



„STUDII REFERITOARE LA FRAGILIZAREA PRIN OBOSEALĂ ȘI PRIN HIDROGENARE A OȚELURILOR ZINCATE TERMIC”

Autori: ing. Viorel ILIE
ing. Virgiliu VIȚAN

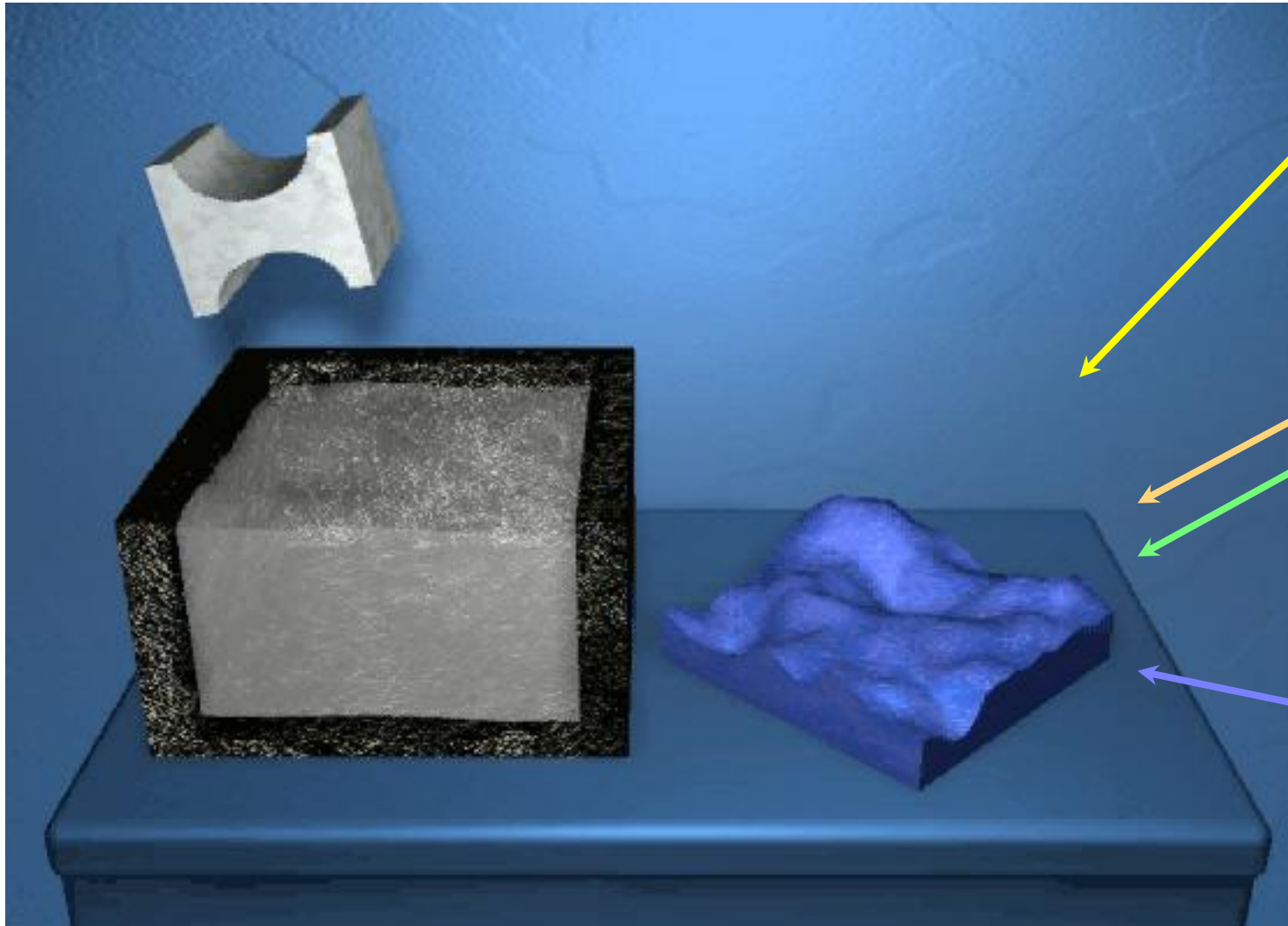
Zincarea Termică este cunoscută ca una dintre cele mai eficiente metode de protecția anticorozivă a structurilor din oțel. Iar acest lucru, este așa, pentru că zincarea termică și-a demonstrat sustenabilitatea în timp.

Cererile în creștere au adus noi propuneri de aplicații pentru care protecția anticorozivă să se realizeze prin zincare termică. Desigur noile aplicații au presupus și noi studii și teste de comportament pe termen lung al oțelului zincat termic

Scopul prezentării este să pună în evidență procesul metalurgic care are loc pe parcursul zincării termice, sfera largă de aplicații și, bazat pe actualele standarde, comportamentul din punct de vedere al fragilizării prin oboseală și hidrogenare.



