A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

DEZVOLTAREA OŢELULUI DE ÎNALTĂ REZISTENŢĂ SLAB ALIAT (HSLA)

Emil NAGY

DEVELOPING OF THE HIGH-STRENGTH LOW-ALLOY STEEL (HSLA)

In present high-strength low-alloy steels have gained a significant position in the engineering arena and began the most important ferrous alloy design and manufacture of metal structures. Achieving high-strength low-alloy steels usually require a greater complexity to the design and steel processing to ensure structural integrity. These include a complex system in which the processing conditions are crucial and require an appropriate design of steel grades used. With increasing resistance of the material and economic use of a welding process can be achieved remarkable cost savings in construction works. Now high-strength low-alloy steels are used for almost all complex metallic structures: tanks, bridges, construction equipment, machinery etc. This is largely confirmed by the use of high strength steel with vanadium micro High-strength low-alloy-V.

Cuvinte cheie: oţel HSLA, caracteristici, oţel HSLA-V
Keywords: HSLA steel, HSLA steel, features index

1. Introducere

Aliajele cunoscute sub numele de oţel de înaltă rezistenţă slab aliat (HSLA), asigură o mai mare rezistenţă raportată la greutatea convenţională. Conţinuturile reduse de carbon ale oţelurilor contribuie prin gradul de aliere scăzut la o creştere modestă a preţului.

Pentru că aliajele HSLA sunt mai rezistente, acestea pot fi utilizate în secţiuni mai subţiri, ceea ce le face deosebit de atractive pentru realizarea de componente din echipamente din domeniul transporturilor - caz în care scăderea în greutate este foarte importantă.

2. Caracteristicile oţelurilor HSLA

Oţelurile de înaltă rezistenţă slab aliat (HSLA) sunt disponibile în toate formele standard - table, benzi, bare -, laminate sau forjate sub formă de bare şi profile speciale.

De obicei, oţelurile HSLA au conţinuturi reduse de carbon, cu până la 1,5 % mangan, cu proporţii mici de elemente de aliere cum ar fi niobiu, cupru, vanadiu sau de titan, iar uneori beneficiază de tehnicile speciale de deformare şi de tratament termic (tabelul 1).

Tabelul 1

Compoziţia oţelurilor HSLA (SAE)						
Marca	**C (%max)**	**Mn (%max)**	**P (%max)**	**S (%max)**	**Si (%max)**	**Obs.**
942X	0.21	1.35	0.04	0.05	0.90	*1*
945A	0.15	1.00	0.04	0.05	0.90	
945C	0.23	1.40	0.04	0.05	0.90	
945X	0.22	1.35	0.04	0.05	0.90	*1*
950A	0.15	1.30	0.04	0.05	0.90	
950B	0.22	1.30	0.04	0.05	0.90	
950C	0.25	1.60	0.04	0.05	0.90	
950D	0.15	1.00	0.15	0.05	0.90	
950X	0.23	1.35	0.04	0.05	0.90	*1*
955X	0.25	1.35	0.04	0.05	0.90	*2*
960X	0.26	1.45	0.04	0.05	0.90	*2*
965X	0.26	1.45	0.04	0.05	0.90	*2*
970X	0.26	1.65	0.04	0.05	0.90	*2*
980X	0.26	1.65	0.04	0.05	0.90	*2*
1- tratat cu Nb şi V; 2- tratat cu Nb şi V, barbotat cu N_2						

Pentru îmbunătăţirea deformabilităţii oţelurilor HSLA acestea conţin elemente adăugate, cum ar fi zirconiu, calciu sau pământuri rare ca formă de control pentru sulfurile incluse.

Din moment ce fac parte din oţelurile HSLA secţiunile componente fabricate din acest oţel sunt mai subţiri decât cele din oţelurile cu conţinut redus de carbon obişnuite echivalente.

Coroziunea unui oţel HSLA poate reduce semnificativ diminuarea dimensională în secţiune transversală. În timp ce

adăugarea de elemente, cum ar fi cupru, siliciu, nichel, crom, fosfor pot îmbunătăţi rezistenţa la coroziune a acestor aliaje, pe de altă parte determină creşterea costurilor. Galvanizarea de acoperire, precum şi alte metode de prevenire a coroziunii pot ajuta la protejarea pieselor de oţel HSLA supuse la coroziune.

Clasele cunoscute sub numele de oţelurile HSLA de "deformabilitate bună" (table de oţel - clasele desemnate de ASTM A715, precum şi plăci desemnate de ASTM A656) au o rezistenţă de până la trei ori mai mare decât un oţel tipic carbon simplu, chiar dacă preţul de cost este cu doar aproximativ 24 % mai mare.

