

Sposób obróbki cieplnej stali bainityczno-austenitycznej

Przedmiotem wynalazku jest obróbka cieplna wyrobów – w szczególności blach – ze stali średniostopowej o strukturze nanokompozytowej bainityczno-austenitycznej.

Znane blachy stalowe o ultrawysokiej wytrzymałości stosowane między innymi na osłony antyudarowe i zabezpieczenia przed ostrzałem charakteryzują się niewystarczającą plastycznością, co nie zapewnia zadowalających właściwości użytkowych w wymienionych zastosowaniach.

Dotychczas stosowane obróbki hartowania bainitycznego z przemianą izotermiczną polegają na ochładzaniu wyrobu stalowego od temperatury trwałości austenitu do temperatury przemiany bainitycznej B_s ustalonej dla obrabianego gatunku stali typowo w zakresie 300-550°C i na krótkotrwałym wytrzymaniu w ośrodku chłodzącym (w tzw. kąpeli do hartowania izotermicznego) w tej temperaturze w czasie zapewniającym całkowite zajście przemiany bainitycznej. Dotychczas stosowane obróbki hartowania z przemianą izotermiczną powodują wytworzenie w stosowanych gatunkach stali struktury bainitu górnego i/lub dolnego, składającego się z ferrytu bainitycznego i wydzielen węglików.

Celem wynalazku jest taki sposób obróbki cieplnej, aby w rezultacie zapewnić powstanie nowego rodzaju struktury, będącej nanokompozytem składającym się z bezwęglkowego bainitu i pożądanej ilości austenitu, typowo 15-25 % objętościowych.

Sposób obróbki cieplnej wyrobów, w szczególności blach, według wynalazku, mający zastosowanie do stali średniostopowej o strukturze nanokompozytowej bainityczno-

austenitycznej zawierającej w procentach masowych: węgla 0,55 do 0,59%, manganu 1,95 do 2,10%, krzemu 1,75 do 1,90%, chromu 1,23 do 1,40%, molibdenu 0,70 do 0,80%, wanadu 0,09 do 0,12%, tytanu 0,006 do 0,009%, glinu 0,015 do 0,025%, fosforu maks. 0,015%, siarki maks. 0,015%, azotu maks. 0,0050%, tlenu maks. 0,0015% oraz żelazo i śladowe ilości nieuniknionych domieszek jest procesem składającym się z pięciu operacji następujących kolejno i bezpośrednio po sobie: nagrzewania do temperatury austenitowania w zakresie 945-955°C, austenitowania w temperaturze w zakresie 945-955°C w ciągu 10-60 minut, regulowanego chłodzenia od temperatury austenitowania do temperatury przemiany izotermicznej z szybkością w zakresie 60-600°C/min, wygrzewania w temperaturze przemiany izotermicznej T_{PI} równej $M_S + \Delta T$ (gdzie ΔT wynosi od 15 do 35°C) w ciągu 50-70 godzin oraz chłodzenia w spokojnym powietrzu po zakończeniu wygrzewania izotermicznego, przy czym dla obrabianej stali wartość temperatury przemiany martenzytycznej obliczana jest według wzoru:

$$M_S [^\circ\text{C}] = 540 - 425(\%C) - 30(\%Mn) - 12(\%Cr) - 7,5(\%Mo + \%Si)$$

oraz regulowane chłodzenie po operacji austenitowania wykonywane jest w taki sposób, aby w żadnym miejscu blachy i w żadnym momencie chłodzenia temperatura nie była niższa od wartości ($M_S + 15^\circ\text{C}$).

Sposób obróbki cieplnej według wynalazku jest nową odmianą klasy obróbek o nazwie „*hartowanie z przemianą izotermiczną*”, które polegają na ochładzaniu do temperatury powyżej M_S zazwyczaj w kąpielach hartowniczych uprzednio nagranych do temperatury trwałości austenitu wyrobów z odpowiednio dobranych gatunków stali i na wytrzymaniu w ośrodku chłodzącym w czasie zapewniającym całkowite zajście przemiany bainitycznej. Dotychczas stosowane obróbki hartowania z przemianą izotermiczną powodują wytworzenie w znanych gatunkach stali struktury bainitu górnego i/lub dolnego, składającego się z ferrytu bainitycznego i wydzieleni węglików, natomiast obróbka cieplna według

wynalazku zastosowana do gatunku stali średniostopowej zawierającej: węgla 0,55 do 0,59%, manganu 1,95 do 2,10%, krzemu 1,75 do 1,90%, chromu 1,23 do 1,40%, molibdenu 0,70 do 0,80%, wanadu 0,09 do 0,12%, tytanu 0,006 do 0,009%, glinu 0,015 do 0,025%, fosforu maks. 0,015%, siarki maks. 0,015%, azotu maks. 0,0050%, tlenu maks. 0,0015% oraz żelazo i śladowe ilości nieuniknionych domieszek, prowadzi do wytworzenia w wyrobach o grubości do 25 mm nowego rodzaju struktury w postaci bezwęglkowego nanokompozytu bainityczno-austenitycznego o unikatowym połączeniu wysokiej wytrzymałości i dobrej plastyczności, których wartości są znacznie wyższe od obecnie osiąganych w wyniku zastosowania „hartowania z przemianą izotermiczną”.