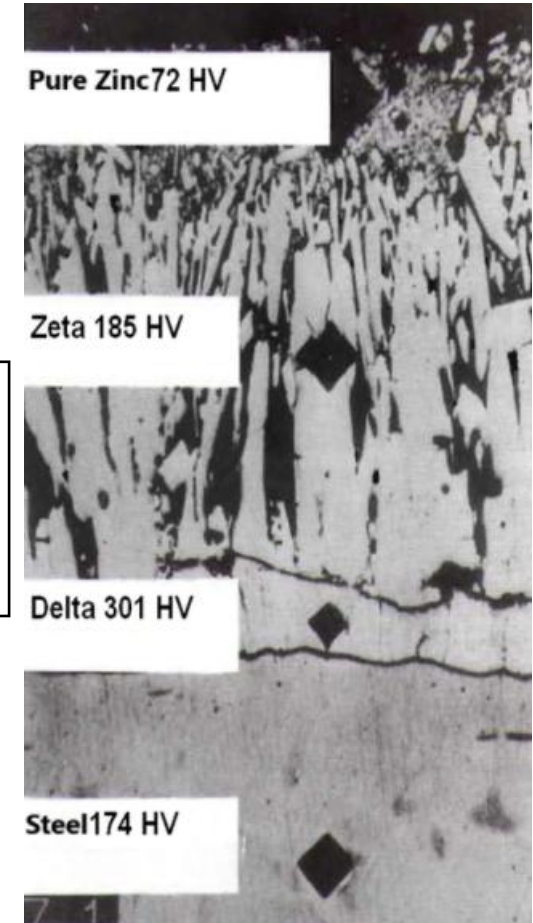
Lydlinch Bridge – Built 1942 and in great condition today



Strat superior
Zinc

Straturi de aliaj
Zn - Fe:
6% Fe
10% Fe

Material de
bază
Oțel



Estimates ISO Corrosivity Categories for metals and alloys.

USER GUIDE

Site

Coordinates: 46.9489, 26.896

Start year / month: 2017 / 1

Range: 5 years

Site is within 6 miles of saltwater: ☐ no ☐ yes

If yes, provide distance to saltwater: miles

Data Completeness: 90 %

Log

536 kB of data downloaded downloading 2021 Weather Data...

data parsed parsing data...

543 kB of data downloaded downloading 2020 Weather Data...

data parsed parsing data...

542 kB of data downloaded downloading 2019 Weather Data...

data parsed parsing data...

533 kB of data downloaded downloading 2018 Weather Data...

data parsed parsing data...

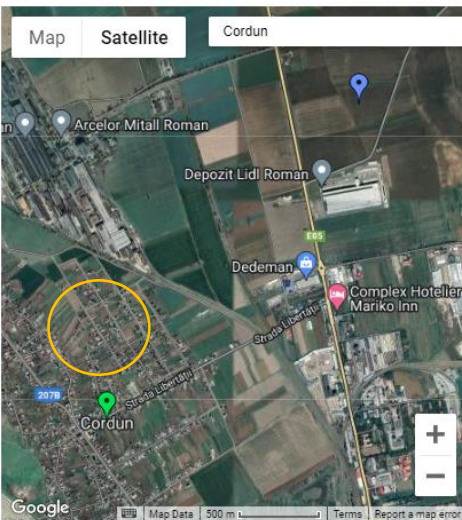
541 kB of data downloaded downloading 2017 Weather Data...

data parsed parsing data...

537 kB of data downloaded downloading 2023 Weather Data...

Map

Map Satellite Cordun



Weather Station

Station: ROMAN

Quality: 96%

distance: 2.6 km

Result

Initial Model No 1

Final Model No 1

Estimated Steel Mass Loss: 20004 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{a}$

Estimated ISO Corrosivity Category: C3



Mediu de corozivitate C3 *

Grosime medie
strat de zinc depus 127 $\mu\text{m}/\text{an}$ **

Pierderi de grosime de
strat de zinc 0,7 – 2 $\mu\text{m}/\text{an}$ ***

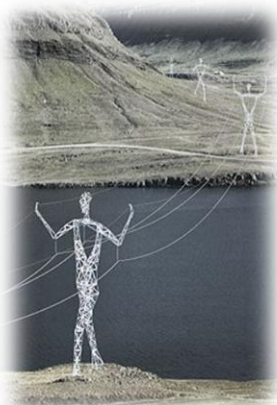
PROTECȚIE ANTICOROZIVĂ DE PESTE
60 DE ANI, FĂRĂ COSTURI
DE ÎNTREȚINERE SAU GENERATE DE
OPRIRI OPERAȚIONALE

* Conform cu interogarea realizată și prezentată în imaginea din partea stângă.

