

MOLIBDENUL ÎN OTELURILE INOXIDABILE

MOLYBDENUM IN STAINLESS STEELS

Alexandru MUNTEANU

„Transilvania” University of Brasov, Romania

Rezumat. Rezistența la coroziune a oțelurilor inoxidabile este influențată în mod direct de compoziția chimică, de structura metalografică obținută prin tratamente termice și eventuale operații de deformare plastică la rece. În lucrare sunt prezentate oțelurile inoxidabile indigene aliate cu molibden și se dau relații pentru calculul influenței molibdenului asupra temperaturii de transformare martensitică M_d și asupra rezistenței la coroziune.

Cuvinte cheie: oțeluri inoxidabile, temperatura de coroziune prin puncte (TCP), temperatura de contact direct (TCC), transformare martensitică M_d

1. Introducere

Molibdenul este un element de aliere prezent în oțelurile inoxidabile întrucât ameliorează în mod sensibil rezistența la coroziune în medii umede și în cloruri, rezistența la oxidare la temperaturi ridicate și caracteristicile mecanice la temperaturi extreme. Sunt rare în lume oțelurile inoxidabile la care concentrația în molibden depășește 5%, el fiind unul din elementele suplimentare introduse alături de crom și de nichel în special pentru a ameliora rezistența la coroziune prin puncte și contact direct în medii puternic corozive.

Deși teoretic inoxidabile, fenomenul de coroziune se manifestă totuși și în cazul oțelurilor inoxidabile datorită faptului că sunt în primul rând aliaje ale fierului. Nichelul introdus pentru a diminua electronegativitatea fierului și cromul, pentru mărirea tendinței lui de pasivizare, fac ca toate formele de coroziune, frecvent constatate în cazul altor oțeluri, să se manifeste mult mai puțin intens.

Intensitatea proceselor de coroziune depinde pe de-o parte de gradul de aliere și, pe de altă parte, de structura metalografică a oțelului (cantitatea, distribuția, forma și compoziția chimică a fazelor componente) care poate fi modificată, după elaborare, prin procese de deformare și prin tratament termic.

2. Tratamentele termice aplicate oțelurilor inoxidabile aliate cu molibden

În funcție de structura obținută prin răcire, în tabelul 1 sunt prezentate compozițiile chimice ale oțelurilor inoxidabile indigene, care conțin molibden, cuprinse în STAS 11523-88 și STAS 3583-88.

Abstract. The corrosion resistance of the stainless steels is directly influenced by the chemical composition and metallographic structure obtained by heat treatments and eventually cold-working plastic deformations. The present paper presents the in-house stainless steels alloyed with molybdenum and there are given relations for calculating the influence of the molybdenum over the martensitic transformation temperature M_d and corrosion resistance.

Key words: stainless steels, pit corrosion temperature (TPC), direct contact temperature (TCC), martensitic transformation M_d

1. Introduction

Molybdenum in an alloying element present in the stainless steels because it improves the corrosion resistance in wet mediums and chlorides, oxidation resistance at high temperatures and mechanical characteristics at extreme temperatures. The stainless steels with molybdenum concentration bigger than 5% are rare, molybdenum being a supplementary element introduced with chromium and nickel especially for improving the pit and direct contact corrosion resistance in strong corrosive mediums.

Although theoretically stainless, the corrosion phenomenon is present also in the case of the stainless steels, because of the fact that they are first of all alloys of Fe. Nickel introduced for decreasing the Fe and Cr electro negativity, for increasing the passivating tendency, make that all the corrosion types, frequently met in the case of other steels, to manifest less intense.

The corrosion processes intensity depends on the alloying grade and, on the other hand, depends on the metallographic structure of the steel (the quantity, distribution, form and chemical composition of the phases), which can be modified, after elaboration, by deformation and heat treatment processes.

2. Heat treatments applied to the stainless steels alloyed with molybdenum

As a function of the structure obtained by cooling, in table 1 there are presented the chemical compositions of the in house stainless steels, which contain molybdenum, presented in STAS 11523-88 and STAS 3583-88.

