

ОЦІНКА ЗДАТНОСТІ ДО ФОРМОЗМІНЮВАННЯ ЛИСТОВИХ ФЕРИТНИХ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ

В роботі проведено дослідження технологічної пластичності холоднокатаних зразків зі сталі 08X18T1 після завершальної рекристалізаційної обробки методом гідростатичного випучування. Встановлено, що покращення пластичних характеристик і підвищення стійкості пластичної деформації забезпечується додатковою термічною обробкою гарячекатаного підкату, яка забезпечує реалізацію процесів розпаду пересиченого атомами впровадження (вуглець, азот) високохромистого фериту.

Ключові слова: *напружено-деформований стан, формозмінювання, гідростатичне випучування, феритна корозійностійка сталь, технологічна пластичність, підкат, холоднокатаний лист.*

Вступ

Вибір оціночних критеріїв для прогнозування поведінки листової заготовки при операціях формозмінювання визначається характером напружено-деформованого стану, що реалізується в різних її частинах при конкретних операціях штампування.

Обмеження якоюсь конкретною групою характеристик, що визначаються при одновісному, двовісному чи складному напруженому стані, не може гарантувати позитивних результатів при виготовленні виробів шляхом штампування. Більшість методів технологічних випробувань дозволяють лише якісно порівняти певні характеристики матеріалу при конкретному впливі зовнішніх факторів.

При цьому результати випробувань, які характеризують поведінку матеріалу в умовах двоосьового напружено-деформованого стану, максимально наближені до натурних випробувань і тому можуть в більшій мірі відображати реальну картину здатності матеріалу до формозмінювання.

Матеріали та методика досліджень

В роботі досліджували холоднокатані (х/к) зразки зі сталі марки 08X18T1 після завершальної рекристалізаційної обробки із швидкістю руху штаби в агрегаті 9–12 м/хв ($\tau_{випр} = 1,5\text{--}2,3$ хв/мм). При такій швидкості руху температура металу на виході становила 960–980 °С.

Для оцінки динаміки карбідних перетворень перед холодною прокаткою за виробничих умов проводили додаткову термічну обробку гарячекатаного (г/к) підкату. Рулони феритних корозійностійких сталей відпалювали в ковпачкових печах при температурі 800 °С впродовж 4 годин. Подальше охолодження проводили під муфелем впродовж 33 годин. Високотемпературну обробку, а саме гартування з температур

900 °С, 1000 °С, 1100 °С виконували в прохідних роликових печах. Швидкість руху штаби в робочому просторі печі підтримувалась такою, щоб час витримки складав 1 хв/мм.

Дослідження технологічних властивостей проводили методом гідростатичного випучування на машині «Укрінмет МШ-70» із максимальним зусиллям на лист до 0,7 МН. Максимальний тиск для прижиму зразка верхньою опорою 50 МПа, а найбільше значення тиску рідини для випучування зразка 40 МПа.

Теорія та аналіз отриманих результатів

Схильність листового матеріалу із феритних корозійностійких сталей до витягування в роботі оцінювали за результатами випробувань на гідравлічне розтягування зразків записаних по периферії, при якому реалізується схема рівномірного двовісного напруженого стану.

Слід враховувати, що окрім технологічних аспектів, таких як характер навантаження і тип змашування, технологічні властивості металу залежать від структурного і текстурного факторів. Формування певного рівня технологічної пластичності в залежності від характеру структури необхідно розглядати в більш широкому аспекті ніж тільки при урахуванні зміни форми і розмірів зерен. При аналізі результатів одноосьового розтягування, оціночні критерії схильності матеріалу до витягування також визначаються і структурним станом твердого розчину по домішкам впровадження.

За умови відсутності проміжної термічної обробки г/к підкату, яка б сприяла очищенню високохромистого фериту (ВХФ) від надлишкових атомів вуглецю і азоту, в процесі штампування тонколистового металу із феритних корозійностійких сталей спостерігається значний брак по розривам.

З метою оптимізації технології виготовлення х/к листа, який би характеризувався високою технологічністю при операціях формозмінювання, проводили термічну обробку г/к підкату по режимах: відпал – 800 °С впродовж 4 годин; гартування – 900 °С, 1000 °С, 1100 °С – 1 хв/мм.

Результати випробувань х/к листового металу на гідростатичне випучування при відповідних режимах попередньої термічної обробки г/к підкату приведені в табл. 1.

Рівень технологічної пластичності оцінювали по величині відношення t_0/t_K , а також по інтенсивності деформації в полюсі лунки ϵ_K і висоті сферичного сегмента a :

$$\epsilon_K = \ln \frac{t_0}{t_K}, \quad (1)$$

де t_0 та t_K – початкова та кінцева товщина зразка в полюсі купола.