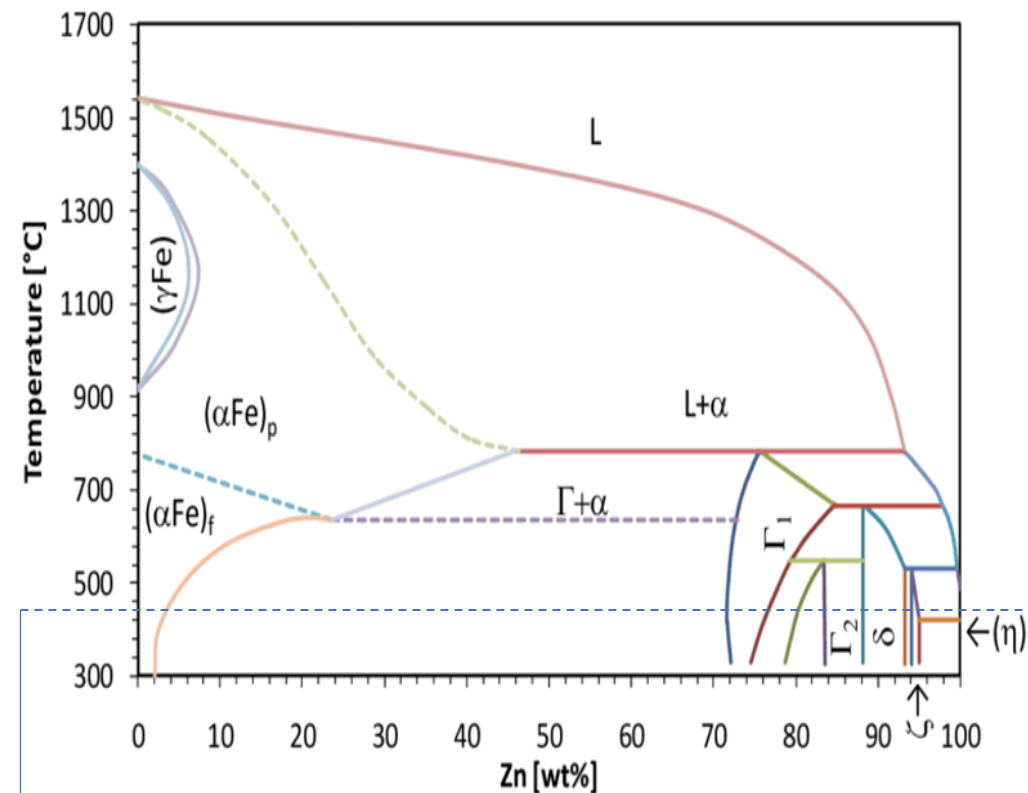
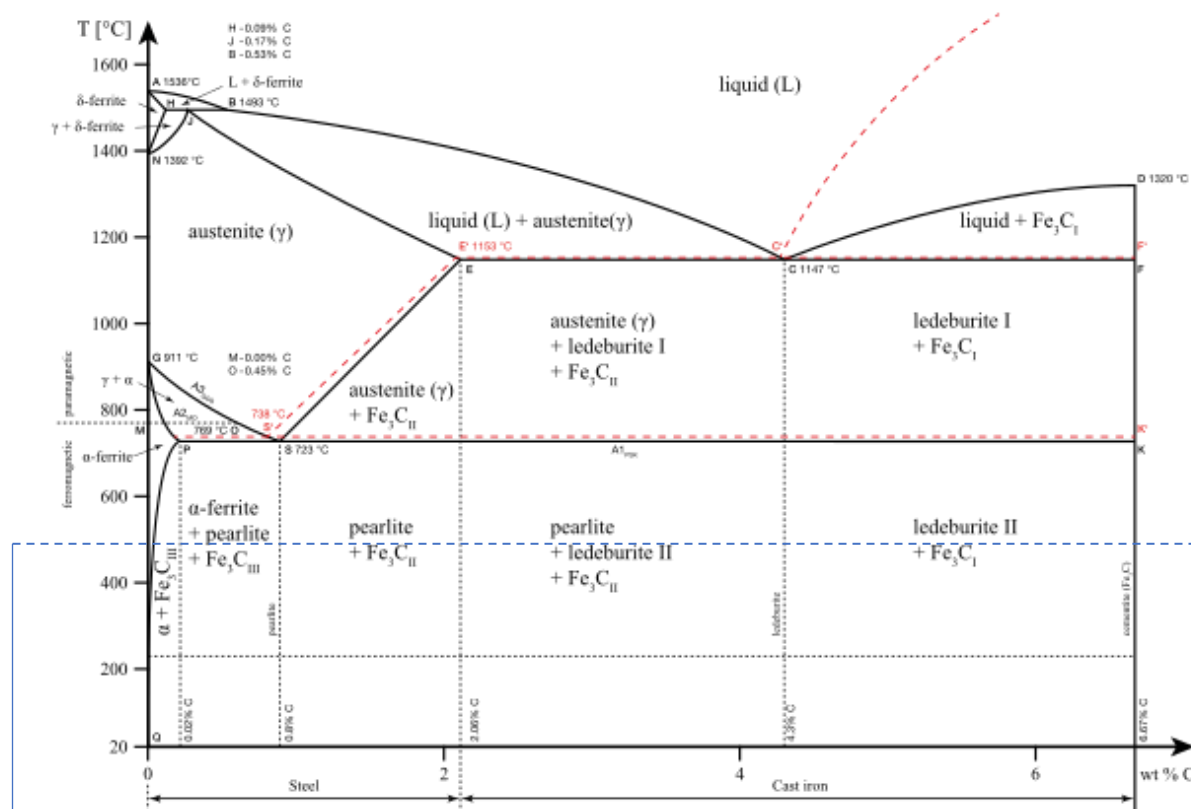
** Grosime medie primită de la membrul ANAZ care a realizat zincarea termică (prin imersie în baie de zinc tiopit) a acestor elemente.