Molibdenul in oțelurile inoxidabile

Tabelul 1. Compoziția chimică a oțelurilor inoxidabile aliate cu molibden
Table 1. The chemical composition of the stainless steel alloyed with molybdenum

| Martensitic stainless steels | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|
| Mark | C [%] | Mn [%] | Si [%] | Cr [%] | Ni [%] | Mo [%] | Other elements |
| 20MoCr130 | 0.17 ÷ 0.22 | Max. 1.00 | Max. 1.00 | 12.0 ÷ 13.0 | Max. 1.00 | 0.90 ÷ 1.30 | - |
| 35MoCr165 | 0.33 ÷ 0.43 | Max. 1.00 | Max. 1.00 | 15.5 ÷ 17.5 | - | 0.90 ÷ 1.30 | - |
| 20VMoCr120* | 0.17 ÷ 0,25 | 0.30-0.80 | 0.10 ÷ 0.50 | 10.0 ÷ 12.0 | - | 0.80 ÷ 1.20 | V = 0.25 ÷ 0.35 |
| 45VMoCr145 | 0.42 ÷ 0.48 | Max. 1.00 | Max. 1.00 | 14.0 ÷ 15.0 | - | 0.45 ÷ 0.60 | V = 0.1 ÷ 0.15 |
| 20VWMoCr120* | 0.17 ÷ 0,23 | Max. 1.00 | 0.10 ÷ 0,50 | 11.0 ÷ 12.5 | 0.30 ÷ 0.80 | 0.80 ÷ 1.20 | V = 0.2 ÷ 0.3 W = 0.5 |
| 90VMoCr180 | 0.85 ÷ 0.95 | Max. 1.00 | Max. 1.00 | 17.0 ÷ 19.0 | - | 0.90 ÷ 0.13 | V = 0.07 ÷ 0.12 |
| * the steels are in the same time refractory | | | | | | | |
| Ferrite stainless steels | | | | | | | |
| 1MoCr260 | Max. 0.01 | Max. 0.40 | Max. 0.40 | 25.0 ÷ 27.5 | - | 0.75 ÷ 1.50 | - |
| 2TiMoCr180 | Max. 0.025 | Max. 1.00 | Max. 1.00 | 17.0 ÷ 19.0 | Max. 0.60 | 1.8 ÷ 2.3 | Ti and N |
| Austenitic stainless steels | | | | | | | |
| 8MoNiCr250 | Max. 0.10 | Max. 2.00 | Max. 1.00 | 24.0 ÷ 27.0 | 4.50 ÷ 6.00 | 1.30 ÷ 1.80 | - |
| 2MoNiCr175 | Max. 0.03 | Max. 2.00 | Max. 1.00 | 11.0 ÷ 17.5 | 12.50 ÷ 15.00 | 0.90 ÷ 1.30 | - |
| 2CuMoCrNi250 | Max. 0.02 | Max. 2.00 | Max. 1.00 | 14.0 ÷ 15.0 | 24.00 ÷ 27.00 | 0.45 ÷ 0.60 | Cu = 1.00 ÷ 2.00 |
| 10TiMoNiCr175 | Max. 0.10 | Max. 2.00 | Max. 1.00 | 16.5 ÷ 18.5 | 10.50 ÷ 13.50 | 2.00 ÷ 2.50 | Ti = 5 x %C |

Oțelurile inoxidabile martensitice sunt oțeluri aliate preponderent cu crom în care procentul de nichel este scăzut, iar cel de carbon depășește 0,2 ÷ 0,35 %.

Cu cât conținutul de carbon este mai mare, cu atât cromul trebuie să fie mai ridicat pentru a menține, alături de carburi, suficient crom în matricea feritică.

Tratamentele termice al oțelurilor inoxidabile martensitice sunt identice cu cele ale oțelurilor de construcție, cu singura deosebire că temperaturile de călire sunt mai ridicate (tabelul 2) pentru a dizolva în austenită carburile secundare și o parte dintre cele primare.

Datorită prezenței molibdenului în aceste oțeluri martensitice, operațiile de revenire se pot executa, fără riscul apariției fragilității de revenire, la temperaturi diferite în funcție de proprietățile mecanice urmărite.

La polul opus oțelurilor martensitice, cele feritice sunt oțeluri inoxidabile aliate cu crom, element puternic feritogen, în care însă conținutul de carbon este suficient de scăzut pentru a se evita

The martensitic stainless steels are steels alloyed mostly with Cr, in which the nickel percentage is low and the carbon percentage is bigger than 0.2 ÷ 0.35%.

The bigger the carbon content is, the bigger the chromium content must be for maintaining, along carbides, enough chromium in the Fe matrix.

