

# К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ВЛИЯНИЯ СИЛИКОКАЛЬЦИЯ НА ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ И ОДНОРОДНОСТИ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

Л.Л.Пятакова

В ряде работ [1-3 и др.] показано положительное влияние малых добавок силикокальция на уровень ударной вязкости и температуру порога хладноломкости конструкционной стали.

В большинстве работ указанное влияние силикокальция объясняется уменьшением содержания в стали газов (кислорода, водорода) и неметаллических включений (главным образом глинозема), а также изменением состава и строения этих включений [1,2,4].

В процессе исследования влияния малых добавок силикокальция на структуру и свойства низколегированной строительной стали марок ЮР2С1 и 15ХСНД производства Днепровского металлургического завода, кроме указанного воздействия силикокальция, обнаружено существенное его влияние на формирование структуры в процессе вторичной кристаллизации стали, т.е. при распаде переохлажденного аустенита.

Исследованию подвергались сталь ЮР2С1 с добавками силикокальция (2000 г/т) и сталь аналогичного состава без добавок силикокальция. Исследование структуры и свойств стали производилось как в горячекатанном состоянии, так и после различных видов термической обработки.

Добавки силикокальция способствуют (при одних и тех же условиях охлаждения после прокатки металла) получению более равновесной структуры. При введении в сталь силикокальция структура стали состоит из феррита и сорбитообразного перлита. В стали без добавок силикокальция наряду с перлитными участками образуется структура игольчатого троостита и в отдельных объемах даже мартенсита.

Микротвердость отдельных участков мартенситного строения в стали без добавок силикокальция составила около 350-400 единиц в переводе на шкалу Виккерса, в то время как максимальные значения микротвердости отдельных структурных составляющих в стали с добавками силикокальция не превышали 200 единиц.

Получение структуры первого типа сопровождается резким падением ударной вязкости стали при температуре - 40<sup>о</sup>С, по сравнению с

ударной вязкостью стали той же марки, но имеющей структуру второго типа.

Влияние силикокальция на получение при одних и тех же скоростях охлаждения более равновесных структур, т.е. по существу на уменьшение при определенных условиях устойчивости переохлажденного аустенита, наблюдается при нормализации стали из межкритического интервала температур. При этом в стали без добавок силикокальция наблюдается образование участков с неравновесной структурой, что сопровождается получением резко пониженных значений ударной вязкости, особенно при отрицательных температурах испытания.

В стали с добавками силикокальция после нормализации из межкритического интервала температур наблюдается лишь небольшое снижение ударной вязкости по сравнению с этой же характеристикой, полученной после нормализации с 950°C. Соответствующие данные приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I

Влияние силикокальция и температуры нагрева при нормализации на ударную вязкость стали 10Г2С1

| № плавки<br>и наличие<br>силикокаль-<br>ция | Ударная вязкость, кгм/см <sup>2</sup> |                            |                       |                            |
|---|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
|   | При +20°C                             |                            | При -40°C             |                            |
|   | Нормализация<br>950°C                 | Норма-<br>лизация<br>800°C | Нормализация<br>950°C | Норма-<br>лизация<br>800°C |
| I   | 2                                     | 3                          | 4                     | 5                          |
| 13170                                       | 21,2                                  | 5,6                        | 17,3                  | 2,1                        |
| Без SiCa                                    | 21,3                                  | 6,6                        | 17,4                  | 2,1                        |
|   | 22,3                                  | 6,9                        | 13,7                  | 2,5                        |
| 11821                                       | 23,2                                  | 15,0                       | 18,5                  | 4,1                        |
| Без SiCa                                    | 21,0                                  | 17,3                       | 17,0                  | 13,0                       |
|   | 22,3                                  | 10,4                       | 19,0                  | 3,0                        |

| 1      | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------|------|------|------|------|
| И390   | 25,3 | -    | 20,0 | 18,3 |
| с SiCa | 23,0 | -    | 21,2 | 17,2 |
|        | 24,0 | -    | 22,1 | 17,0 |
| И3734  | 24,2 | 24,3 | 18,2 | 13,5 |
| с SiCa | 24,2 | 25,0 | 20,0 | 16,3 |
|        | 25,8 | 25,2 | 16,8 | 10,3 |

Следует подчеркнуть, что в случае нормализации с температуры  $950^{\circ}\text{C}$  (при испытаниях до температуры  $-40^{\circ}\text{C}$  включительно) ударная вязкость всех исследованных сталей находилась на высоком уровне. Небольшое положительное влияние силикокальция сказывалось лишь при более низких температурах испытания.

