

Исследование влияния атмосферы азота с добавкой метана на обезуглероживание сталей при термической обработке

Многие инструментальные производства нуждаются в недорогой, но эффективной технологии безокислительной и необезуглероживающей чистой закалки. Научно-производственная компания «Накал» поставляет закалочные комплексы, оснащенные системой подачи защитной атмосферы, состоящей из азота ОС-4 (чистотой 99,99%) с добавкой 4,5–5% CH_4 . Смесь поставляется в 40 л баллонах непосредственно с печью. Защитная атмосфера поступает в жаропрочный ящик, в который загружаются изделия. После продувки ящика с изделиями в течение 10 минут при расходе смеси ($\text{N}_2 + \text{CH}_4$) около 40 л/ч он загружается в печь для нагрева изделий под закалку. В процессе нагрева, выдержки и вплоть до загрузки изделий в закалочную ванну они находятся в защитной атмосфере.

С целью эффективности защитного воздействия атмосферы азота с добавкой метана при термической обработке различных сталей проведено исследование глубины обезуглероживания при нагреве образцов из сталей 40Х, 60С2 и 9ХС при нагреве в воздушной атмосфере и защитной атмосфере $\text{N}_2 + \text{CH}_4$ по одним и тем же температурно-временным параметрам.

Термическую обработку образцов проводили в печи ПКМ 3.6.2/11-3К (закалочный комплекс для безокислительной закалки). Все образцы для исследования были термообработаны по одинаковому режиму (860°C, 45 мин., закалка в масло) в воздушной атмосфере и при подаче смеси $\text{N}_2 + \text{CH}_4$ в количестве 60 л/ч и 120 л/ч.

Методика исследования

После термообработки на образцах были приготовлены микрошлифы в сечении перпендикулярном поверхности.

Микроструктуру металла выявляли травлением в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты.

Изучение микрошлифов проводили на металлографическом микроскопе Нефот-21.

Микротвердость образцов измеряли на приборе М-400 фирмы «ЛЕКО» (ФРГ) при нагрузках от 100 г до 1000 г.

Глубину обезуглероживания определяли металлографическим (микроскопическим) методом с использованием окуляр-микрометра и методом измерения микротвердости.

Результаты исследования

Типичные фотографии микроструктуры исследованных образцов приведены на рисунке, а результаты измерений глубины обезуглероживания обобщены в таблице.

Сравнение данных, полученных, для трех исследованных сталей при нагреве в воздушной атмосфере показывает, что в образцах всех сталей наблюдаются зоны полного и частичного обезуглероживания. При этом с увеличением содержания углерода в сталях общая глубина обезуглероживания уменьшается от 0,25 мм для стали 40Х до 0,09 мм для стали 9ХС при измерении микроскопическим методом и соответственно от 0,35 до 0,19 мм при измерении методом микротвердости.

Метод измерения микротвердости позволяет более точно определить глубину обезуглероживания в закаленных сталях, поскольку градиент содержания углерода практически не влияет на вид микроструктуры в зоне частичного обезуглероживания, но выявляется при измерении твердости.

Применение защитной атмосферы $N_2 + CH_4$ с расходом 60 л/ч позволяет практически исключить полное обезуглероживание и значительно уменьшает частичное обезуглероживание. Общая глубина обезуглероживания, измеренная методом микротвердости, при этих условиях нагрева уменьшается почти в 2 раза (см. табл.).

При увеличении расхода защитной атмосферы до 120 л/ч глубина обезуглероживания образцов стали 60С2 уменьшается почти в 3 раза (до 0,13 мм), а образцов стали 9ХС – в 6 раз (до 0,03 мм).

Полученные результаты позволяют заключить, что использование смеси $N_2 + CH_4$ при нагреве сталей с содержанием углерода от 0,4% до 0,9% (конструкционных, рессорно-пружинных и инструментальных) под закалку обеспечивает эффективную защиту от обезуглероживания.