The heat treatments of the martensitic stainless steels are the same with the ones of the heat-treatable steels, the only difference being that the quenching temperatures are higher (table 2) for dissolving in austenite the secondary carbides and a part of the primary ones.

Because of the presence of the molybdenum in these martensitic steels, the annealing operations can be executed without the risk of tempering brittleness appearance, at different temperatures as a function wanted mechanical properties.

At the opposite pole of the martensitic steels are the ferrite steels, stainless steels alloyed with Cr, element strongly to form ferrite, in which the carbon content is enough low in order to avoid $\alpha \rightarrow \gamma$

transformarea $\alpha \rightarrow \gamma$ la încălzire. Este cunoscut faptul că, la aceste oțeluri, un rol deosebit de important în realizarea unei bune rezistențe la coroziune, a unei tenacități ridicate și temperaturi de tranziție cât mai coborâte, îl joacă conținutul de carbon și azot (tabelul 2), care nu trebuie să depășească cumulativ 0,08%.

transformation at heating. It is known the fact that at these steels, a very important role for realizing a good corrosion resistance, high toughness and low transition temperature is played by the carbon and nitrogen content (table 2) which doesn't have to be together more than 0.08%.

Tabelul 2. Temperaturi de tratament termic recomandate în STAS unor oțeluri inoxidabile aliate cu molibden
Table 2. Heat treatment temperatures recommended in STAS of some stainless steels alloyed with molybdenum

| Steel Mark | Steel type | Annealing | | Solution hardening | | Tempering | |
|----------------------|-------------|-----------|--------------|--------------------|------------|-------------------|---------|
| | | Temp. °C | Cooling | Temp. °C ± 10°C | Cooling | Temp. °C ± 5°C | Cooling |
| 20MoCr130 | Martensite | 750-850 | Furnace | 950-1000 | oil | 650-750 | air |
| 35MoCr165 | Martensite | 750-800 | Furnace | 980-1030 | oil | 650-750 | air |
| 45VMoCr145 | Martensite | 730-780 | Furnace | 980-1030 | oil, air | 100-200 | air |
| 90VMoCr180 | Martensite | 830-850 | Furnace, air | 1000-1050 | oil | 100-300 | air |
| 20VMoCr120* | Mart-refrac | 830-850 | Furnace | 1030-1070 | oil, air | 720-770 | air |
| 20VWMoCr120* | Mart-refrac | 830-850 | Furnace | 1030-1070 | oil, air | 690-700 | air |
| 1MoCr260 | Ferrite | 750-850 | Air, water | - | - | - | - |
| 2TiMoCr180 | Ferrite | 900-1050 | Air, water | - | - | - | - |
| 8 MoNiCr250 | Austenite | - | - | 1080-1150 | water, air | - | - |
| 2MoNiCr175 | Austenite | - | - | 1050-1100 | water, air | - | - |
| 2CuMoCrNi250 | Austenite | - | - | 1080-1150 | water, air | - | - |
| 10TiMoNiCr175 | Austenite | - | - | 1080-1150 | water, air | - | - |

În aceste oțeluri, cromul este principalul element de aliere, dar atunci când conținutul de crom este relativ mai scăzut, anumite calități de oțel conțin adaosuri de titan și molibden (2TiMoCr180) pentru a stabili structura și a evita, la temperaturi ridicate, transformarea $\alpha \rightarrow \gamma$ însoțită la răcire de formarea martensitei [4].

Datorită lipsei transformărilor polimorfe ($\alpha \rightarrow \gamma$) la încălzire și răcire, aceste oțeluri în general nu sunt susceptibile de a fi tratate termic. Pentru a li se crește totuși rezistența mecanică, ele pot fi ecruisate prin deformare plastică la rece. Deși procesul de ecruisare în sine înrăutățește rezistența la coroziune, recristalizarea nefazică efectuată ulterior și la temperaturi relativ înalte ameliorează mult punerea în soluție a carburilor de crom, și în acest fel rezistența la coroziune a matricei feritice.

Oțelurile inoxidabile feritice sunt sensibile la coroziune intergranulară și sunt în special fragile, după încălziri și mențineri la temperaturi de ~ 450°C, întrucât la aceste temperaturi faza α se transformă în faza α' foarte bogată în carbon, transformare nedorită, dar cu atât mai posibilă cu cât conținutul de crom este mai mare.

