνική της συγκόλλησης
- Ο σχεδιασμός της σύνδεσης
- Οι ενδεχόμενες θερμικές καταρραγίες πριν και μετά τη συγκόλληση
- Άλλοι πιο εξειδικευμένοι παράγοντες (ενδεχομένως).

3.5 Συγκολλησιμότητα

Συγκολλησιμότητα είναι η ικανότητα ενός μετάλλου να συγκολλείται στις συνθήκες του έργου, έτσι ώστε η προκύπτουσα σύνδεση να ικανοποιεί τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

Οι χάλυβες διακρίνονται ως προς τη συγκολλησιμότητά τους σε:

- Συγκολλησιμους ή συγκολλησιμότητας των οποίων εξασφαλίζεται με τη χημική σύσταση (βλ. Παράγρ. 3.5.1)
- Συγκολλησιμους υπό προϋποθέσεις, η συγκολλησιμότητα των οποίων ελέγχεται με ειδικές δοκιμές (βλ. Παράγρ. 3.5.2).

3.5.1 Συγκολλήσιμοι χάλυβες

Οι χάλυβες θεωρούνται συγκολλήσιμοι, όταν η μέγιστη περιεκτικότητα σε άνθρακα C, θείο S, φωσφόρο P, άζωτο N καθώς και η μέγιστη ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C_{eq} δεν υπερβαίνουν τις τιμές που δίνονται στο Πίνακα 3.5.1-1.

Η ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C_{eq} υπολογίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

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

όπου τα σύμβολα των χημικών στοιχείων δείχνουν την επί τους εκατό περιεκτικότητα κατά βάρος (%κ.β.) όπως προσδιορίζεται από την χημική ανάλυση.

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 971.

Όπου:

Mn: Μαγγάνιο V: Βανάδιο
Cr: Χρómιο Ni: Νικέλιο
Mo: Μολυβδαίνιο Cu: Χαλκός

Πίνακας 3.5.1-1 Μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε άνθρακα, θείο, φωσφόρο, άζωτο καθώς και μέγιστη ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα (% κ.β.) κατά ΕΛΟΤ 971

	Ανθρακός C	Θείο S	Φωσφόρος P	Άζωτο ¹⁾ N	Ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C _{eq}
Ανάλυση ρευστού χάλυβα κατά τη χύτευση	0,22	0,050	0,050	0,012	0,50
Ανάλυση τελικού προϊόντος	0,24	0,055	0,055	0,013	0,53

¹⁾ Υψηλότερες τιμές σε άζωτο επιτρέπονται εάν υπάρχουν ειδικές ποσότητες στοιχείων που το δεσμεύουν (βλ. Παράρτημα Π2)

Στο υπό έκδοση Ευρωπαϊκό Πρότυπο μετ:Ν10080/99:

- Προβλέπεται περιορισμός και στην περιεκτικότητα σε χαλκό (Cu) με μέγιστη τιμή 0,80%
- Επιτρέπεται η υπέρβαση των μέγιστων τιμών για τον άνθρακα κατά 0,03% κ.β., με την προϋπόθεση ότι μειώνονται αντίστοιχα οι ισοδύναμες τιμές σε άνθρακα κατά 0,02% κ.β.

Λεπτός υπόχρηστος απόφαση σχετικά με τα στοιχεία που δεσμεύουν το άζωτο καθώς και με τις απαιτούμενες ποσότητες για τη δέσμευση αυτή. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μεταξύ των στοιχείων που δεσμεύουν το άζωτο είναι τα Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, B, Al και W. Στο Παράρτημα Π2 αναφέρονται σχέσεις για την ποσοτικοποίηση της δέσμευσης, για τις οποίες αυτές δεν υπάρχει διεθνής συμφωνία. Στο EN10080/99 αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα σε άζωτο μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τιμή (0,013%) και ότι δεν απαιτείται μέτρησή της αν η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο είναι μεγαλύτερη από 0,02%.

Σε κάθε συγκόλληση, δημιουργείται ένας "θερμικός κύκλος", γύρω από την περιοχή της συγκόλλησης. Το μέταλλο θερμαίνεται με ορισμένο ρυθμό, παραμένει σε κάποια μέγιστη θερμοκρασία για ορισμένο χρόνο και μετά αποψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος με κάποιο άλλο ρυθμό. Στη διάρκεια του θερμικού κύκλου μπορεί να αναπτυχθούν τάσεις και να εκδηλωθούν παραμορφώσεις. Επίσης μπορεί να λάβουν χώρα μεταλλουργικές και χημικές αλλαγές που οδηγούν σε μεταβολή των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων στη ζώνη τήξης και στη θερμικά επηρεασμένη ζώνη.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της συγκόλλησης είναι:

- Η προστατευτική ατμόσφαιρα της συγκόλλησης
- Το μέταλλο γόμωσης (προσθήκης)
- Το συλλίκασμα δηλ. η επένδυση του ηλεκτροδίου
- Η μέθοδος συγκόλλησης (σχεδίαση και εκτέλεση)
- Η θερμοκρασία της συγκόλλησης (προθέρμανση, θερμοκρασία μεταξύ πόσων, μεταθέρμανση)
- Η τεχνική της συγκόλλησης (εξοκλισμός)
- Η ικανότητα του συγκολλητή.