Здатність листової заготовки до формозмінювання визначається також характером деформаційного

зміцнення матеріалу, критерієм оцінки якого є інтенсивність напружень в полюсі лунки σ_K :

$$\sigma_K = \frac{P_K \cdot R_K}{2t_K}, \quad (2)$$

де P_K – максимальний тиск рідини;

R_K, t_K – значення радіуса кривини і товщини в полюсі купола лунки при тиску P_K .

Характер залежності показників технологічної проби від режимів термічної обробки певним чином відрізняється від поведінки оціночних критеріїв штампуємості, які отримані при одноосьовому розтягуванні [1].

В умовах одновісного напруженого стану максимальні значення досліджуваних характеристик, в залежності від товщини листа, спостерігали, як правило, при попередньому відпалюванні підкату при 800 °С – 4 год або при гартуванні з 1100 °С.

При технологічних випробуваннях, завдяки еквівалентних умов холодної деформації (товщина заготовки 1,0 мм), є можливість оцінити конкретний вплив режимів термічної обробки на формування кінцевого рівня властивостей.

Таблиця 1 – Результати випробувань на гідростатичне випучування

Марка сталі	Режим т/о г/к підкату	P , МПа	t_0 , мм	t_K , мм	t_0/t_K	ϵ_K	σ_K , МПа	a , мм
08Ю	Без т/о	5,0	0,95	0,88	1,08	0,080	167,2	0,34
		10,0		0,75	1,24	0,20	210,2	0,635
		12,0		0,63	1,51	0,410	225,2	0,833
		12,2		розрив				
08X18T1	Без т/о	10,0	1,10	1,03	1,07	0,066	265,4	0,377
		14,0		1,00	1,10	0,095	239,7	0,477
		20,0		0,85	1,27	0,240	324,9	0,725
		21,0		0,77	1,40	0,340	337,2	0,810
		21,5		розрив				
08X18T1	Гартування 900 °С – 1 хв/мм	10,0	1,08	1,02	1,05	0,060	265,0	0,370
		18,0		0,90	1,20	0,189	317,8	0,630
		20,0		0,84	1,29	0,250	322,6	0,739
		21,0		0,78	1,38	0,330	334,1	0,807
		22,0		розрив				
08X18T1	Гартування 1000 °С – 1 хв/мм	10,0	1,05	0,97	1,08	0,080	271,4	0,380
		18,0		0,92	1,14	0,13	313,8	0,520
		20,0		0,90	1,17	0,150	352,1	0,600
		21,0		0,73	1,44	0,360	334,0	0,800
		22,0		розрив				
08X18T1	Гартування 1100 °С – 1 хв/мм	5,0	1,03	0,99	1,04	0,040	214,9	0,235
		10,0		0,94	1,10	0,090	266,1	0,400
		15,0		0,86	1,20	0,180	295,9	0,590
		19,5		розрив				
08X18T1	Відпал 800 °С – 4 год	5,0	1,03	0,99	1,04	0,04	219,6	0,230
		10,0		0,95	1,08	0,08	270,0	0,390
		15,0		0,88	1,17	0,160	304,6	0,560
		19,0		0,73	1,41	0,340	332,1	0,785
		20,0		розрив				

Аналіз показників технологічної пластичності свідчить про те, що найнижча здатність до загального звуження спостерігається в листових заготовках, підкат яких був загартований з 1100 °С ($t_0/t_K = 1,20$; $\epsilon_K = 0,180$).

Виходячи із теоретичних міркувань така ситуація є цілком прогнозованою, адже в процесі високотемпературного нагрівання до 1100 °С відбувається інтенсивне збагачення твердого розчину атомами домішок впровадження [2], в результаті матеріал листової заготовки характеризується значним рівнем вихідної міцності. У зв'язку з цим для забезпечення пластичної плинності заготовки в зазор між матрицею і пуансоном необхідно прикладати великі напруження.

За умов формування гомогенної структури фериту в підкаті, яка не порушується і після завершальної рекристалізаційної обробки х/к листа, матеріал характеризується низьким деформаційним зміцненням на стадії рівномірної деформації. Величина напружень, при яких спостерігається поява локалізованої деформації, мало відрізняється від границі плинності.

У зразках г/к, підкат яких відпалювався при 800 °С – 4 год, а також після гартування 900 °С і 1000 °С показники технологічної пластичності були близькими за значеннями (див. табл. 1) мали певну перевагу у випадку проведення гартування з 1000 °С.

Наявність певної різниці в показниках ϵ_K для випадку відпалювання при 800 °С ($\epsilon_K = 0,340$) і гартування з 1000 °С ($\epsilon_K = 0,360$), вочевидь слід пояснювати не тільки с позицій різної концентрації елементів впровадження у ВХФ, а також слід враховувати і вплив розміру зерна. При умові попереднього відпалювання підкату при 800 °С – 4 год, в холоднокатаному листі після рекристалізації формується зерно більшого розміру, ніж після гартування з 1000 °С ($F_{800^\circ\text{C}} = 2500 \text{ мкм}^2$; $F_{1000^\circ\text{C}} = 2200 \text{ мкм}^2$) при аналогічних режимах холодної деформації (рис. 1).