Pentru ameliorarea rezistenței mecanice, în condițiile unor cantități mici de carbon (necesare rezistenței la coroziune), aceste oțeluri se aliază uneori cu molibden. Astfel, oțelul inoxidabil feritic

In these steels, chromium is the principal alloying element, but when the chromium content is relatively low, several steel qualities contain Ti and molybdenum additions (2TiMoCr180) in order to stabilize the structure and to avoid, at high temperatures, $\alpha \rightarrow \gamma$ transformation with the martensite formation at cooling [4].

Because of the lack of the polymorphic transformations ($\alpha \rightarrow \gamma$) at heating and cooling, these steels don't have, generally, to be heat-treated. In order to increase the mechanical resistance, they can be hardened by cold-working plastic deformation. Although the hardening process worsens the corrosion resistance, the subsequent aphase recristalisation effectuated at relatively high temperatures improves the solution hardening of the chromium carbides and, in this way, the corrosion resistance of the ferrite matrix.

The ferrite stainless steels are sensible at intergrain corrosion and they are especially brittle, after heating and conservations at temperatures of ~ 450°C, because at these temperatures the α phase becomes α' phase, very rich in carbon, unwanted transformation, but very possible as the chromium content is bigger.

In order to improve the mechanical resistance, in the conditions of some low carbon quantities (necessary for corrosion resistance), these steels are alloyed sometimes with molybdenum. So, the ferrite

2TiMoCr180 în care C+N < 0,04% și pentru stabilitate Ti = 0,25 ÷ 0,4%, poate atinge aceleași valori ale rezistenței mecanice și la coroziune ca ale unor oțeluri austenitice mai scumpe. Încercările efectuate pe un asemenea oțel au dovedit că este practic insensibil la coroziune sub tensiune și că rezistă bine la coroziune prin puncte, fiind ideal folosirii în construcția schimbătoarelor de căldură.

Oțelurile inoxidabile austenitice sunt cele mai numeroase și cele mai utilizate, întrucât micile variații ale compoziției (tabelul 1) pot modifica considerabil rezistența la coroziune și proprietățile fizico-mecanice.

Toate conțin cantități importante de crom și nichel și, datorită nichelului element puternic austenitogen, toate prezintă transformarea polimorfică α→γ la încălzire. La răcire, însă, datorită nichelului, temperatura punctului Ms este mult coborâtă sub zero, ceea ce face ca la temperatura ambiantă austenita să se păstreze netransformată, în afara echilibrului. Existența austenitei, la temperatura ambiantă, poate conduce, în anumite condiții de temperatură și/sau deformare, la activarea ei și transformarea în martensită.

Influența temperaturii de utilizare a oțelului austenitic și a ecruisării asupra stabilității austenitei este deosebită. În tabelul 3 este arătată influența compoziției chimice asupra poziției temperaturii punctului Ms în stare nedeformată și modificarea ei la valoarea Md, datorată ecruisării.

stainless steel 2TiMoCr180 in which C+N < 0.04% and for stability Ti = 0.25 ÷ 0.4%, can reach the same mechanical and corrosion resistance values as in the case of some more expensive austenitic steels. Experiments effectuated on such steel proved that it is practically insensibile at corrosion under tension and that it has a good pit corrosion resistance, being ideal to be used for heat exchangers.

The austenitic stainless steels are the most utilized, because the little variations of the composition (table 1) can considerably change the corrosion resistance and physical-mechanical properties.

All contain important quantities of chromium and nickel and, because nickel is element strongly to form ferrite, all present the polymorphic transformation α→γ at heating. At cooling, because of the nickel, the Ms point temperature is much lower under zero, determining the existence of the austenite at room temperature. The existence of the austenite at room temperature can conduct, in some temperature and/or deformation conditions, at its activation and transformation in martensite.

The influence of the austenitic steel utilizing temperature and of the cold hardening over the austenite stability is evident. In table 3 there is shown the chemical composition influence over the Ms point temperature position and it's changing to Md value, because of cold hardening.