*** Valorile de pierderi de grosime de strat de zinc prevăzute de standardul de zincare termică SR EN ISO 1461:2024 pentru mediul de corozivitate C3.

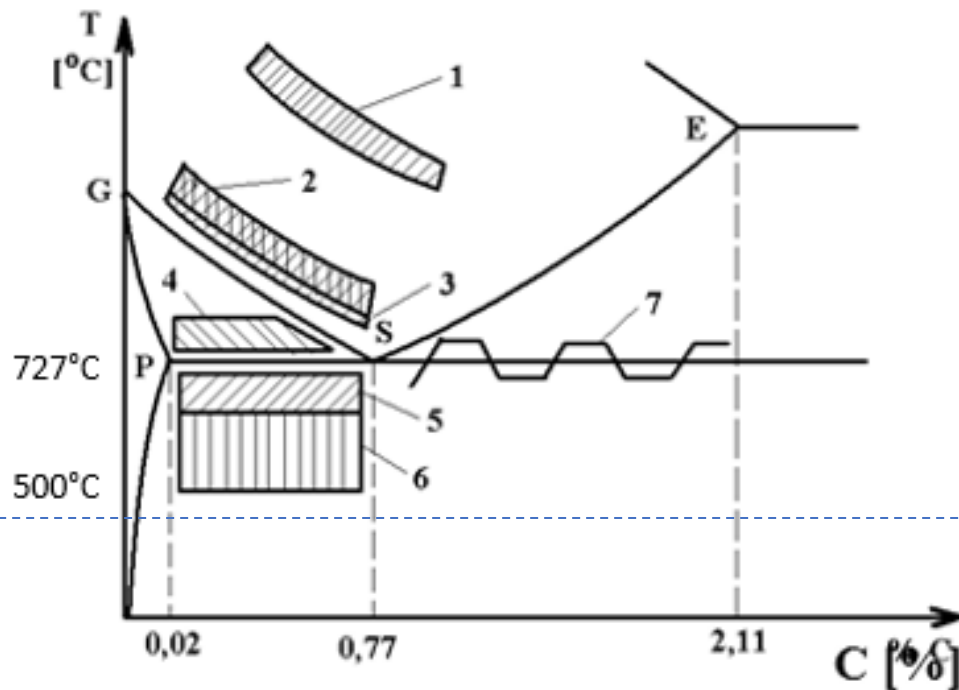
SR EN ISO 1461:2022 – Acoperiri termice de zinc pe piese fabricate din fonta și oțel. Specificații și metode de încercare



SR EN ISO 10684:2009 – Elemente de asamblare. Acoperiri prin galvanizare la cald



450 °C
Temperatura de proces a zincării termice



Nr.crt.	Tipul recoacerii
1	Recoacere de omogenizare (difuzie)
2	Recoacere de normalizare
3	Recoacere completă
4	Recoacere incompletă
5	Recoacere de recristalizare
6	Recoacere de detensionare
7	Recoacere ușoară (globulizare)