Отмеченное выше неблагоприятное влияние снижения температуры нагрева под нормализацию до температуры межкритического интервала на уровень ударной вязкости стали может быть связано с перераспределением углерода между  $\alpha$ - и  $\gamma$ -железом и обогащением аустенита углеродом, что приводит к увеличению прокаливаемости отдельных участков и созданию гетерогенной структуры [5].

Указанное предположение о наличии повышенного содержания углерода в аустените при нагреве стали в интервале температур  $750-800^{\circ}\text{C}$  было косвенно подтверждено при определении зависимости количества остаточного аустенита от температуры нагрева под закалку при промежуточной скорости охлаждения (рис.1). Время выдержки при температуре нагрева равнялось 2 часам.

Благоприятное влияние силикокальция может быть в этом случае связано с его влиянием на уменьшение скорости и степени перераспределения углерода между  $\alpha$ - и  $\gamma$ -железом, снижение содержания углерода в участках аустенита и уменьшение его прокаливаемости. Подтверждением указанного вывода может служить, кроме микроструктур и данных по уровню ударной вязкости стали, сравнение кривых 1 и 2 на рис.1, которое показывает заметное влияние силикокальция на

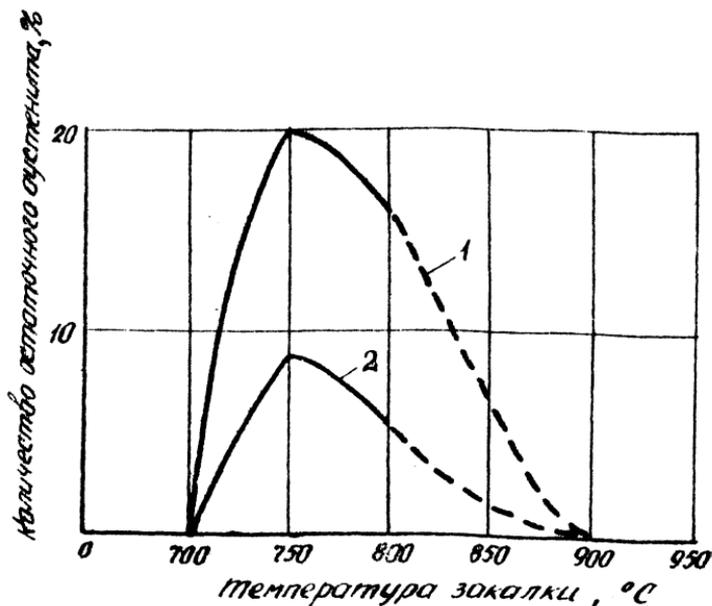


Рис. I

Влияние силикокальция на количество остаточного аустенита в стали 10Г2С1 после закалки с различных температур:

- 1 - сталь без добавок Si Ca  
 2 - сталь с добавками Si Ca .

уменьшение количества остаточного аустенита, определяемое содержанием углерода в участках аустенита стали 10Г2С1.

Нами наблюдалась некоторая тенденция к уменьшению устойчивости аустенита и прокаливаемости и при нагреве стали 10Г2С1 выше температуры  $A_{с3}$ , но она была слабо выражена и практически не отражалась на уровне свойств. Влияние силикокальция на устойчивость переохлажденного аустенита, а через него - на структуру и ударную вязкость, четко выявляется при нагреве и выдержке стали в межкритическом интервале температур или, возможно, при замедленном охлаждении стали в этом интервале температур, например после ее прокатки.

## В ы в о д ы

1. Влияние силикокальция на ударную вязкость низколегированной строительной стали может быть связано с процессами диффузии углерода и его распределением и перераспределением при нагреве и охлаждении стали в области двухфазных структур.

2. Показана возможность влияния силикокальция при ряде режимов термической обработки на уменьшение устойчивости аустенита, что создает условия получения более однородных структур, а отсюда более высокого уровня ударной вязкости стали.

## Л и т е р а т у р а

1. Ю. А. Ш у л ь т е . Неметаллические включения в электро-стали. "Металлургия", 1964.

2. И. Е. С т а р ц е в а , В. Г. М о р о з , Е. А. С у д а - р е в а . Митом, №11, 1966.

3. Л. Л. П я т а к о в а , Л. М. К у з н е ц о в а , В. А. Н и - к и т с к а я . Сб. "Повышение качества сталей и сплавов путем легирования редкими и редкоземельными элементами". Институт проблем литья АН УССР, Киев-Одесса, №2, 1968.

4. С. И. Б е л о к у р о в , Б. Л. Т и м о ф е е в . Биллетень технической информации №1 Трубногo завода им. Карла Либкнехта. Днепропетровск, 1957.

5. Е. М. Ш е в а н д и я . Склонность к хрупкости низколеги-рованных сталей. М., Metallurgizdat, 1953.