Οι επιτρεπόμενες μέθοδοι συγκόλλησης και οι αντίστοιχοι τύποι σύνδεσης αναφέρονται στον Πίνακα 3.5.1-2

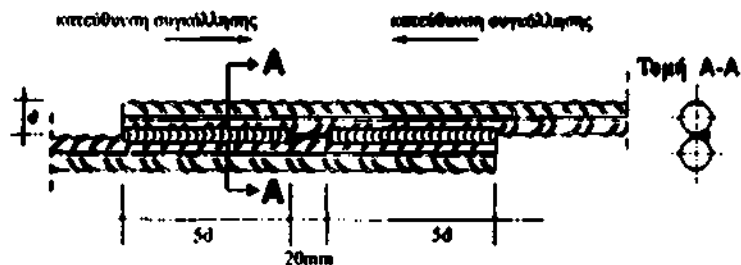
Πίνακας 3.5.1-2 Μέθοδοι συγκόλλησης και τύποι σύνδεσης για τους συγκολλησίμους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος κατά ΕΛΟΤ 971

Τύποι σύνδεσης	Μέθοδοι συγκόλλησης			
	Σημειακή με ηλεκτρική αντίσταση	Ημιαυτάματη σε προστατευτική ατμόσφαιρα CO ₂ /Ar	Ηλεκτροσυγκόλλητη με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια	Αιτιογενής συγκόλληση
Ευασφαδιά	+	+	+	
Με παράθεση		+	+	
Άκρη με άκρη (μετωπικά)		+	+	+

3.5.2 Χάλυβες συγκολλησίμιοι υπό προδοθήσεις

3.5.2.1 Γενικά

Οι χάλυβες που δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παραγρ. 3.5.1, ελέγχονται ως προς τη συγκολλησιμότητά τους με μηχανικές δοκιμές σε σφελυσμό και κάμψη σύμφωνα με την Παραγρ. 3.5.2.2, και επιτρέπεται να συνδέονται μόνον κατά παράθεση. Για κάθε μια δοκιμή κατασκευάζεται σε θερμοκρασία δωματίου ένα συγκολλημένο δοκίμιο ανά καρτίδα. Δεν επιτρέπεται τα δοκίμια αυτά να υποστούν καμιά θερμική κατεργασία, ούτε πριν, ούτε μετά τη συγκόλλησή τους. Η συγκόλληση γίνεται από τη μία πλευρά των ράβδων με δύο ραφές συγκόλλησης η κάθε μία των οποίων είναι μήκους 5d (όπου d είναι η ονομαστική διάμετρος των ράβδων). Οι ραφές της συγκόλλησης ξεκινούν από έξω προς τα μέσα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να απομένει ανάμεσα στις απολήξεις ένα διάκενο 20 mm περίπου (βλ. Σχ.3.5.2.1-1)



Σχίμα 3.5.2.1-1 Τρόπος συγκόλλησης δοκιμίων για τον έλεγχο της συγκολλησιμότητας

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται κατά τη χειρωνακτική συγκόλληση τόξου πρέπει να είναι με βασική επένδυση ή με όξινη επένδυση ρουτίλιου (TiO_2) και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους να είναι ανάλογα με εκείνα του μετάλλου βάσης. Η διάμετρος των ηλεκτροδίων πρέπει να είναι σύμφωνη με τον Πίνακα 3.5.2.1-1.

Πίνακας 3.5.2.1-1 Διάμετροι ηλεκτροδίων

Ονομαστική διάμετρος ράβδου	Διάμετρος ηλεκτροδίων
5-10 mm	2 mm
12-14 mm	2,5 mm
16-20 mm	3,25 mm
>20 mm	4-5 mm

3.5.2.2 Μηχανικές δοκιμές για τον έλεγχο της συγκολλησιμότητας.

Οι μηχανικές δοκιμές για τον έλεγχο της συγκολλησιμότητας των χαλύβων που δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παρ. 3.5.1 είναι η δοκιμή εφελκυσμού και η δοκιμή κάμψης.

α) Δοκιμή εφελκυσμού

Η δοκιμή σε εφελκυσμό συγκολλημένων δοκιμών κατά παράθεση (βλ. Σχ. 3.5.2.1-1) γίνεται αναπόφευκτα κατά έκκεντρο τρόπο. Κατά τη δοκιμή εφελκυσμού συγκολλημένου δοκιμίου ελέγχεται μόνον η εφελκυστική αντοχή του, η οποία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 90% της αντίστοιχης εφελκυστικής αντοχής, που έχει προσδιορισθεί σε ασυγκόλλητο δοκίμιο από το ίδιο δείγμα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το ασυγκόλλητο δοκίμιο να έχει εφελκυστική αντοχή μεγαλύτερη ή ίση με τη χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής της ποιότητάς του.