450 °C
Temperatura de proces a zincării termice

Despre oțel și zincare termică

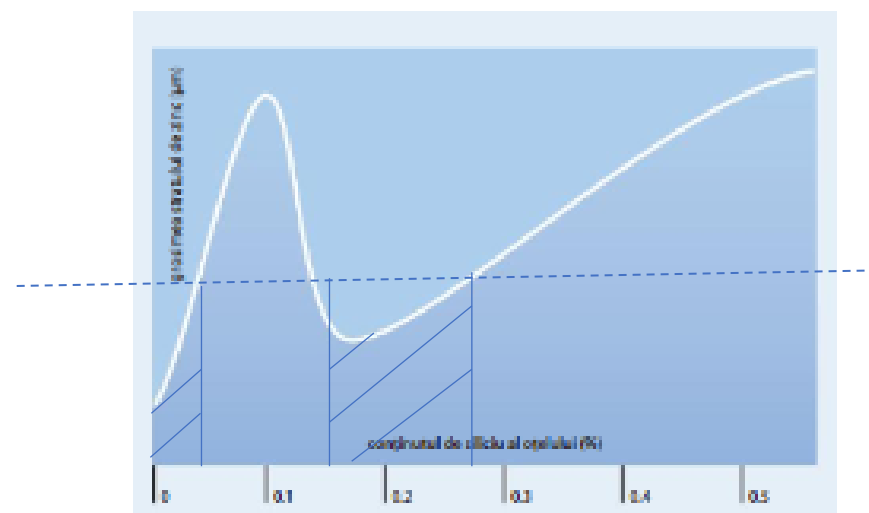
Așa cum este definit în SR EN 1993-1-10:2008, în concordanță cu anexa referitoare la rezistența la rupere, aliniatul 2, Nota numărul 4, oțelurile care pot fi considerate de către comitetele naționale pot fi cele până la și inclusiv S460. A short review of the chemical composition of these steels can be found in the table (see the table top right).

Pentru toate categoriile de oțel (S235, S275, S355, S420 and S460) concentrația de carbon se găsește în aceeași plajă de valori. Toate sunt compatibile cu zincarea termică.

Referitor la conținutul de siliciu, pentru o depunere corespunzătoare a zincului, standardul dedicat zincării termice SR EN ISO 1461:2022 specifică o concentrație de siliciu de sub 0,03% sau între 0,14 și 0,25% (așa cum este prezentat în diagrama alăturată). O consultare cu furnizorul de oțel referitoare la conținutul de siliciu conduce la rezultatele corecte.

Referitor la conținutul de fosfor, specificațiile standardului SR EN ISO 1461:2022 prevăd o concentrație de maxim 0,035%.

Compoziție	Concentrație procentuală % din masă				
	S235	S275	S355	S420	S460
Carbon (C) max	0.22	0.25	0.23	0.12	0.2
Siliciu (Si) max	0.05	0.05	0.05	0.5	0.6
Fosfor (P) max	0.05	0.04	0.05	0.025	0.03



Proprietățile la oboseală a oțelului AISI 1020 zincat termic, supus la probe de tensiune-compresiune și tensiune-tensiune [Fatigue Properties of Hot-Dip Galvanized AISI 1020 Normalized Steel in Tension–Compression and Tension–Tension Loading - PMC](#)

[Shatumbu Thomas Alweendo](#), [Motoaki Morita](#), [Kayo Hasegawa](#), [Shinichi Motoda](#)

Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo 135-8533, Japan

Faculty of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo 135-8533, Japan;

Abílio MP De Jesus: Academic Editor
PMCID: PMC8658891 PMID: [34885634](#)

3.2. Mechanical Properties

The results of tensile tests revealed that the **non-galvanized steel** had an upper yield strength (σ_{UYS}) of 340 MPa, a lower yield strength (σ_{LYS}) of 297 MPa, an ultimate tensile strength (σ_{TS}) of 432 MPa, and an elongation of 32%. The **galvanized steel** had a yield strength (σ_{YS}) of 280 MPa with no lower yield point, an ultimate tensile strength (σ_{TS}) of 404 MPa, and an elongation of 36%.

3.2. Proprietăți Mecanice

Rezultatele testelor de tensiune mecanică aplicată au evidențiat că oțelul înainte de zincare are randamentul superior de rezistență (σ_{UYS}) de 340 MPa, randamentul inferior de rezistență (σ_{LYS}) of 297 MPa, tensiune de rupere (σ_{TS}) of 432 Mpa și o elongare de 32%. Oțelul zincat are randamentul de rezistență de (σ_{YS}) of 280 MPa, fără ul alt randament inferior, o tensiune de rupere de (σ_{TS}) of 404 Mpa și o elongare de 36%.