Deoarece oţelurile HSLA trebuie să concureze cu alte metale structurale, cum ar fi cele de oţel şi aluminiu (AISI 1010), ele trebuie să fie cât mai ieftine posibil. Cu toate acestea, deformarea şi rularea care îndeplinesc această cerinţă de cost nu este uşoară, ceea ce fac necesare o serie de compromisuri comerciale asupra produsului finit. De exemplu, în creştere în rezistenţă poate fi însoţită de 30-40 % pierderi în ductilitate.

Îmbunătăţirea deformabilităţii la oţelurile HSLA s-a dezvoltat în primul rând pentru industria auto pentru a înlocui oţelurile cu conţinuturi reduse de carbon, obişnuite, cu piese de oţel subţiri în secţiunea transversală pentru a reduce greutatea fără a se sacrifica forţa şi rezistenţa. Tipice în acest sens sunt aplicaţii care includ uşi, grinzi, şasiuri, elemente de consolidare şi montare la direcţie şi de suspensie pentru mijloacele de transport de pasageri.

Camioanele, echipamentele de construcţii, echipamente miniere, precum şi alte vehicule grele, utilizează oţelurile HSLA foi sau plăci drept componente pentru şasiu, galeţi, lame, elemente structurale în afara corpului etc.

Formele structurale din familia oţelurilor HSLA de ”putere” sunt specificate în aplicaţii cum ar fi platforme de petrol şi gaze, turnuri de transmisie, maşini pentru cale ferată, nave şi construcţii.

În echipamente, cum ar fi macarale de putere, mixere de ciment, ferme de utilaje, camioane, remorci, şi turnuri de transmitere de putere mare, sunt utilizate oţelurile HSLA bare. Formarea, găurirea, tăierea, precum şi alte operaţiuni de prelucrare a oţelurilor HSLA incumbă de obicei 25 până la 30 % mai multă putere decât pentru oţelurile carbon.

Cele mai multe aliaje HSLA au proprietăţi sensibile direcţional. Pentru anumite clase, deformabilitatea şi impactul concentraţie variază semnificativ în funcţie de modul de testare a materialului (testare longitudinală sau transversală). Această caracteristică direcţională este

redusă substanţial în oţelurile HSLA care au fost tratate pentru controlul formei sulfurilor din structură.

3. Oţel microaliat cu vanadiu (HSLA-V)

Cele mai utilizate elemente în microalierea oţelurilor HSLA sunt vanadiu, niobiu şi, într-o măsură mai mică, titanul. Comparativ cu niobiul, vanadiul oferă oţelurilor anumite avantaje de cost, în procesul de turnare continuă şi de laminare la cald. În turnare continuă a oţelurilor vanadiul reduce tendinţa de crăpare. În laminare la cald cu cât este mai mare solubilitatea carbo-nitrurilor de vanadiu înseamnă că reîncălzirea la temperaturi mai mici poate fi folosită înainte de laminare sau forjare, ducând la economisire de energie. Mai marea solubilitate a carbo-nitrurilor de vanadiu (figura1) permite de asemenea practicile de control la deformarea oţelurilor HSLA-V cu mai puţină uzură a cilindrilor şi un consum de energie mai mic.

Oţelurile de înaltă rezistenţă slab aliat HSLA-V sunt microaliate cu vanadiu. Adăugarea vanadiului în oţel (în general, mai puţin de 0,12 %) este destinată să ofere rezistenţă îmbunătăţită comparativ cu oţelurile standard dar să asigure toate cerinţele pentru ductilitate, sudabilitate şi tenacitate, fără a creşte foarte mult costurile. Oţelurile HSLA-V permit structuri mai uşoare, în comparaţie cu structurile standard din oţel slab aliat C-Mn, deoarece este nevoie de oţel mai puţin pentru a realiza aceleaşi cerinţe şi rezistenţă şi determină o serie de avantaje în direcţia îmbunătăţirii caracteristicilor: sudabilităţii, tenacităţii, ductilităţii şi alungirii.

De asemenea vanadiul utilizat ca element de aliere duce la:

- Uşurinţa în dezvoltarea în timp a procesului de fabricare a oţelului cu recuperare mare de metal;
- Bună capacitate de a fi turnat;
- Solubilitate ridicată în timpul reîncălzirii;
- Evitarea forţelor mari de deformare la cald.

O alternativă atractivă este obţinerea de micro-oţeluri aliate folosind resturi reciclate. Principala sursă de vanadiu este prin recuperarea de catalizatori uzaţi din operaţiuni de rafinare a petrolului. Aceşti catalizatori împreună cu alte "deşeuri" de vanadiu sunt supuşi procesării prin reciclare de mai multe companii care dezvoltă aprovizionarea cu aliaje tip ferovanadiu. Beneficiile de mediu prin reciclarea de vanadiu sunt demne de remarcat.

În fiecare an cantităţi importante de vanadiu sunt reciclate din catalizatori uzaţi. Aceasta reduce necesitatea de a utiliza vanadiu

extras din minerale, ceea ce reduce consumul de energie şi poluarea generate din minerit. Utilizarea de vanadiu reciclat de asemenea reduce necesarul de energie în mod normal asociat cu prelucrare minereurilor, eliminând sau reducând nevoia de terenuri de depozitare a acestor "deşeuri" şi asigurând oferta de vanadiu pentru producătorii de oţel.