β) Δοκιμή κάμψης

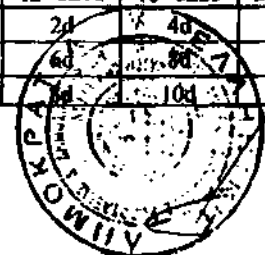
Η δοκιμή σε κάμψη συγκολλημένων δοκιμών θα γίνεται κατά 90 μοίρες και γύρω από τα κυλινδρικά στελέχη, η διάμετρος των οποίων φαίνεται στον Πίνακα 3.5.2.2-1. Η πλευρά που έχει τις ραφές της συγκόλλησης θα πρέπει να βρίσκεται στη ζώνη εφελκυσμού και το ενδιάμεσο διάκενο στο κέντρο της αναδιπλούμενης ζώνης.

Κατά τη δοκιμή κάμψης συγκολλημένων δοκιμών δεν πρέπει να παρατηρηθεί με "γυμνό μάτι" καμία ρωγμή στο μέταλλο βάσης.

Αν εμφανισθεί ρωγμή στην επιφάνεια του μετάλλου συγκόλλησης (ραφή), χωρίς να επεκταθεί στο μέταλλο βάσης, τότε το αποτέλεσμα της δοκιμής γίνεται αποδεκτό.

Πίνακας 3.5.2.2-1 Διάμετρος κυλινδρικού στελέχους για τη δοκιμή κάμψης συγκολλημένων δοκιμών

Κατηγορία χάλυβα	Διάμετρος κυλινδρικού στελέχους για διάμετρο ράβδου d (mm)			
	$d \leq 12$	$12 < d \leq 18$	$18 < d \leq 25$	$25 < d \leq 32$
S220	2d	2d	4d	4d
S400	3d	6d	8d	10d
S500	7d	10d	10d	12d



Για τις εφαρμογές των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος έχει ενδιαφέρον και η περιοχή θερμοκρασιών κάτω του μηδενός. Οι διάφορες κατηγορίες χαλύβων παρουσιάζουν διαφορετικές θερμοκρασίες μετάπτωσης (transition temperature) που σε μερικές περιπτώσεις πλησιάζουν (εκ των κάτω) τους -10°C . Στη θερμοκρασία αυτή οι χάλυβες γίνονται ψυθυροί, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό.

Η μείωση της εν θερμώ αντοχής είναι μικρή μέχρι τη θερμοκρασία των 350°C (της τάξης του 10%), ενώ γίνεται πολύ μεγαλύτερη και μπορεί να φθάσει το 40% για θερμοκρασίες στην περιοχή των 550°C . Η παρατήρηση αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για την εκτίμηση της συμπεριφοράς των κατασκευών κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς.

Θερμάνσεις σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 800°C (μέχρι 1200°C) έχουν ενδιαφέρον για τη διαδικασία παραγωγής των χαλύβων (έλαση, σφυρηλάτηση, μαρτεναυτική βραφή κλπ.) όχι όμως για τις εφαρμογές τους ως οπλισμού σκυροδέματος.

Η προσπάθεια συνεκτίμησης της επίδρασης όλων των παραγόντων που μπορεί να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των χαλύβων οπλισμού έπειτα από έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες είναι εξαιρετικά δύσχερης.

Για τις διάφορες κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, που περιγράφονται στην Παραγρ. 2.1.1 αυτού του Κανονισμού, ενδέχεται να συμβούν τα ακόλουθα:

- **Χάλυβες θερμής έλασης χωρίς περαιτέρω επεξεργασία αποκλειστικά μορφής (ΘΕ-Χ).** Δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές ιδιοτήτων για θερμοκρασίες έκθεσης έως 650°C μετά τη ψύξη τους στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Είναι πιθανή η δημιουργία μαρτεναίτη σε χάλυβες με ποσοστό άνθρακα $> 0,25\%$ (S400, S500) αν η θερμοκρασία υπερβεί τους 730°C περίπου και γίνει απότομη ψύξη, ή σε περίπτωση απότομης ψύξης μετά τη συγκόλληση.

3.6 Συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες

Ως υψηλές θερμοκρασίες για τις εφαρμογές των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, θεωρούνται θερμοκρασίες άνω των 200°C , περίπου.

Η έκθεση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, αν συντρέχουν και ορισμένοι άλλοι παράγοντες (ενδεικτικά αναφέρονται ο χρόνος έκθεσης, το οξειδωτικό περιβάλλον στην επιφάνεια του χάλυβα και ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας) είναι δυνατόν να έχει ως αποτέλεσμα σημαντική διαφοροποίηση (υποβάθμιση) των μηχανικών τους ιδιοτήτων.

Για όλες τις κατηγορίες συνήθων χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, η θέρμανση σε θερμοκρασίες μέχρι 500°C , για χρόνους μέχρι και 2 ώρες, δεν δημιουργεί ποσοστική μεταβολή στις αρχικές μηχανικές ιδιότητες μετά την άμεση ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για μεγαλύτερους όμως χρόνους έκθεσης ή και για μεγαλύτερες θερμοκρασίες θα υπάρξουν σημαντικές μειώσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών.

Η εν θερμώ αντοχή των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, όπως μειώνονται το μέτρο ελαστικότητας και η συνάφεια με το σκυρόδεμα.