Tabelul 3. Influența ecruisării asupra temperaturii de transformare martensitică
Table 3. The influence of the cold hardening over the martensitic transformation temperature

| Chemical composition [%] | Temperature Ms [°C] | Temperature Md [°C] |
|---|---------------------|---------------------|
| Austenite steel 18-7 Cr=17,8; Ni=7,5; C+N=0,034 | - 40 | + 90 |
| Austenite steel 18-8 Cr=17,5; Ni=8,3; C+N=0,111 | -196 | + 70 |
| Austenite steel 18-12 Cr=17,4; Ni=12,6; C+N=0,102 | Absent | - 30 |

Aflarea efectului principalelor elemente de aliere asupra temperaturii Md la care poate avea loc transformarea austenitei în martensită, în urma unei deformări ulterioare la rece, poate fi dedusă și din relația (1):

$$M_d = 413 - 462(C+N) - 0.2 \cdot Si - 8.1 \cdot Mn - 13.7 \cdot Cr - 9.5 \cdot Ni - 18.5 \cdot Mo. \quad (1)$$

Prin compararea factorilor de proporționalitate din relația (1), apare ca evident efectul pozitiv și mai puternic al molibdenului asupra coborârii acestei temperaturi față de cel al cromului sau nichelului.

Din tabelul 3 se poate constata că oțelurile austenitice au punctele Ms situate mult sub

The effect of the principal alloying elements over the temperature Md, at which the austenite transformation in martensite can take place, as a result of a subsequent deformation, can be found out also from relation (1):

By comparing the proportionality factors from relation (1), it is obvious the positive and stronger effect of molybdenum over decreasing this temperature, comparing with the effect of chromium and nickel.

From table 3 it results that the austenitic steels have Ms points situated much under the room

temperatura mediului ambiant, dar că deformarea la rece (îndoirea, plierea, trefilare, ambutisarea etc.) produce în structura inițial austenitică apariția martensitei însoțită de durificare. De aici rezultă nu numai dificultățile prelucrărilor ulterioare ale acestor oțeluri, după deformare, dar și micșorarea rezistenței la coroziune datorită stării de tensiune internă induse de aceste transformări. Utilizarea oțelurilor austenitice la temperaturi criogenice, trebuie de asemenea făcută cu rezervă, iar deformarea la rece, dacă este necesară, trebuie să fie realizată cu viteze mari și printr-o singură trecere sau fază.

Excepție o face oțelul austenitic 18Cr-12Ni cu conținutul cel mai ridicat de nichel (tabelul 3), care nu suferă la răcire transformarea martensitică, indiferent de temperatură. În cazul oțelurilor austenitice, conținutul de carbon și de azot, relația (1), joacă un rol deosebit de important asupra temperaturilor M_s și M_d , deci asupra structurii, dar și asupra rezistenței la coroziune intercrystalină.

Structura unui oțel austenitic 2MoNiCr175 austenitizat la 1050°C și răcit în aer este prezentată în figura 1, în care în austenită pot fi observate numeroase macle de recoacere.

temperature, but that the cold-working deformation (bending, drawing, ironing-cupping, etc.) produces in the initial austenitic structure the appearance of the martensite, resulting the hardening. From here it results not only the difficulties of the subsequent operations of these steels, after deformation, but also the decrease of the corrosion resistance because of the internal tension state induced by these transformations. The utilization of the austenitic steels at cryogenic temperatures must also be done with reserve and the cold working deformation, if is necessary, must be realized with high speeds and by one pass or phase.

The austenitic steel 18Cr-12Ni with the highest nickel content (table 3) is an exception; it doesn't suffer at cooling the martensitic transformation, no matter the temperature is. In the case of the austenitic steels, the carbon and nitrogen content, relation (1), plays a very important role over the temperatures M_s and M_d , so over the structure, but also over the intercrystalline corrosion resistance.

The structure of an austenitic steel 2MoNiCr175, austenitised at 1050°C and cooled in air is presented in figure 1, in which in austenite numerous annealing macles can be observed.



Figura 1. Oțel austenitic 2MoNiCr175 (atac cu acid cromic)
Figure 1. Austenitic steel 2MoNiCr175 (chrome acid attack)

Rezistența la coroziune prin puncte și la coroziune prin contact direct cu soluții de acid clorhidric a unor oțeluri inoxidabile austenitice, foarte rezistente la coroziune [2], aliate cu până la 7,5% Mo este în prezent evaluată prin așa numita temperatură critică de coroziune prin puncte (TCP) sau prin temperatura de contact direct (TCC). Temperatura TPC a fost definită ca fiind temperatura limită deasupra căreia oțelul începe să fie atacat prin coroziune, iar temperatura TCC este