Obróbka cieplna według wynalazku charakteryzuje się tym, że ma zastosowanie do gatunku stali zawierającej: węgla 0,55 do 0,59%, manganu 1,95 do 2,10%, krzemu 1,75 do 1,90%, chromu 1,23 do 1,40%, molibdenu 0,70 do 0,80%, wanadu 0,09 do 0,12%, tytanu 0,006 do 0,009%, glinu 0,015 do 0,025%, fosforu maks. 0,015%, siarki maks. 0,015%, azotu maks. 0,0050%, tlenu maks. 0,0015% oraz żelazo i śladowe ilości nieuniknionych domieszek i że obejmuje operację regulowanego chłodzenia w ściśle określonym zakresie szybkości od temperatury austenitzowania do uzależnionej od składu chemicznego stali temperatury przemiany izotermicznej oraz – następującą bezpośrednio po chłodzeniu – operację wygrzewania izotermicznego w temperaturze uzależnionej od składu chemicznego stali. W wyniku zastosowania obróbki cieplnej według wynalazku, w wyrobach o grubości do 25 mm z gatunku stali o określonym składzie chemicznym powstaje struktura w postaci bezwęglkowego nanokompozytu bainityczno-austenitycznego, w wyniku czego wyroby poddane obróbce cieplnej według wynalazku uzyskują jednocześnie wysoką wytrzymałość i dobrą plastyczność.

Zastosowanie sposobu obróbki cieplnej według wynalazku do wytwarzania wyrobów ze stali nanokompozytowej bainityczno-austenitycznej przedstawiono w przykładzie.

Przykład:

Ze stali nanokompozytowej bainityczno-austenitycznej zawierającej w procentach masowych: 0,55%C; 2,02%Mn; 1,84%Si; 1,37%Cr; 0,74%Mo oraz mikrodotatki V i Ti rozdrabniające ziarno austenitu, charakteryzującej się temperaturą początku przemiany martenzytycznej równą 210°C obliczoną za pomocą wzoru:

$$M_s [^{\circ}\text{C}] = 540 - 425(\%C) - 30(\%Mn) - 12(\%Cr) - 7,5(\%Mo + \%Si),$$

metodą regulowanego walcowania na gorąco wykonano blachę o grubości 4 mm. Obróbkę cieplną według wynalazku wykonano z zastosowaniem następujących parametrów:

- nagrzewanie do temperatury austenitzowania 950°C przez włożenie blachy o temperaturze otoczenia do nagrzanego pieca z atmosferą argonową,
- wygrzewanie w komorze pieca o temperaturze 950°C w ciągu 10 minut,
- wyjęcie blachy z pieca i regulowane chłodzenie blachy strumieniem powietrza z szybkością średnią 1,5 °C/s do temperatury 230°C,
- bezpośrednio po chłodzeniu transport do pieca o temperaturze komory 225°C przeznaczonego do obróbki izotermicznej, nie powodujący spadku temperatury blachy poniżej 225°C i wygrzewanie w temperaturze 225°C w ciągu 70 godzin,
- wyjęcie blachy z pieca do obróbki izotermicznej i ochłodzenie w powietrzu do temperatury otoczenia.

Uzyskana blacha charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- struktura blachy jest nanokompozytem składającym się z nanolistew bainitu i z nanolistew austenitu, którego ilość w strukturze jest równa 23% objętościowych,

- właściwości mechaniczne blachy są następujące: twardość HV=565; granica plastyczności w próbie rozciągania $R_{0,2} = 1315$ MPa; wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 2020$ MPa; wydłużenie względne w próbie rozciągania $A_5 = 32\%$.

RZECENNIK PATENTOWY

mgr inż. Jeremi Marszałek
nr wpisu 757

INSTYTUT METALURGII ŻELAZA
IM. ST. STASZICA
ul. Karola Miarki 12-14, 44-100 Gliwice
REGON 000026867, NIP 631 020 08 19
- 3 -

Zastępca Dyrektora
ds. Naukowych

Prof. dr hab. Józef Paduch