Εκθέσεις σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 550°C συνεπάγονται πάντοτε μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων, λόγω αλλαγών οι οποίες συμβαίνουν στη μικροδομή των χαλύβων.

Προκειμένου να προσδιορισθεί η πιθανή μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα οπλισμού σε περίπτωση έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. σε συνθήκες μιας πραγματικής πυρκαγιάς) είναι απαραίτητο να γίνουν δοκιμές σε δείγματα που θα ληφθούν από το υλικό που εκτιμάται ότι έχει επηρεασθεί.

- Χάλυβες θερμής έλασης που ακολουθείται από έλαση εν στείρ διαδικασία θερμικής κατεργασίας (ΘΕ-Θ). Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 500°C και χρόνους έκθεσης άνω των 2h είναι πιθανόν να υπάρξει σημαντική μείωση αντοχής και άλλων χαρακτηριστικών. Η μείωση αυτή είναι αναλογικά πολύ μεγάλη αν οι θερμοκρασίες έκθεσης πλησιάσουν τους 650°C και μπορεί η τελική αντοχή να φθάσει το 50% της αρχικής τιμής. Η αντοχή δεν επανέρχεται στις αρχικές τιμές μετά τη ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η μεταβολή αυτή είναι αποτέλεσμα της μετατροπής των εκτός ισορροπίας φάσεων σε φάσεις ισορροπίας (δηλαδή Fe και Fe₃C). Στην παρουσία των εκτός ισορροπίας φάσεων στο τελικό προϊόν οφείλεται η αυξημένη αντοχή των χάλυβων αυτών.
- Χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με στρέψη του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (ΨΚ-Σ) και ψυχρής διαμόρφωσης με ολκή και έλαση του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (ΨΚ-Ο). Και για τις δύο αυτές κατηγορίες η παράμετρος που θα καθορίσει τη συμπεριφορά των υλικών μετά από έκθεση σε θερμοκρασίες πρακτικά μεγαλύτερες των 550°C είναι ο βαθμός της εν ψυχρώ παραμόρφωσης που δημιουργείται κατά την κατεργασία παραγωγής (ή μετέπειτα διαμόρφωσης) και ο οποίος ορίζεται με τη σχέση:

$$n = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100$$

όπου A_1 η αρχική διατομή και A_2 η τελική διατομή (μετά τη διαμόρφωση).

Για τιμές $n < 2\%$ δεν δημιουργείται ειδικό πρόβλημα μεταβολής αντοχής μετά από θέρμανση σε θερμοκρασία άνω των 550°C (ισχύουν όσα ισχύουν για τα υπόλοιπα υλικά χάλυβων).

Για τιμές $2 < n < 12\%$ το υλικό που θα προκύψει έπεται από θέρμανση σε θερμοκρασίες άνω των 550°C (ακόμη και για χρόνους μερικών δευτερολέπτων) θα έχει πολύ κακές μηχανικές ιδιότητες με κύρια χαρακτηριστικά μειωμένη αντοχή και αυξημένη ψαθυρότητα. Στην ουσία το υλικό θα έχει αγρηστευθεί. Για το λόγο αυτό, συνιστάται να αποφεύγεται η ανεξέλεγκτη διαμόρφωση ράβδων με θέρμανση και οι συγκολλήσεις χάλυβων ψυχρής κατεργασίας, επειδή είναι πιθανόν να προκύπτουν τέτοιες τιμές του n .

Για τιμές $n > 15\%$ και πρακτικά $> 20\%$ το υλικό που θα προκύψει μετά την τυχαία θέρμανση σε θερμοκρασίες άνω των 550°C θα έχει τις ιδιότητες που αντιστοιχούν στο ίδιο υλικό που παράγεται με τη θερμή έλαση (πριν από τη ψυχρή διαμόρφωση). Δηλαδή θα είναι μειωμένη σε σχέση με την αντοχή του προϊόντος ψυχρής έλασης κατά το ποσοστό που η κατεργασία αυτή είχε αυξήσει την αντοχή του.

Όλα τα παραπάνω έχουν εφαρμογή σε όλες τις περιπτώσεις θέρμανσης στις περιοχές θερμοκρασιών που προαναφέρθηκαν (ακόμη και στις τοπικές αυξήσεις θερμοκρασίας που φυσιολογικά δημιουργούνται σε περιπτώσεις συγκολλήσεων) και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ιδιαίτερα στην περίπτωση επισκευών, ενισχύσεων, προσθηκών κλπ.

- Για όλους τους χάλυβες. Οι τιμές του συντελεστή γραμμικής διαστολής (α) σε υψηλές θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες από αυτήν για συνήθεις θερμοκρασίες (έως και κατά 20%) και διάφορες των αντίστοιχων τιμών για το σκυρόδεμα. Έτσι, σε περίπτωση πυρκαγιάς ή και άλλων καταστάσεων (π.χ. συγκολλήσεις) δεν είναι ασυνήθεις οι διωμένες συνέπειες (π.χ. εσωτερική μικρορηγμάτωση) λόγω αυτής της θερμικής ασυμβατότητας των υλικών.

