

## ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НИТРОЦЕМЕНТИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ

В настоящей работе исследовалось влияние микроструктуры нитроцементированных сталей 20ХНР, 25ХГТ, 25ХГМ на усталостную прочность. Нитроцементация проводилась в безмуфельном агрегате при температуре  $860 \pm 10^\circ\text{C}$  при различном темпе толкания с последующей закалкой от  $800^\circ\text{C}$  в масле марки МС-2С при температуре  $170 \pm 20^\circ$  и отпуском  $180 \pm 10^\circ\text{C}$  в течение 6 часов.

Глубина нитроцементированного слоя составляла 0,55; 0,80; 1,10 мм. Независимо от глубины нитроцементированного слоя исследуемые стали имели аустенитно-мартенситную микроструктуру с различным количеством остаточного аустенита. Наибольшее количество остаточного аустенита находилось на некотором расстоянии от поверхности.

В отдельных партиях в нитроцементированном слое имелись карбонитридная фаза и троостит. Микроструктура сердцевины сталей 20 ХНР, 25ХГТ - малоуглеродистый мартенсит, а у стали 25 ХГМ обнаружено некоторое количество феррита /не более 10%/. При глубине 0,55 мм количество остаточного аустенита в нитроцементированном слое составило 54-64%, при глубине 0,80-1,10 мм оно изменялось незначительно и составляет 56-75%. Максимальное количество остаточного аустенита наблюдалось в нитроцементированном слое стали 25ХГМ, минимальное - стали 20ХНР.

Несмотря на значительное количество остаточного аустенита микротвердость нитроцементированного слоя была высокой и находилась в пределах 824-894 Н<sub>μ</sub>. Наличие остаточного аустенита в количестве 54-75% при сохранении высокой микротвердости нитроцементированного слоя не снизило предел выносливости.

В табл. I приводятся данные по величине предела выносливости в зависимости от количества остаточного аустенита при неизменяющейся глубине нитроцементированного слоя.

Т а б л и ц а 1

Глубина слоя, мм	20ХНР		25ХГМ		25ХГТ	
	к-во О.А.,%	$\sigma_{1,2}$ кг/мм <sup>2</sup>	к-во О.А.,%	$\sigma_{1,2}$ кг/мм <sup>2</sup>	к-во О.А.,%	$\sigma_{1,2}$ кг/мм <sup>2</sup>
0,80	56	105	75	105	55	97,5
0,80	65	105	70	103,5	65	97,5
1,10	48	III	-	-	60	94,5
1,10	55	108,75	-	-	75	97,5

Обработка холодом при  $-60^{\circ}\text{C}$  вызвала уменьшение количества остаточного аустенита, но при этом предел выносливости также уменьшался. В таблице 2 приводятся данные величины предела выносливости образцов, испытанных до и после обработки холодом.

Т а б л и ц а 2

Марка стали	Предел выносливости, кг/мм <sup>2</sup>		Уменьшение предела вы- носливости, %	Твердость, HRC		% остаточ- но аустенита	
	до обра- ботки хо- лодом	после об- работки холодом		до обра- ботки холодом	после обра- ботки холо- дом	до обра- ботки холо- дом	после обра- ботки холо- дом
20ХНР	106	98	8	58-59	61-62	48	25
25ХГТ	96	81	16	58-59	62-63	66	40
25ХГМ	104	90	14	59-60	62-63	75	43

После обработки холодом твердость нитроцементированного слоя увеличивалась на 3-4 единицы HRC.

Можно предположить, что увеличение твердости нитроцементированного слоя за счет распада остаточного аустенита, приводя к уменьшению количества пластической составляющей /аустенит/ в слое, затрудняет протекание в нем пластической деформации, способствует ускорению разрушения. Тростит в нитроцементированном слое располагается на различной глубине по границам зерен или в виде

сплошной полосы. При глубине залегания троостита до 0,03 мм в виде тонкой разорванной сетки сохраняется высокая твердость нитроцементированного слоя и величина предела выносливости не изменяется. Троостит, расположенный на глубине 0,07 мм от поверхности, понижает, например, для стали 20ХНР предел выносливости со 105 кг/мм<sup>2</sup> до 90 кг/мм<sup>2</sup>. Карбонитридная фаза в нитроцементированном слое находится в сочетании с аустенитно-мартенситной структурой и имеется в большинстве случаев при глубине нитроцементированного слоя свыше 0,80 мм.

Наиболее часто встречаются отдельные карбонитриды, которые не оказывают влияния на величину предела выносливости. Карбонитриды клиновидной формы при их расположении на глубину 0,1 мм понижают предел выносливости для стали 25ХГМ на 12% - со 105 до 90 мм<sup>2</sup>. Карбонитриды кустообразной формы в сочетании с трооститом для стали 25ХГМ вызывают понижение микротвердости до  $H_{50} = 572$  /вместо  $H_{50} = 824 - 894/$ , приводят к уменьшению предела выносливости до 30% (со 105 до 73 кг/мм<sup>2</sup>). Наличие в сердцевине феррита до 7-10% вызывает понижение предела выносливости до 10% (со 105 до 95 кг/мм<sup>2</sup>).

## В ы в о д ы

1. Увеличение глубины распространения зоны аустенита не оказывает влияния на предел выносливости.

2. Повышенное количество остаточного аустенита в пределах 54-75% не уменьшает предел выносливости при условии высокой твердости нитроцементированного слоя.

3. Влияние карбонитридной фазы на предел выносливости зависит от формы и характера ее распределения, отдельные разрозненные включения карбонитридов не влияют на предел выносливости, карбонитридная фаза клиновидной и кустообразной формы в сочетании с трооститом понижает его.

4. Наличие троостита на глубине до 0,03 мм от поверхности в виде тонкой разорванной сетки по границам зерен при условии сохранения высокой твердости не влияет на предел выносливости, однако при большой глубине приводит к его понижению.

5. Феррит в сердцевине в количестве 7-10% понижает предел

выносливости на 10%.

6. Уменьшение остаточного аустенита обработкой холодом для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, приводит к понижению предела выносливости.