The pit corrosion and direct contact corrosion resistance in solutions of hydrochloric acid, of some austenitic stainless steels, very resistant at corrosion [2], alloyed with till 7.5% Mo, is presently evaluated by so called pit corrosion critical temperature (TPC) or direct contact temperature (TCC). The TPC temperature was defined as being the limit temperature over which the steel starts to be attacked by corrosion, and the TCC temperature is the temperature from which a pit of corrosion,

temperatura de la care un anumit punct de coroziune odată format, în contact direct cu aceeași soluție, începe sa crească. Ambii parametrii (TCP) și (TCC) s-au dovedit a fi dependenți de concentrația în molibden ceea ce demonstrează influența covârșitoarea a acestui element asupra coroziunii prin puncte. Astfel, pentru un oțel Cr-Ni care conține până la 7,5%Mo și al cărui conținut de Ni variază între 15 și 25%, aceste temperaturi de referință în aprecierea rezistenței la coroziune prin puncte sunt:

$$TCP (^{\circ}C) = 10 + 7 \cdot Mo \quad (2)$$

$$TCC (^{\circ}C) = - 50 + 12.5 \cdot Mo \quad (3)$$

unde concentrația în molibden este exprimată în %.

Adaosul de molibden îmbunătățește rezistența la coroziune a acestor oțeluri și în soluții de acid sulfuric. Influența favorabilă a adăugării molibdenului asupra rezistenței la coroziune prin puncte este demonstrată experimental, [1], utilizând un oțel cu 18% Cr și 13% Ni, de creșterea potențialului de pasivizare <u> și mărirea densității critice de curent de polarizare <i_p> [A/cm²]. Acest lucru poate fi observat din figura 2, în care potențialul crește de la -0,08 V, pentru oțelul fără molibden, la - 0,01 V, pentru oțelul cu 2,1% Mo, iar densitatea de curent scade de la 5·10⁻³ la 5·10⁻⁴ A/cm².

once formed, in direct contact with the same solution, starts to grow. The both parameters (TPC) and (TCC) proved to be dependent of the molybdenum concentration, which demonstrate the strong influence of this element over the pit corrosion. So, for a Cr-Ni steel which contain till 7.5% Mo and whose nickel content varies between 15 and 25%, these reference temperatures to appreciate the pit corrosion temperature are:

where the molybdenum concentration is in %.

The molybdenum adding improves the corrosion resistance of these steels also in solutions of sulphuric acid. The favorable influence of molybdenum adding over the pit corrosion resistance is experimentally demonstrated [1] utilizing a steel with 18% Cr and 13% Ni, by the increasing of the passivity potential <u> and critical density of polarization potential <i_p> [A/cm²]. This thing can be observed from figure 2, where the potential increase from - 0.08 V, for the steel without molybdenum, to - 0.01 V, for the steel with 2.1% Mo, and the current density decrease from 5·10⁻³ to 5·10⁻⁴ A/cm².

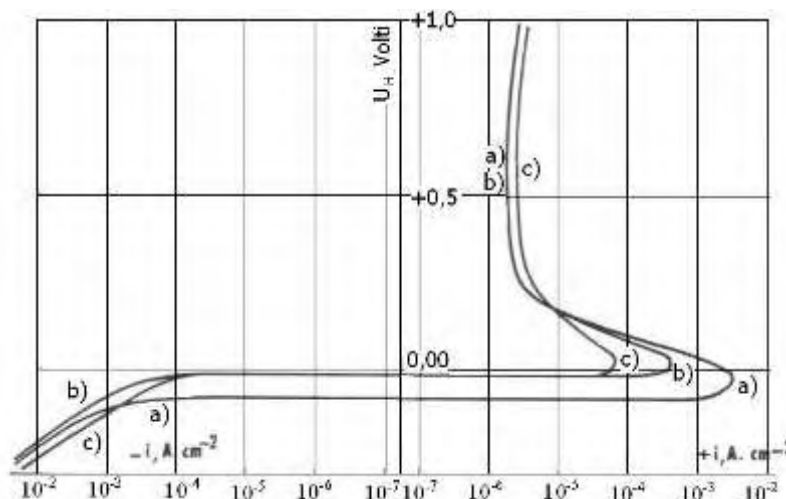


Figura 2. Curbele potențiocinetice obținute la coroziune în soluție de acid sulfuric
a) 0,0 % Mo; b) 2,1% Mo; c) 4,2% Mo [1]