Με αυτήν την Υπουργική Απόφαση καθίσταται υποχρεωτική η εγκατάσταση ειδικών μετρητικών διατάξεων στις βιομηχανίες και στα τελωνεία με τις οποίες θα γίνεται ανίχνευση των ραδιενεργών υλικών. Οι Προδιαγραφές της ΕΕΑΕ που θα καθορίζουν τις διαδικασίες ελέγχου δεν έχουν ακόμη εκδοθεί.

Ως επίπεδο αποδόμησης ορίζεται η τιμή που εκφράζει τη συγκέντρωση ραδιενέργειας ή/και τη συνολική ραδιενέργεια έτσι ώστε υλικά με συγκέντρωση μικρότερη του επιπέδου αυτού να εξαιρούνται των Κανονισμών Ακτινοπροστασίας.

Είναι γενικά παραδεκτό ότι οι ανώτατες επιτρεπτές τιμές ενεργότητας θα πρέπει να είναι της τάξης του 0,1-0,5 Bq/g, ανάλογα με το ραδιενεργό ισότοπο. Η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (I.A.E.A.) προτείνει στο κανονιστικό έγγραφο-οδηγό IAEA-TECDOC-855 του Ιανουαρίου 1996, με τίτλο "Clearance levels for radio nuclides in solid materials", ως ανώτατα επιτρεπτά όρια, για τα κοινότερα ραδιενεργά ισότοπα στα στερεά υλικά, την τιμή 0,1 Bq/g. Όσον αφορά τα επιτρεπτά επίπεδα αποδόμησης στο χάλυβα, σημειώνεται ότι βρίσκονται ακόμη υπό μελέτη και διερεύνηση στις περισσότερες χώρες. Ως μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο αποδόμησης στο χάλυβα (τελικό προϊόν) θα μπορούσε να επιλεγεί η τιμή 0,1 Bq/g.

3.7 Ραδιενέργεια

Πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή της επιβάρυνσης του χάλυβα με ραδιενέργεια.

Οι έλεγχοι αφορούν την πρώτη ύλη που προέρχεται από ανακύκλωση (παλιοσίδηρο) καθώς και το τελικό προϊόν.

Ο έλεγχος για την ύπαρξη ραδιενεργών υλικών στην πρώτη ύλη γίνεται σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση 11592 (ΦΟΡ) 1125/ΦΕΚ1633/18-9-99 και τις Προδιαγραφές της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ).

Ο έλεγχος της ραδιενέργειας στο τελικό προϊόν θα γίνεται με εγκυκλίους που θα εκδώσει η ΕΕΑΕ στις οποίες θα καθορίζονται και τα ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα αποδόμησης.

Σε περίπτωση ανίχνευσης ραδιενεργού υλικού, το υλικό πρέπει να απομονώνεται και να ενημερώνεται αμέσως η ΕΕΑΕ.

4 Διάβρωση

4.1 Γενικά

Η διάβρωση του χάλυβα είναι ένα αυθόρμητο φαινόμενο ηλεκτροχημικής φύσεως, του οποίου η ταχύτητα αυξάνεται είτε εντός είτε εκτός του σκυροδέματος:

- Με την αύξηση της θερμοκρασίας και υγρασίας
- Με τη μείωση του pH
- Με την αύξηση της παρουσίας αλάτων (π.χ. θαλάσσιο περιβάλλον)
- Με την ύπαρξη ενεργών κέντρων στην επιφάνεια του χάλυβα (όπως π.χ. οξείες αιχμές ή πληγές, κάμψεις με μικρή ακτίνα καμπυλότητας κλπ)
- Με την παρουσία επιφανειακής αλλοίωσης λόγω αρχικής διάβρωσης
- Με την επαφή χάλυβων διαφορετικού είδους και διαφορετικού ηλεκτροχημικού δυναμικού
- Με την επαφή χάλυβων διαφορετικής κατάστασης διάβρωσης (π.χ. συγκόλληση έντονα διαβρωμένου χάλυβα με καινούργιο μη διαβρωμένο χάλυβα).

Σε ειδικές περιπτώσεις, για τις οποίες απαιτείται μεγαλύτερη προστασία από τη διάβρωση (βλ. π.χ. τον ΚΤΣ-97, Παρ. 12) είτε επειδή υπάρχει έντονα διαβρωτικό περιβάλλον είτε επειδή απαιτείται μεγαλύτερη από τη συνήθη, διάρκεια ζωής της κατασκευής, μπορεί να λαμβάνονται, κατά περίπτωση, τα εξής πρόσθετα ενδεικτικά μέτρα:

- Αύξηση της περιεκτικότητας του σκυροδέματος σε τσιμέντο ή χρήση ειδικών τσιμέντων
- Αύξηση της επικάλυψης των οπλισμών με σκυρόδεμα
- Χρήση χάλυβων όπως οι επικυβεραινωμένοι (γαλβανισμένοι), οι καλυμμένοι με εποξικό επίστρωμα, οι καλυμμένοι με επίστρωμα ανοξείδωτου χαρακτήρα και οι ανοξείδωτοι.
- Επίστρωση/επίχρωση της επιφάνειας του σκυροδέματος με λεπτό προστατευτικό στρώμα από οργανικές ουσίες (π.χ. ακρυλικές διασπορές, εποξικά χρώματα) ή ανόργανες ουσίες (π.χ. χρώματα υδριάλου)
- Χρήση αναστολέων διάβρωσης
- Καθοδική προστασία.

