

TEMELJI PREDGREVANJA

Uvod

V industriji si varjenja brez predgrevanja ne moremo več zamisliti. Uporablja se povsod tam, kjer to zahteva tehnologija, oziroma dejavniki, kateri močno vplivajo na varjenje in si jih bomo ogledali v nadaljevanju. Preprosto povedano predgrevamo zato, da podaljšujemo čas ohlajanja zvara.

Gretje osnovnega materiala se lahko opravlja tudi med varjenjem, ampak v večini primerov je dovolj, da varjenec predgrejemo na želeno temperaturo predgretja, saj samo varjenje vzdržuje temperaturo na želenem nivoju.

Medvarkovna temperatura, ki je definirana kot temperatura med varjenjem, torej med prvim in zadnjim varkom, ne sme pasti pod določeno temperaturo predgretja.

Predgrevanje prinaša pozitivne rezultate pri varjenju, vendar je potrebno biti pri določanju temperature predgrevanja pozoren in natančen, saj po drugi strani povzroča stroške in podaljšuje proces varjenja.

Zakaj predgrevati?

Obstajajo trije osnovni razlogi, zakaj smo se odločili za predgrevanje:

- podaljšani čas ohlajanja je daljši, kot kritični čas ohlajanja za nastanek martenzita. Celo pri martenzitni strukturi prepreči razpokanje v hladnem,
- podaljšani čas ohlajanja omogoča vodik, da difundira iz zvara, s tem pa preprečimo pokanje v hladnem,
- zmanjšujemo napetosti zaradi varjenja. Vnosi energije v zvar, kot posledica varjenja so veliki, s predgrevanjem in posledično počasnejšim ohlajanjem pa le te zmanjšamo.

Kdaj predgrevati?

Ko se vprašamo kdaj predgrevati, smo del odgovora podali že v prejšnjem poglavju. O predgrevanju in temperaturi predgrevanja odločajo naslednji dejavniki: kemijska sestava jekla, vsebnost vodika v dodajnem materialu, problemi s pokanjem v hladnem, debelina in oblika zvarjenca.

Če predgrevanje za določeno jeklo ni zahtevano že s tehničnimi specifikacijami za jekla ali dodajnega materiala, oziroma kako drugače, se zastavlja vprašanje katera temperatura predgrevanja pa je potem priporočljiva?

V splošnem predgrevanje ni potrebno za nizko ogljična jekla debeline manjše od 25 mm. V kolikor pa kemična sestava varjenca in dodajnega materiala ter prisotnost vodika – pokljivost v hladnem, je predgrevanje potrebno. V vsakem primeru je priporočljivo, da pred izdelavo navodila za varjenje (WPS) izračunamo C_{ekv} , oziroma drugi ekvivalent, kateri določa temperaturo predgretja.

Temperatura predgrevanja

Dobavitelji jekla oziroma dodajnega materiala za varjenje običajno predpišejo splošno temperaturo predgrevanja (tudi druge potrebne toplotne obdelave).

V pomoč pri določitvi temperature predgrevanja obstajajo različne formule. Vse v bistvu temeljijo na kemični sestavi jekla, nekatere upoštevajo tudi debelino varjenca, pa tudi vnos energije ipd.

V nadaljevanju bom navedel nekaj postopkov za določitev temperature predgrevanja, vendar so to le okvirne temperature in so v pomoč pri izdelavi navodila za varjenje (WPS).

1. Priporočila za predgrevanje jekel s pomočjo izračuna ekvivalenta ogljika (tudi po standardu EN 1011-2) so:

$$C_{ekv} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

$C_{ekv} = \text{do } 0,4$ predgrevanje ni potrebno

$C_{ekv} = \text{od } 0,4 - 0,6$predgrevanje na 100 do $200^{\circ}C$

$C_{ekv} = \text{nad } 0,6$ predgrevanje na 200 do $350^{\circ}C$

2. Izračun predgrevanja s pomočjo ogljikovega ekvivalenta z upoštevanjem debeline varjenca (po Sefferianu):

$$T_p = 350 \times \sqrt{C_{ekv} - 0,25} \text{ (}^{\circ}C\text{)}$$

$$C_{ekv} = C_h + C_s$$

$$C_h = \%C + \frac{\%40(Mn + Cr)}{360} + \frac{\%20Ni}{360} + \frac{\%28Mo}{360}$$

$$C_s = 0,005 \times s \times C_h$$

C_{ekv} = je ekvivalent ogljika

C_h = je ekvivalent ogljika, ki upošteva kemično sestavo jekla

C_s = je ekvivalent ogljika, ki upošteva debelino predmeta

s = debelina materiala v mm

3. Formula, v kateri avtorja Bessayo in Ito ne upoštevata samo kemijske sestave, ampak tudi debelino in mogočo količino absorbiranega vodika v zvaru glede na vrsto dodatnega materiala:

$$T_p = 1440 \times K - 392 \quad (^\circ C)$$

$$K = \%C + \frac{\%Si}{30} + \frac{\%Mn + \%Cr + \%Cu}{20} + \frac{\%Ni}{60} + \frac{\%Mo}{15} + \frac{\%V}{10} + \frac{H}{60} + \frac{s}{600} + 5\%B$$

H = vodik (ml/100g)

s = debelina materiala v mm

4. V standardu EN 1011-2 del je naveden grafičen način določitve temperature predgrevanja in izračun C_{ekv} .

Gorilniki za predgrevanje

Gorilniki za predgrevanje so različnih izvedb in uporabljajo različne vire energije. Osredotočil se bom na gorilnike, kateri uporabljajo mešanico kisika (komp. zrak)/gorilni plin. V prospektu, katerega prilagam so podane različne oblike gorilnikov in so prilagojeni različnim potrebam v industriji.

Vsak varilni tehnolog (inženir) mora izbrati gorilnik, s katerim bo najlažje in z najmanjšimi stroški dosegel predpisano temperaturo predgrevanja. Predgrevanje je lahko tudi lokalno (s tako imenovanimi baklami ali s plameniki), vendar je v tem primeru poraba časa večja, kot pri namenskih gorilnikih, kateri naenkrat predgrejejo veliko večjo površino.

Seveda se lahko predgreva tudi z električnimi, induktivnimi ali sevalnimi grelci. Uporaba le teh pa je primerna predvsem pri jeklih, katera zahtevajo točno določen režim toplotne obdelave.

POVZETEK

- Predgrevanje zmanjšuje razpoke in izboljša mehanske lastnosti, kot je udarna žilavost.
- Predgrevanje se uporabi vedno takrat, ko je to določeno iz katerega koli razloga. Varilni inženir/tehnolog pa mora biti pozoren na temperaturo predgrevanja tudi ko leta ni posebej predpisana. Še zlasti pri večjih debelinah materiala in materialih s povišanim ogljikovim ekvivalentom.
- Temperatura predgrevanja se lahko izračuna oz. določi po različnih postopkih, vendar se pri kritičnih materialih priporoča izdelava varilnih vzorcev.
- Najenostavnejše predgrevanje se vrši plamensko. Je hitro, relativno poceni, ne potrebuje posebnega znanja za rokovanje (varilci, oz. rokovalci s plinom bi morali imeti vsaj osnovni tečaj za rokovanje s plinskimi napravami), izvori plinov so običajno že v bližini varilnega mesta itd. Ogljikova jekla ne zahtevajo točno določeno temperaturo predgrevanja (določi se max. in min. temperatura predgrevanja).

Zavar d.o.o.
Tomaž Tement, dipl. ing. E.W.E.