В цілому слід зазначити, що цей метод технологічних випробувань є більш чутливим до зміни розмірів зерен, ніж до структурного стану твердого розчину. Такий висновок можна зробити, виходячи із аналізу показників інтенсивності деформації ϵ_K для зразків, г/к підкат яких взагалі не підлягав термічній обробці, а після рекристалізації х/к листа стабілізується структура із підвищеною концентрацією елементів впровадження розчинених в об'ємі сталі.

При цьому негативний вплив домішок впровадження на технологічну пластичність в даному випадку перекривається фактором, який діє в позитивному напрямку і пов'язаний із формуванням (при даних термочасових умовах отримання х/к листа) структури із більш дрібним зерном.

Таким чином, на основі проведених випробувань на гідростатичне випучування можна зробити висновок, що цей вид технологічної проби є менш чутливим щодо структурних змін, які можуть відбуватись в фе-

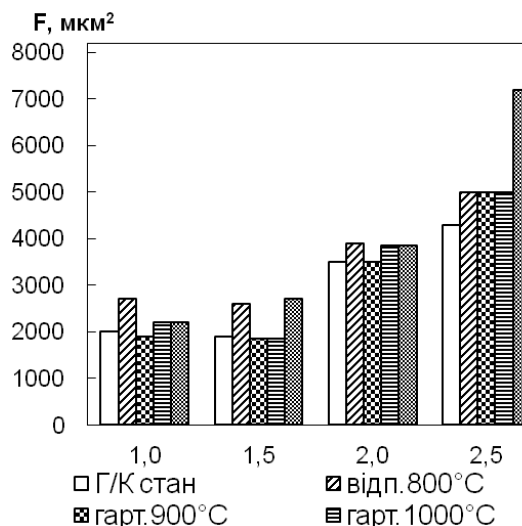


Рис. 1. Залежність площі зерна від термодформаційних умов обробки підкату

ритних корозійностійких сталях при певних режимах обробки, ніж характеристики, які визначаються при одновісному розтягуванні.

Тому саме результати механічних випробувань повинні мати пріоритетне значення при виборі оптимальних режимів виготовлення х/к листа, який би характеризувався високою схильністю до формозмінювання.

Висновки

Показано, що холоднокатаний листовий прокат із пересиченим атомами вуглецю і азоту твердим розчином характеризується низькими значеннями технологічної пластичності (ϵ_K) і деформаційного зміцнення (σ_K). Покращення пластичних характеристик і підвищення стійкості пластичної деформації забезпечується додатковою термічною обробкою гарячекатаного підкату (відпал 800 °С – 4 год, гартування 1000 °С – 1 хв/мм) при яких відбуваються процеси розпаду пересиченого високохромистого фериту.

Список літератури

1. Ольшанецький В. Ю. Математичне моделювання зв'язків між показниками штампованості корозійностійких феритних сталей і технологічними параметрами їх виробництва / Ольшанецький В. Ю., Грешта В. Л., Бондаренко А. Л. // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2002. – № 2. – С. 78–83.
2. Растворимость углерода в высокохромистой стали X25 и ее свойства / [Саррак В. И., Томили И. А., Суворова С. О. и др.] // Взаимодействие дефектов кристаллической решетки и свойства металлов. – Тула. – 1983. – С. 149–156.

Одержано 12.09.2014

Грешта В.Л. Оценка способности к формоизменению листовых ферритных коррозионнстойких сталей по результатам технологических испытаний

В работе проведено исследование технологической пластичности холоднокатаных образцов из стали 08X18T1 после заключительной рекристаллизационной обработки методом гидростатического выпучивания. Установлено, что повышение пластических характеристик и повышение устойчивости пластической деформации обеспечивается дополнительной термической обработкой горячекатаного подката, которая способствует реализации процессов распада пересыщенного атомами внедрения (углерод, азот) высокохромистого феррита.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, формоизменение, гидростатическое выпучивание, ферритная коррозионнстойкая сталь, технологическая пластичность, подкат, холоднокатаный лист.*

Greshta V. Sheet formability evaluation of ferritic corrosion resistant steel by the results of technological test

The research of technological plasticity of cold-rolled steel samples 08X18T1 after the final recrystallization processing by hydrostatic buckling is carried out in this paper. It was found that the increasing of plastic characteristics and improving of the resistance to plastic deformation is assured by the additional heat treatment of semi-finished hot-rolled product that promotes the implementation of the disintegration process of supersaturated high-chromium ferrite.

Key words: *stress-strain state, forming, hydrostatic buckling of ferritic stainless steel, ductility, rolled up, cold-rolled sheet.*
