

PROGETTARE PER LA ZINCATURA: La foronomia

La zincatura, contrariamente a quello che si potrebbe pensare, è un processo antico e risale al 1837, quando l'ingegnere francese Albert Sorel ne depositò il brevetto. Sorel, per primo, si accorse che in caso di fessurazione del rivestimento, si innescava un'azione protettiva di tipo elettrochimico dello zinco sull'acciaio sottostante, ovvero lo zinco si corrodeva al posto dell'acciaio a seguito della differenza di potenziale tra i due metalli. Chiamò il processo "galvanization" – galvanizzazione – in onore dello scienziato italiano Luigi Galvani che, nel 1700, iniziò delle sperimentazioni sui fenomeni di natura elettrochimica. Oggi, la zincatura a caldo per immersione è uno dei trattamenti più utilizzati per la protezione delle strutture metalliche e, come noto, offre una duplice protezione: una "primaria" con effetto barriera (ovvero una protezione passiva, come nel caso delle vernici), che impedisce agli agenti atmosferici di entrare in contatto con le superfici metalliche e una "secondaria" attiva di natura elettrochimica. Se in un elemento strutturale zincato un'abrasione della superficie mette a nudo il metallo di base, fra questo e lo zinco si formano delle correnti elettriche che portano in soluzione lo zinco, il quale, essendo più elettronegativo rispetto all'acciaio, si sacrifica proteggendo il metallo di base. I prodotti della corrosione vanno a "sigillare" i graffi e le fessurazioni ripristinando, in questo modo, la possibilità di protezione per effetto barriera. Come per qualunque tipologia di protezione, affinché la zincatura possa esprimere le migliori prestazioni, sono necessarie due condizioni: *una corretta preparazione delle superfici* (perché, in generale, il miglior sistema protettivo dà l'esito peggiore se applicato ad una superficie non adeguatamente preparata) ed *una progettazione compatibile con il processo di zincatura a caldo*. La zincatura a caldo avviene con una serie di immersioni del pezzo da trattare, prima in bagni preparatori (fasi di sgrassaggio, decapaggio, lavaggio e flussaggio) e, infine, nel bagno di zinco fuso. Nell'immersione, per evitare che si formino delle "stalattiti" dovute a gocciolamento e percolazione del rivestimento metallico, i pezzi vengono inseriti con una inclinazione rispetto all'orizzontale. Per il corretto sviluppo del rivestimento, occorre che lo zinco, durante l'immersione, possa bagnare tutte le superfici del manufatto con continuità ed in modo omogeneo. Esso deve scorrere liberamente su tutte le superfici per l'intera loro estensione, sia all'esterno che all'interno (nel caso di tubi e tubolari), e deve drenare altrettanto facilmente. In sostanza è necessario garantire, con una corretta

predisposizione di fori in fase di progetto che lo zinco (come le soluzioni chimiche di trattamento preliminare) possa fluire liberamente e, parimenti, che non si formino delle zone in cui possa essere intrappolata l'aria. Il principio fondamentale è quello di "bagnare completamente la superficie": l'efficacia della zincatura dipende dal contatto totale tra lo zinco fuso e l'acciaio. *I fori fungono da vie d'accesso per lo zinco nelle cavità interne, altrimenti precluse*. Allo stesso modo deve essere garantita la necessità che lo "zinco superfluo possa drenare agevolmente", pertanto *la dimensione e la posizione dei fori di scarico sono cruciali per controllare lo spessore e l'uniformità del rivestimento*, evitando un eccessivo accumulo di zinco. Uno dei rischi più significativi, derivanti dalla mancanza di fori di sfiato in elementi strutturali cavi durante la zincatura a caldo, è *l'intrappolamento di aria*. Quando il manufatto viene immerso nel bagno di zinco a 450°C, l'aria sigillata all'interno delle cavità si espande rapidamente a causa dell'elevato calore. Questa rapida espansione può generare una pressione interna tale da causare esplosioni, mettendo seriamente a rischio la sicurezza degli operatori e danneggiando le attrezzature dell'impianto di zincatura. I fori di sfiato forniscono un percorso di esodo per questa aria in espansione, mitigando il rischio di incidenti e garantendo un lavoro a regola d'arte. Un approfondimento contenente schemi, dimensioni e consigli per la corretta predisposizione dei fori, sia per profili aperti che per tubi e tubolari è contenuto nella norma UNI EN ISO 14713-2:2020 – "Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Parte 2: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo". Per tutti gli approfondimenti, tale documento fornisce una panoramica esaustiva della problematica dal punto di vista della predisposizione del progetto.



Fig. 1: Attrezzatura di prova.

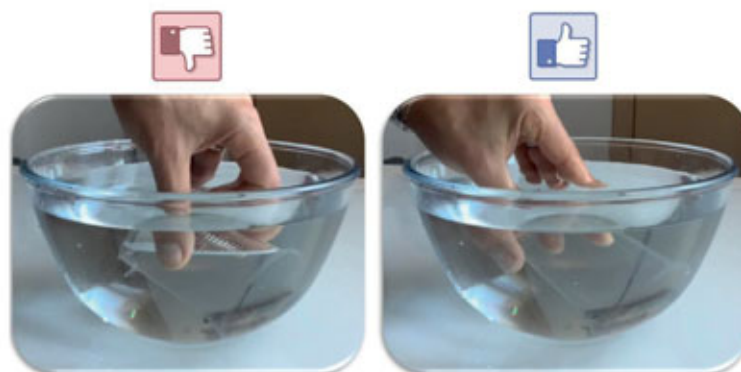


Fig. 2: Confronto con inclinazione positiva.