ANALYTICAL ANALYSIS OF THE FATIGUE BEHAVIOUR OF HOT DIP GALVANIZED STEEL

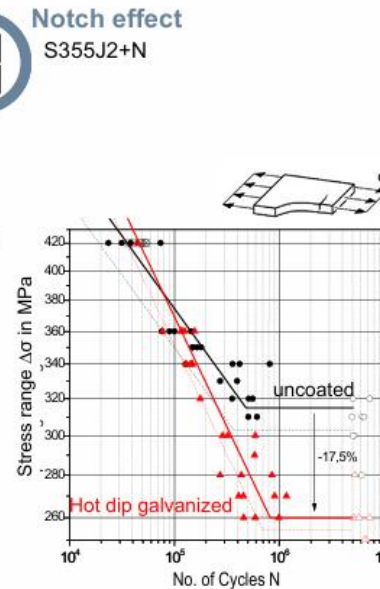
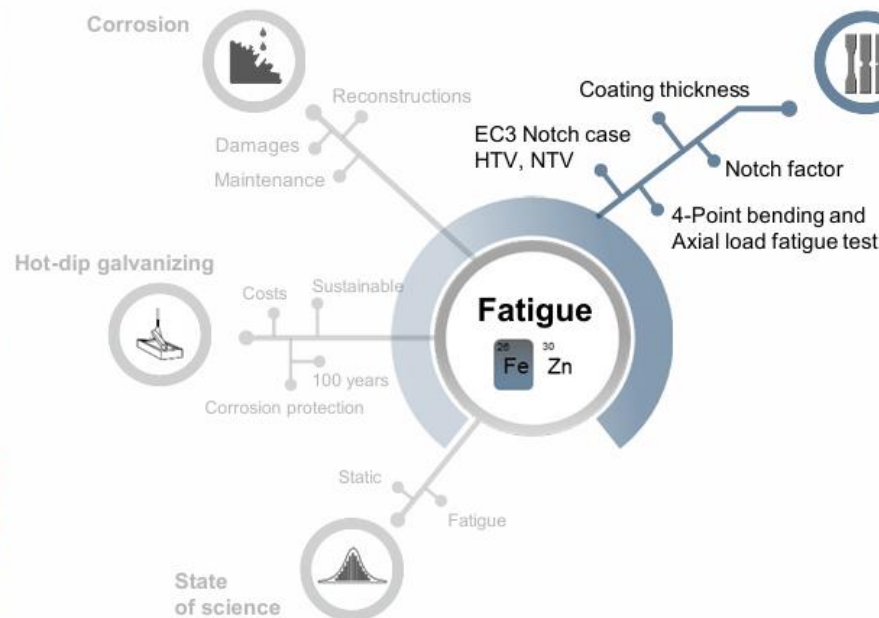
12.06.2024 | Intergalva 2024 | Anna-Katharina Kraemer



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ANALIZA ANALITICĂ A COMPORTAMENTULUI LA OBOSEALĂ A OȚELULUI ZINCAT TERMIC

1 | INTRODUCTION | STATE OF THE ART



Concluziile studiului sunt:
Componentele din oțel zincat termic trebuie clasificate într-o clasă inferioară de crestare /fisurare.

Aceeași cerință apare și în EN 1993-1-9, CEN/TC 250/SC 3 "Eurocode 3 - Design of steel structures"

1. Hot-dip galvanized components must be classified into a lower notch case - depending on the notch effect.

1 Scop

1.1 Scopul EN 1993-1-9

(6) EN 1993-1-9 se aplică în cazul structurilor cu zincare termică conform cu prevederile notate în tabelele pentru categorii sau în anexe.

10 Detalii constructive clasificate pentru metodele nominale de efort

(5) Pentru detaliile constructive în structuri și componente cu zincare termică, se aplică prevederile particulare din tabelele 10.1, 10.2, 10.4, 10.9 și 10.11.

Exemplu:

Pentru ① la ⑧ cu zincare termică, se utilizează categoria de detaliu de la următorul nivel inferior, Fig. 8.1, dar nu mai mare decât Categoria de Detaliu 140.

Table 10.1 — Plain members

Detail category	Constructional detail	Description	Supplementary Requirements	
180 $m_1 = 5$	①	Rolled or extruded products subject to normal stress:	①, ③: Defects, sharp edges and rolling flaws should be removed by grinding until a smooth transition is achieved with mean surface roughness depth in the order of mill scale ($R_z \leq 200 \mu m$). Repair by welding is not allowed, requiring following technical delivery conditions: ①: Class A3 acc. to EN 10163-2. ③: Option 1.5 acc. to EN 10210	
160 $m_1 = 5$	②	① plates and flats with as rolled edges; ② rolled sections with as rolled edges; ③ seamless structural hollow sections, either rectangular or circular	①, ②, ③: Defects, sharp edges and rolling flaws should be removed by grinding until a smooth transition is achieved. Repair by welding not allowed, requiring following technical delivery conditions: ①: Class A3 acc. to EN 10163-2. ②: Class C3 acc. to EN 10163-3. ③: Option 1.5 acc. to EN 10210	
125 $m_1 = 5$	③		①, ②, ③: Defects, sharp edges and rolling flaws should be removed by grinding until a smooth transition is achieved. Repair by welding should be followed by grinding until a smooth transition is achieved.	
160 $m_1 = 5$	④	Sheared or thermally cut material subject to normal stress:	Stress concentrations due to macro-geometric effects should be accounted for. $\Delta\sigma$ should be calculated using net section including appropriate stress concentration factors.	④ Mean surface roughness depth after grinding in the order of mill scale ($R_z \leq 200 \mu m$). Repair by welding not allowed.
125 $m_1 = 5$	⑤	④ with subsequent grinding; ⑤ with subsequent deburring		⑤ Thermal cut quality acc. to EN 9013 with mean surface profile range 2. Repair by welding followed by grinding until a smooth transition is achieved.
100 $m_1 = 5$	⑥ ⑦ ⑧	Rolled or extruded products subject to shear stress: ⑥ to ⑧ same description as for ① to ③	For shear loads in webs of any section class, Formula (8.25) of EN 1993-1-1:2022 should be used to calculate $\Delta\tau$.	⑥, ⑦ and ⑧: Requirements as for ① to ③ in detail category 125.