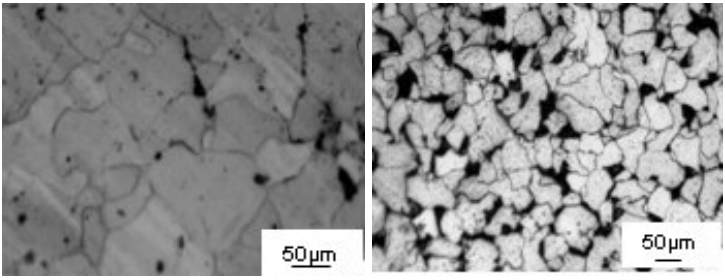

Fig. 1 Structuri ale oţelurilor de înaltă rezistenţă slab aliat HSLA-V

Când vanadiul este utilizat ca un aliaj în procesul de elaborare a oţelului este nevoie de mai puţin oţel pentru a îndeplini aceleaşi cerinţe structurale ca în cazul oţelului standard C-Mn. Acest lucru reduce cantitatea de energie necesară în producţie.

Există, de asemenea, o economisire a consumului de combustibil în exploatarea vehiculelor care sunt mai uşoare cu componente din oţel HSLA-V.

Deci este posibil ca prin folosirea oţelurilor HSLA-V să se utilizeze oţel cu 30-40 % mai puţin şi atinge aceleaşi obiective de inginerie. Ca o consecinţă, există, de asemenea, un impact mai mic asupra mediului.

Toate acestea duc la o şansă reală pentru oţelul HSLA-V în temeiul de explozie la nivel mondial a cererii pentru infrastructură care incumbă necesitatea de materii prime - oţel, beton armat şi alte resurse - necesare pentru sprijinirea şi dezvoltarea unei infrastructuri. Pe de altă parte producţia de oţel globală, raportată la nivelurile actuale, va duce se pare, în câţiva ani, cererea spre aproximativ două miliarde de tone de oţel pe an.

4. Concluzii

■ Oţelurile HSLA au cucerit o poziţie importantă în arena ingineriei, fiind cel mai important aliaj feros pentru proiectarea şi fabricarea structurilor metalice. Realizarea oţelurilor slab aliate cu

rezistenţă mare necesită uzual o complexitate mai mare la elaborarea şi procesarea oţelului în vederea garantării integrităţii structurale. Acestea includ un sistem complex în care proprietățile sunt determinante pentru condiţiile de prelucrare şi impun o proiectare adecvată a mărcilor de oţel folosite.

■ Cu creşterea rezistenţei materialului şi folosirea unui proces economic de sudare, se pot obţine reduceri de costuri remarcabile în lucrările de construcţii.

■ Aplicarea oţelurilor HSLA în prezent este acceptată pentru aproape toate structurile metalice complexe: recipiente, poduri, echipamente în construcţii, maşini etc. Acest fapt este confirmat de utilizarea în mare măsură a oţelului de înaltă rezistenţă microaliat cu vanadiu (HSLA-V).

BIBLIOGRAFIE

[1] Degarmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., *Materials and Processes in Manufacturing*, Wiley, 2003.
[2] Giauque, G., *The history of carbon steel, The Book of Steel*, Lavoisier TEC&DOC, Paris, 1995.
[3] Heisterkamp, F., Hulka, K., Batte, D., *Metallurgy Welding and Qualification of Microalloyed Steel Weldments*, AWS, Miami, 1990, pag. 659-681.
[4] Morita, Z-I., *Steel today and tomorow*, În: News of Japanese Steel, Jan-mars 2007, pag. 1-8.
[5] Nagy, E., *Elaborarea oţelului în cuptorul electric cu arc*. Editura George Bariţiu, Cluj-Napoca, 2000.
[6] Sanz, G., *L'acier, un matériale qui n'a pas fini d'étonner*, Revue de Métallurgie-CIT, 96, nr. 3, martie, 1999, pag. 395-410.
[7] Schade, J., *The measurement of steel cleanliness*, În: Steel technology international, 1993, pag. 149-151.
[8] Scwartz, L.H., *The material role*, În: Metallurgical and materials transactions, vol. 30a, april 1999, pag. 895-908.
[9] Tamura, I., Ouchi, C., Tanaka, T., Sekine, H., *Thermo-mechanical processing of HSLA steels*, Butterworths, Stoneham, MA, 1988.
[10] * * * *Guide to Engineerred materials*, CNRS, 2008.

Prof.Dr.Ing. Emil NAGY
Departamentul Protecţia Mediului şi Antreprenoriatul Dezvoltării Durabile,
Universitatea Tehnică din Cluj–Napoca, membru AGIR