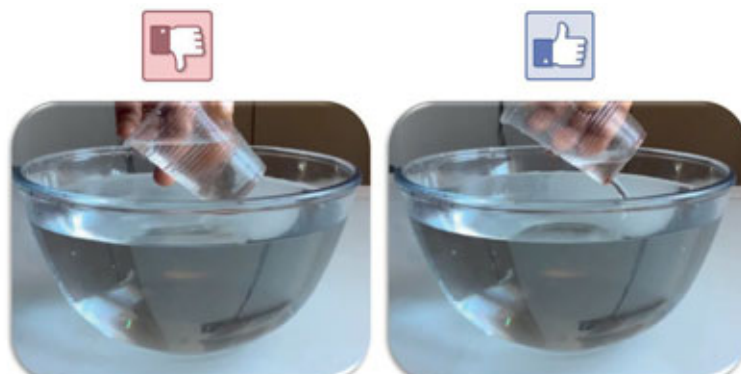


Fig. 3: Confronto con angolo di immersione negativo.

Tuttavia, nello spirito pratico di questa rubrica, pare utile fornire un piccolo esempio chiarificatore con un esperimento casalingo in stile “art attack”.

Si prendano due bicchieri di plastica trasparente ed in uno si praticino due fori agli estremi opposti del fondo. Questi rappresenteranno le strutture da proteggere: una senza forature per scarico e sfiato ed una dotata delle aperture di drenaggio (figura 1). Sup-

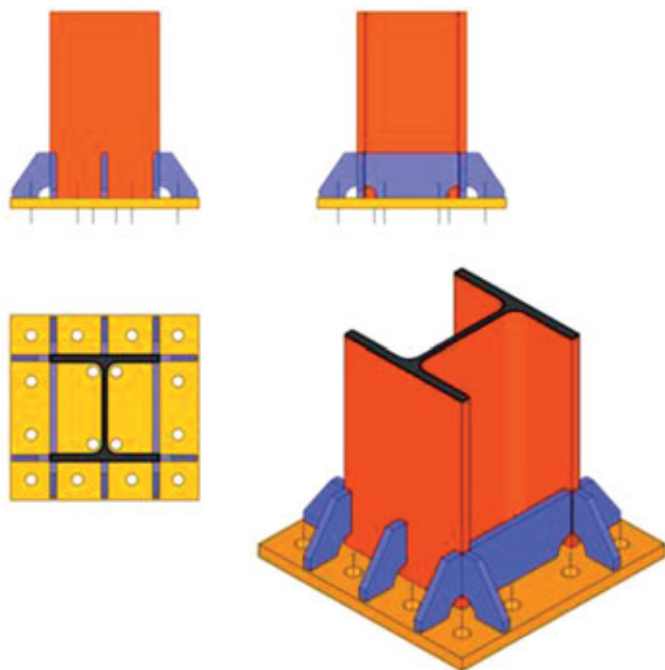


Fig. 4: Forature tipiche per una piastra di base di una colonna.

poniamo di immergere le due strutture in una vasca contenente zinco liquido (che nel caso in esame è simulato con un recipiente di vetro contenente acqua). Le due “strutture” verranno immerse in due modi differenti per valutare la foronomia nelle due condizioni. Inserendo i bicchieri dal lato del bevente, mentre in presenza di fori il principio di di “bagnare completamente la superficie” è perfettamente rispettato, in caso di assenza di fori si forma una sacca d’aria che impedisce al fluido di raggiungere le estremità da proteggere in corrispondenza della base. La struttura risulterà in questo modo non protetta localmente e (nella realtà, quando si immerge non nell’acqua ma nello zinco a 450°C) si potrebbero manifestare aumenti di pressione localizzati, che potrebbero portare all’esplosione del pezzo durante il processo di zincatura. Inserendo invece i bicchieri dal lato della base, mentre in presenza di fori è garantita la necessità che lo “zinco superfluo possa drenare agevolmente”, in caso di assenza di fori, si forma una sacca di fluido che non ha possibilità di defluire e che, nel caso di una struttura reale, costituirebbe un difetto dello strato protettivo superficiale (figura 3). In conclusione, è utile sottolineare come in molte circostanze, la progettazione di forature ottimali negli elementi strutturali per la zincatura, permetta anche di apportare benefici alle fasi di saldatura. Questo perché tali aperture possono essere impiegate per “chiudere” i cordoni di saldatura in modo uniforme e senza soluzione di continuità (figura 4).

È quindi vivamente raccomandato che il progettista delle strutture indichi sempre, nei disegni di progetto, la posizione di tutte le forature inserite per la zincatura. Perché se lui non lo fa, lo farà certamente il costruttore assieme allo zincatore, e in questo caso le forature potrebbero capitare anche in posizioni non gradite al progettista perché, poniamo, indeboliscono sezioni ad alto livello di sforzo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI EN ISO 14713-2:2020 – Rivestimenti di zinco – Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi – Parte 2: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo.
- [2] AA.VV. – Acciaio e durabilità – I quaderni del CTA n.1 – Maggio 2018.
- [3] D. Borgogni – La pratica delle costruzioni metalliche – Dario Flaccovio Editore, 2023.
- [4] M.Sesana , G. Marrone, M. Imperadore, A.Pesenti – Le Protezioni dell’acciaio – Maggioli Editore 2025.
- [5] AIZ (associazione Italiana Zincatura) – Zincatura a caldo – 2007.
- [6] AIZ (Associazione Italiana Zincatura) – Manuale di buone pratiche per la zincatura a caldo – 2008.



ING. DANIELE BORGOGNI

Libero professionista e consulente carpenterie metalliche