For ① to ⑧ made of weathering steel the next lower detail category of Figure 8.1 should be used, but not higher than Detail Category 140.
For ① to ⑧ with hot dip galvanizing the next lower detail category of Figure 8.1 should be used, but not higher than Detail Category 140.

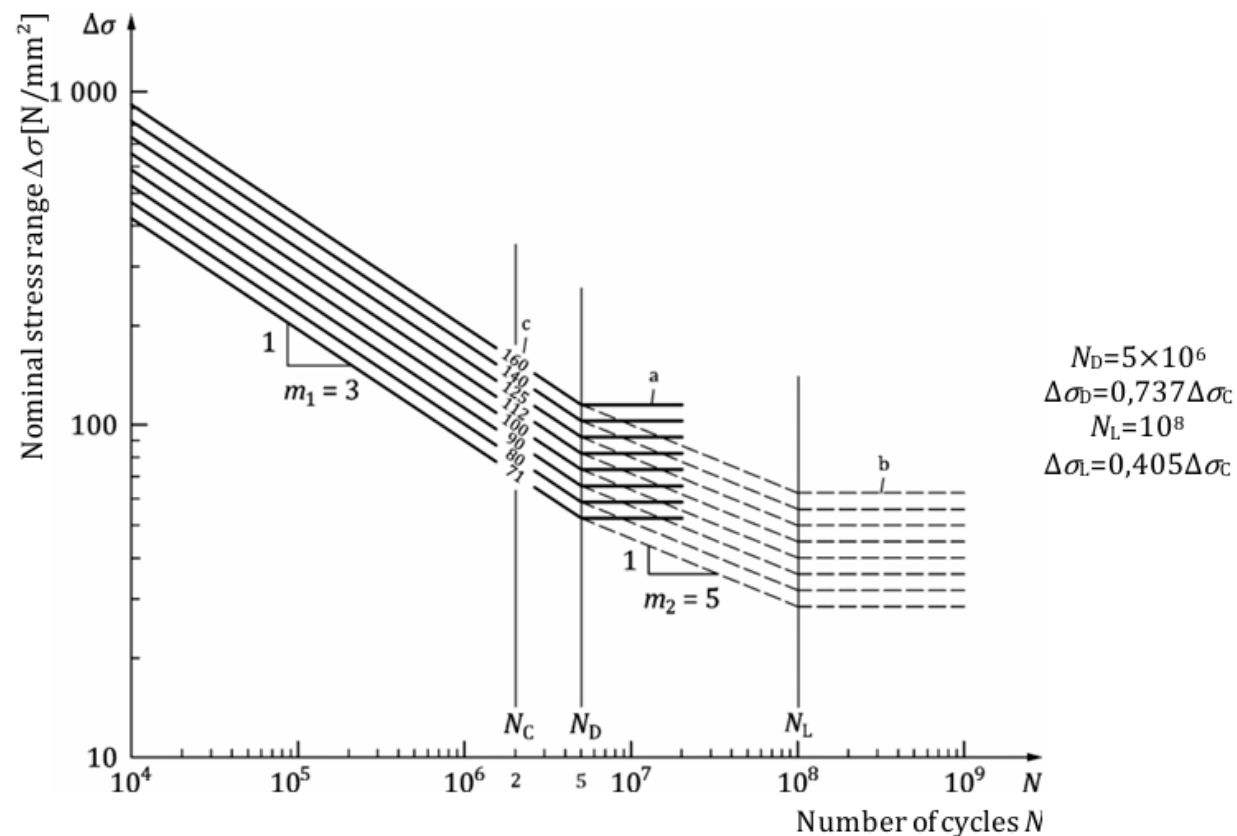
Key

- a fatigue resistance curve for constant amplitude loading
- b extended fatigue resistance curve for variable amplitude loading
- c detail category

Figure 8.1 — Characteristic fatigue resistance curves of non-welded constructional details subject to nominal normal stress ranges

Exemplu:

Pentru ① la ⑧ cu zincare termică, se utilizează categoria de detaliu de la următorul nivel inferior, Fig. 8.1, dar nu mai mare decât Categoria de Detaliu 140.