Τα παραπάνω μέτρα έχουν διαφορετικό κόστος και εξασφαλίζουν διαφορετική διάρκεια προστασίας από τη διάβρωση και το καθένα τους ενδείκνυται κατά περίπτωση. Ενδέχεται όμως να έχουν συνέπειες, που πρέπει να μελετώνται εξαρχής, όπως:

- Δημιουργία γαλβανικών στοιχείων (Γαλβανικό στοιχείο είναι η διάταξη η οποία μπορεί να παράγει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα από τις χημικές δράσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτήν. Η παραγωγή του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να συνεχισθεί μέχρι την πλήρη διάλυση του ηλεκτραρνητικότερου μετάλλου)

Ο χάλυβας πρέπει να προστατεύεται από τη διάβρωση τόσο πριν από την ενσωμάτωσή του στο σκυρόδεμα όσο και μετά από αυτήν.

Ειδικότερα όσον αφορά τη διάβρωση του χάλυβα πριν από την ενσωμάτωσή του στο σκυρόδεμα έχουν εφαρμογή οι Παρ. 6.2 και 6.3.

Όσον αφορά την προστασία του χάλυβα από τη διάβρωση μετά την ενσωμάτωσή του στο σκυρόδεμα, αυτή γενικάς καλύπτεται από την παθητική προστασία που του προσδίδει το αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος (όσο το pH είναι μεγαλύτερο από 9,5) και από τη στεγανότητα του σκυροδέματος.

- Αντίδραση του ψευδαργύρου με το $\text{Ca}(\text{OH})_2$ του σκυροδέματος κατά την οποία παράγεται υδρογόνο υπό μορφή φυσαλίδων στην περιοχή του οπλισμού μεκόνοντας τη συνάφεια (ιδίως των λείων χαλύβων). Για την αποφυγή αυτού του προβλήματος συνιστάται η χρήση πρωμακίων αλάτων (είτε στο σκυρόδεμα είτε στο γαλβανομένο χάλυβα) είτε η αντικατάσταση του καθαρού ψευδαργύρου από κράμα ψευδαργύρου με σίδηρο ή αλουμίνιο.
- Ενδεχόμενη τοπική αποκόλληση κάθε είδους επίστρωσης.

Π.χ. για περισσότερους από έξι (6) μήνες.

Η ύπαρξη οξειδίων σιδήρου στην επιφάνεια του οπλισμού επηρεάζει τόσο την ταχύτητα περαιτέρω διάβρωσης όσο και τη συνάφεια μεταξύ του οπλισμού και του σκυροδέματος. Ειδικότερα η ύπαρξη οξειδίων στην επιφάνεια σε μικρές ποσότητες αυξάνει τη συνάφεια μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος αλλά από μια ποσότητα οξειδίων σιδήρου και επάνω τη μειώνει. Για τον λόγο αυτό η παρουσία ελαφρού στρώματος επιφανειακής σκουριάς δεν θεωρείται βλαπτική.

Θεωρείται βλαπτική εκείνη η ποσότητα οξειδίων σιδήρου η οποία δεν μπορεί να απομοιωθεί από το νερό σκυροδέμα μέσω της μετατροπής τους σε φερριτική φάση (C_4AF). Το ποσό αυτό εξαρτάται από τη σύσταση του τσιμέντου και ιδίως από το ποσοστό του C_2A του τσιμέντου αλλά και από το πλάτος του σκυροδέματος.

Μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να γίνει με υπολογισμό της ποσότητας των οξειδίων σιδήρου την οποία μπορεί να απομοιώσει το τσιμέντο Πόρτλαντ. Θεωρητικοί υπολογισμοί οδηγούν στην ποσότητα οξειδίων σιδήρου 350g/m^2 (ή πάχος $150\mu\text{m}$, περίπου), που μπορούν να αντιδρούν κατά την παραπάνω διαδικασία.

Εάν η επιφάνεια του χάλυβα παρουσιάζει αλλοιώσεις λόγω διάβρωσης, η διαπίστωση της υπέρβισης ή μη του ανωτέρου ορίου πραγματοποιείται με την ακόλουθη δοκιμή:

Από δείγμα χάλυβα μήκους τουλάχιστον $0,40\text{m}$ λαμβάνεται δοκίμιο μήκους τουλάχιστον $0,20\text{m}$ το οποίο ζυγίζεται με ακρίβεια τουλάχιστον $0,01\text{g}$. Στη συνέχεια εμφαίνεται σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος $12\% \text{ W/V}$ (υδατικό διάλυμα 12g HCl σε 100ml διαλύματος) και εξαμεθυλενοτετραμίνη $0,35\% \text{ W/V}$. Το δοκίμιο του χάλυβα ζυγίζεται κάθε 30min μέχρι σταθερό βήρος. Υπολογίζεται η διαφορά βήρους:

$\Delta\beta =$ αρχικό βήρος-τελικό βήρος

Υπολογίζεται το εμβαδόν της επιφάνειας του δοκίμιου και εκφράζεται το αποτέλεσμα σε g/m^2 . Η υπολογιζόμενη τιμή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 350g/m^2 .