Figure 2. Potentiokinetic curves obtained at corrosion in solution of sulphuric acid
a) 0.0 %Mo; b) 2.1% Mo; c) 4.2% Mo [1]

Specific acestor oțeluri austenitice este aplicarea așa numitei „hipercăliri” care constă într-o încălzire la temperaturi ridicate de peste 1050 ÷ 1150°C, urmată de o răcire suficient de rapidă pentru a pune în soluție și apoi pentru a evita precipitarea carburilor. În acest fel se poate conserva la temperatura camerei o structură

Specific to these austenitic steels is the applying of the so-called <hyper quenching> which consist on a heating at high temperatures over 1050 ÷ 1150°C, followed by a cooling enough quick for solution hardening and then for avoiding carbides precipitation. In this way a homogenous austenitic structure can be kept at room temperature,

austenitică omogenă, lipsită de carburi de tip $(Cr,Fe,Mo)_{23}C_6$ care având un foarte ridicat conținut de crom sărăcesc limitele de grăunți ai matricei în crom și sensibilizează metalul la coroziune intercrystalină.

Tratamentul de hipercălire asigură întotdeauna acestor oțeluri o structură de livrare corespunzătoare caracterizată printr-un maxim al rezistenței la coroziune.

3. Concluzii

Lucrarea prezintă o sinteză asupra oțelurile inoxidabile indigene în care este prezent molibdenul și efectul lui asupra tratamentului termic și rezistenței la coroziune. Se subliniază în special faptul că molibdenul influențează în mod deosebit transformarea martensitică activată de deformare plastică la rece și comportamentul la coroziune al oțelurilor austenitice. Pentru oțelurile austenitice rezistente la coroziune prin puncte, influența conținutului de molibden este deosebită, el determinând ridicarea temperaturii critice de coroziune TPC și a temperaturii de contact direct în soluții de acid clorhidric.

without carbides of $(Cr,Fe,Mo)_{23}C_6$ type, which, having a very high chrome content, reduce the grain limits of the matrix in chrome and sensitize the metal at intercrystalline corrosion.

The hypercooling treatment always ensures to these steels a final structure characterized with a maximum of the corrosion resistance.

3. Conclusions

The paper presents a synthesis over the in-house stainless steels in which the molybdenum is present and its effect over the heat treatment and corrosion resistance is presented. It is showed especially the fact that molybdenum influences the martensitic transformation, activated by the cold-working plastic deformation, and the corrosion behavior of the austenitic steels. For the austenitic steels resistant at pit corrosion, the influence of the molybdenum content is very strong, determining the increasing of the corrosion critical temperature TPC and of the direct contact temperature in solutions of hydrochloric acid.

References

1. Defranoux, J.M.: *On the influence mechanism of molybdenum over the corrosion resistance of the austenitic stainless steels (Sur le mécanisme de l'influence des addition de molybdène sur la résistance a corrosion des aciers inoxydables austénitiques)*. Matériaux et Techniques, March 1984, p. 137-143 (in French)
2. Bringham, R.J.: *The influence of molybdenum over the points and contact corrosion resistance of the austenitic stainless steels (Influence du molybdène sur résistance a corrosion par piqûres et par contact d'aciers inoxydables austénitiques)*. Matériaux et Techniques, March 1984, p. 127-135 (in French)
3. Chesa, I. et co.: *The choice and utilization of the steels*. "Tehnică" Publishing House, 1984, p. 491 (in Romanian)
4. Constant, A. et co.: *The base principals of the heat, thermomechanical and thermochemical treatments (Principes de base des traitements thermiques thermomécaniques et thermochimiques des aciers)*. PYC Edition, ISBN 2-85330-110-9, 1994, p. 375 (in French)
5. Rhodes, O.G., Habel, U., Eckenrod, J.J., Conway, J.J.: *Development, Properties and Applications of High Strength Corrosion Resistant High-Nitrogen Austenitic Stainless Steels Produced by HIP P/M*. Advanced Particulate Materials & Processes 1997. Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Particulate Materials & Processes, 1997
6. Raj, B.: *High nitrogen steels and stainless steels: Manufacturing, properties and applications*. Woodhead Publishing Limited, Abington, England, ISBN 1 84265 129 3, 2004

Lucrare primită în Noiembrie 2007
(și în formă revizuită în Februarie 2008)

Received in November 2007
(and revised form in February 2008)