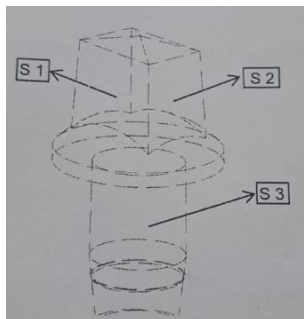
a) Detail category 71 and above

Fragilizarea prin hidrogen poate apărea ca efect al posibilității absorbției de către oțel a atomilor de hidrogen. Susceptibilitatea la fragilizare este influențată de tipul de oțel, de tratamentul termic și de eventuala prelucrare la rece. În cazul oțelului zincat termic, **reacția de decapare în acid** înaintea zincării, reprezintă o potențială sursă de prezență a atomilor de hidrogen.

În practică, fragilizarea prin hidrogenare a oțelului galvanizat este de obicei aplicabilă pentru oțeluri care depășesc **1100 MPa rezistența maximă la tracțiune** sau dacă a fost prelucrat sever la rece înainte de decapare.

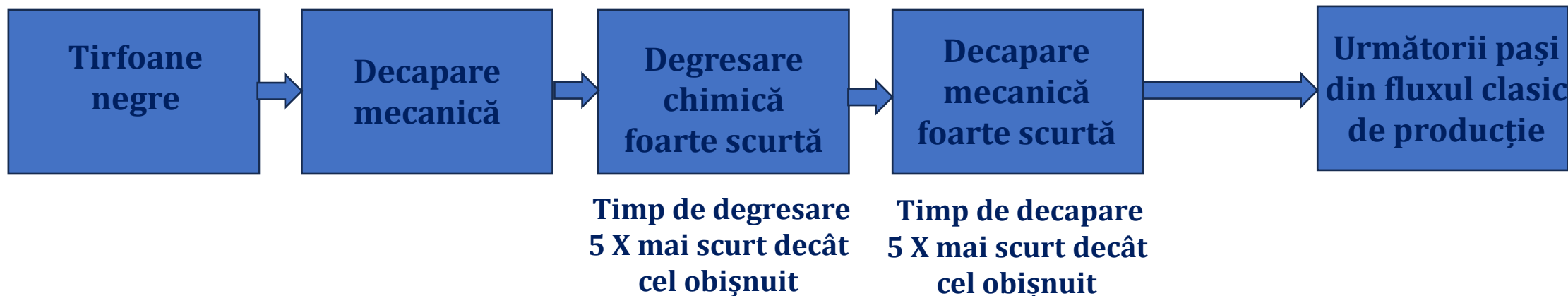
O **rază de îndoire la rece de trei ori (3x) grosimea secțiunii**, sau așa cum este recomandat în Manualul AISC de construcție din oțel, va asigura de obicei proprietăți satisfăcătoare în produsul final.

Curățarea abrazivă, urmată de decaparea rapidă, poate fi folosită și atunci când decaparea excesivă este un motiv de îngrijorare sau atunci când un oțel cu rezistența maximă la tracțiune mai mare de 1100 MPa trebuie zincat termic. Elementele de curățare abrazivă mecanică nu generează hidrogen. Decaparea rapidă după curățarea abrazivă este utilizată pentru a îndepărta rămășițe înainte de zincarea la cald.



Steel grade: S355J2+AR

C	Mn	Si	P
0,150	1,040	0,220	0,007
0,180	1,060	0,240	0,009
0,160	1,080	0,200	0,009



Atenție specială se impune pentru elementele de asamblare cu proprietăți de rezistență specială (ex. 8.8, 10.9, etc)

Când astfel de produse trebuie zincate termic, se recomandă o consultare cu zincatorul în prealabil (sunt necesare date referitoare la tratamentele termice)

Cum se procedează

Înainte de decaparea mecanică



După decaparea mecanică



După zincarea termică



Concluzii

1. Zincarea termică este o metodă de protecție anticorozivă cu aplicație largă, pentru cele mai multe nevoi
2. O cooperare între participanții la proiect va conduce la cea mai sustenabilă, predictibilă și economică soluție.
3. Pentru abordarea fragilizării prin oboseală trebuie să urmărim prevederile Standardului In the case SR EN 1993-1, (inclusiv noile capitole referitoare la Zincarea Termică).
4. Pentru abordarea fragilizării prin hidrogenare a elementelor de asamblare cu nivel înalt de rezistență, este necesară o decapare mecanică (alicare), urmată de o decapare chimică de foarte scurtă durată.

Asociația Națională a Zincatorilor din România vă mulțumește!
Suntem aici pentru a oferi suport tehnic tuturor participanților la proiectele din România.

Vă rugăm să ne vizitați și la pagina noastră
[Asociația Națională a Zincatorilor – ANAZ](#)