Οι κάθε είδους ανιμονές θα προτατεύονται από την ατμοσφαιρική (ή άλλη) διάβρωση αν πρόκειται να παραμείνουν εκτεθειμένες για διάστημα κανό να προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις.

4.2 Έλεγχος διάβρωσης

Κατά την τοποθέτηση στην τελική θέση, ο χάλυβας πρέπει να είναι απαλλαγμένος από εμφανείς απολεπίσεις, αλλοιώσεις ή σθέλιτες παραμορφώσεις και κληγές, οι οποίες εκτός των άλλων επηρεάζουν το φαινόμενο της διάβρωσης.

Εάν μετά τον καθαρισμό παρατηρηθεί η ύπαρξη έντονων βελονισμών (pitting) θα πρέπει να συνεκτιμηθεί ο κίνδυνος της διάβρωσης με μηχανική καταπόνηση η οποία οδηγεί σε ψαθυρή θραύση. Ο έλεγχος των βελονισμών εκτελείται με ειδική δοκιμή σύμφωνα με το DIN 50905-Part 3/78.

Οι δοκιμές για τον έλεγχο της διάβρωσης θα εκτελούνται αποκλειστικά από οργανωμένο εργαστήριο.

Από την Υπ. Απόφαση 15283/Φ7/422, ΦΕΚ 746/Β/30-8-95 και τις διευκρινιστικές Εγκυκλίους 23934/Φ7/670/29-12-95 και 23237/Φ7α9/463/1-12-99 του ΥΒΕΤ.

Χώρες της ΕΖΕΣ είναι η Νορβηγία, η Ισλανδία και το Λιχτενστάιν.

Για τον έλεγχο συγκεκριμένης ποσότητας, ο χρήστης έχει επίσης τη δυνατότητα να διενεργήσει διεγματοληπτικούς ελέγχους σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.

Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δηλώνει ότι παρέχονται εμπερική εξέγγοα για τη συμμόρφωση ενός επαρκώς τυποποιημένου προϊόντος, μιας διαδικασίας ή υπηρεσίας ως προς συγκεκριμένα Πρότυπα ή άλλα κανονιστικά έγγραφα. Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δεν αποτελεί "Πιστοποιητικό Ελέγχου" για συγκεκριμένη παρτίδα (βλ. και Σχόλιο Παραγρ. 5.4).

5 Διαδικασίες ελέγχου και κριτήρια συμμόρφωσης

5.1 Εισαγωγή

Οι χάλυβες που διακινούνται στον Ελληνικό χώρο διακρίνονται, ανάλογα με τη χώρα παραγωγής τους:

- Στους εγχωρίως παραγόμενους
- Στους παραγόμενους από λοιπές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και χώρες της ΕΖΕΣ
- Στους παραγόμενους από τρίτες χώρες.

Για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις εφαρμόζονται από τις αρμόδιες Αρχές διαφορετικές διαδικασίες ελέγχου και κριτήρια συμμόρφωσης (Παραγρ. 5.2, 5.3 και 5.4). Παράλληλα προβλέπονται και δειγματοληπτικοί έλεγχοι σε όλα τα στάδια διακίνησης των χάλυβων, ανεξάρτητα από τη χώρα παραγωγής τους (Παραγρ. 5.5).

Ελέγχονται οι εξής ιδιότητες:

- Όριο διαρροής, εφελκυστική αντοχή και παραμόρφωση θραύσης
- Κάμψη-ανάκαμψη, αναδίπλωση
- Διαστάσεις
- Χημική σύσταση των συγκολλησιμων χάλυβων.

(Η διενεργούμενες δοκιμές είναι:

- Δοκιμή εφελκυσμού (κατά ΕΛΟΤ 1045)
- Δοκιμή αναδίπλωσης (κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971)
- Δοκιμή κάμψης-ανάκαμψης (κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971)
- Έλεγχος χημικής σύστασης (κατά ΕΛΟΤ 971).

Κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί, με βάση τον αριθμό χύτευσης, να ζητήσει σχετική βεβαίωση από το εργοστάσιο, στην οποία να αναφέρονται οι τιμές των παραπάνω ιδιοτήτων για την υπόψη χύτευση.

5.2 Έλεγχοι και κριτήρια συμμόρφωσης για τους εγχωρίως παραγόμενους χάλυβες

Οι εγχώριες χαλυβουργίες πρέπει να διαθέτουν για τους χάλυβες που παράγουν Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας), το οποίο εκδίδεται από τον ΕΛΟΤ σύμφωνα με τις διατάξεις της Υπ. Απόφασης Αρ. 8316/1114 (ΦΕΚ 306/Β/27-4-89) και με τα κριτήρια συμμόρφωσης που προβλέπονται στον Ειδικό Κανονισμό Πιστοποίησης (ΕΚΠ 3-87) του ΕΛΟΤ.

Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δηλώνει ότι παρέχονται επαρκή εγγύγια για τη συμμόρφωση ενός επαρκώς τυποποιημένου προϊόντος, μιας διαδικασίας ή υπηρεσίας ως προς συγκεκριμένα Πρότυπα ή άλλα κανονιστικά έγγραφα. Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δεν αποτελεί "Πιστοποιητικό Ελέγχου" για συγκεκριμένη παρτίδα (βλ. και Σχόλιο Παραγρ. 5.4).

Το Πιστοποιητικό Ελέγχου αναφέρεται στη συγκεκριμένη ποσότητα που συνοδεύει και μόνο σε αυτήν.

Τα δείγματα ελέγχονται όπως παραλαμβάνονται χωρίς προηγούμενο καθαρισμό ή άλλη επεξεργασία.

Για το σύνολο των ελέγχων θεωρείται επαρκές ένα συνολικό μήκος δείγματος 1,5m.

Δεν απαιτείται ο έλεγχος σε ράβδους από διαφορετική χύτευση, αλλά τότε η πιθανότητα να γίνει αποδεκτή ποσότητα κατώτερης ποιότητας είναι μεγαλύτερη.

Ο αριθμός των δειγμάτων έχει ληφθεί από το prEN 10080-1/99.

Στην περίπτωση που ο χρήστης απαιτήσει χάλυβες σύμφωνα με τον Πίνακα Σ3.2-1 τότε ο δειγματοληπτικός έλεγχος θα γίνεται ως εξής:

Από τρεις διαφορετικές ράβδους μιας παρτίδας λαμβάνονται τρία δοκίμια μήκους περίπου 0,70m που υποβάλλονται σε δοκιμή σφελικισμού. Αν και τα τρία αποτελέσματα των δοκιμών ικανοποιούν τις χαρακτηριστικές τιμές του Πίνακα Σ5.5.1-1 τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Πίνακα Σ3.2-1. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται δέκα επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους της παρτίδας.

5.3 Έλεγχοι και κριτήρια συμμόρφωσης για τους παραγόμενους χάλυβες στις λοιπές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις χώρες της ΕΖΕΣ

Οι διακινούμενοι χάλυβες από τις χώρες της Ε.Ε., περιλαμβανομένων και των χωρών της ΕΖΕΣ, πρέπει να καλύπτονται υποχρεωτικά από Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας), εκδιδόμενο με βάση σύστημα πιστοποίησης αναγνωρισμένο από δημόσια αρχή της χώρας παραγωγής, από το οποίο να προκύπτει ότι οι χάλυβες αυτοί είναι σύμφωνα με τις κατηγορίες που αναφέρονται σε αυτόν τον Κανονισμό.

5.4 Έλεγχοι και κριτήρια συμμόρφωσης για τους παραγόμενους από τρίτες χώρες χάλυβες

Οι παραγόμενοι από τρίτες χώρες χάλυβες πρέπει να συνοδεύονται από Πιστοποιητικό Ελέγχου το οποίο εκδίδεται από τον ΕΛΟΤ με βάση την Υπουργική Απόφαση 15283/Φ7/422, ΦΕΚ 746/Β/30-8-95 και τις δευτερογενείς Εγκυκλίους 23934/Φ7/670/29-12-95 και 23237/Φ7α9/463/1-12-99 του ΥΒΕΤ.

5.5 Δειγματοληπτικοί έλεγχοι παρτίδας

Ο χρήστης ή η αρμόδια Δημόσια Αρχή δικαιούνται να προβαίνουν σε δειγματοληπτικούς ελέγχους ως εξής:

- Για το όριο διαρροής, την σφελικυστική αντοχή, το λόγο της σφελικυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής f_t/f_y , και την παραμόρφωση θραύσης σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.1
- Για την κίμψη-ανάκμψη και την αναδίπλωση σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.2
- Για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.3
- Για τη χημική σύσταση σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.4 (για τους συγκολλησίμους χάλυβες)
- Για τη διάβρωση σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.5.

5.5.1 Έλεγχος ορίου διαρροής, σφελικυστικής αντοχής και παραμόρφωσης θραύσης μιας παρτίδας

Από τρεις διαφορετικές ράβδους μιας παρτίδας λαμβάνονται τρία δοκίμια μήκους περίπου 0,70m που υποβάλλονται σε δοκιμή σφελικισμού. Αν και τα τρία αποτελέσματα των δοκιμών ικανοποιούν τις χαρακτηριστικές τιμές του Πίνακα 3.2-1 τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται δέκα επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους της παρτίδας. Η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού αν η μέση τιμή των δέκα δοκιμών είναι μεγαλύτερη από τη χαρακτηριστική τιμή του Πίνακα 3.2-1 και αν ταυτόχρονα κάθε μια μεμονωμένη τιμή είναι μεγαλύτερη από το 0,95 της χαρακτηριστικής τιμής του Πίνακα 3.2-1. Στην αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.