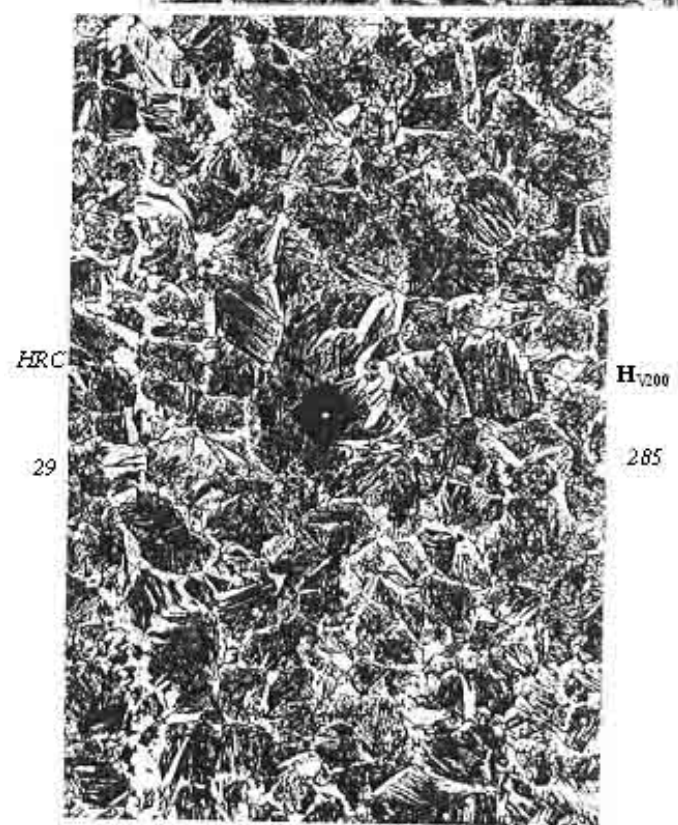
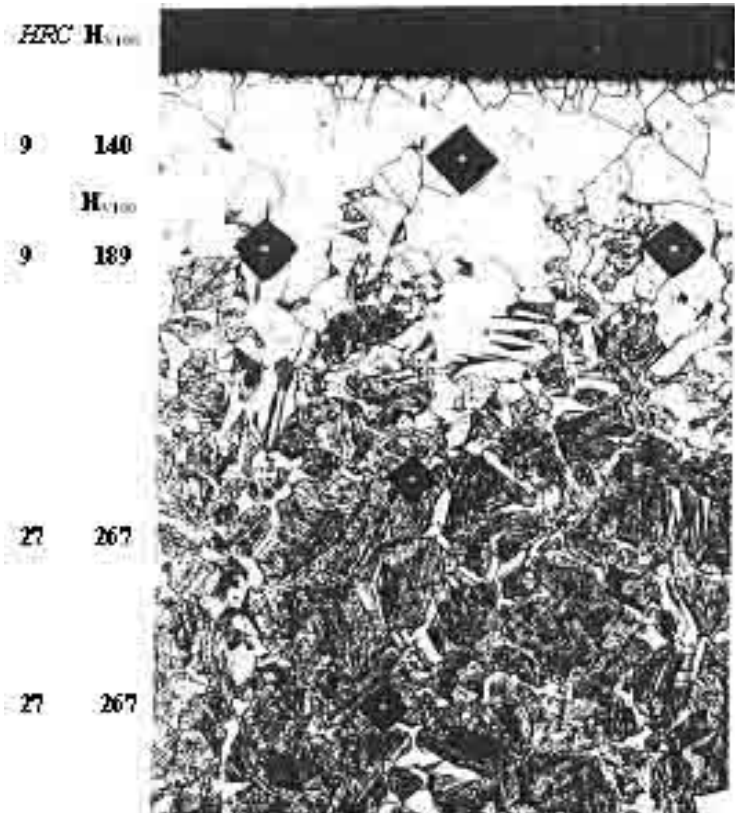
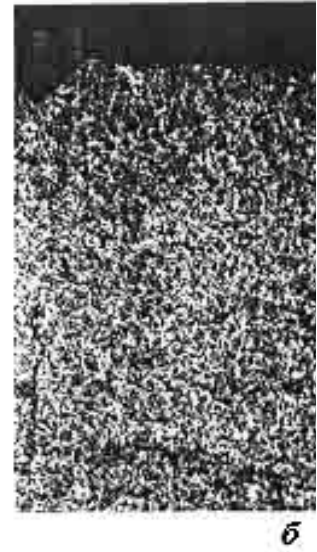
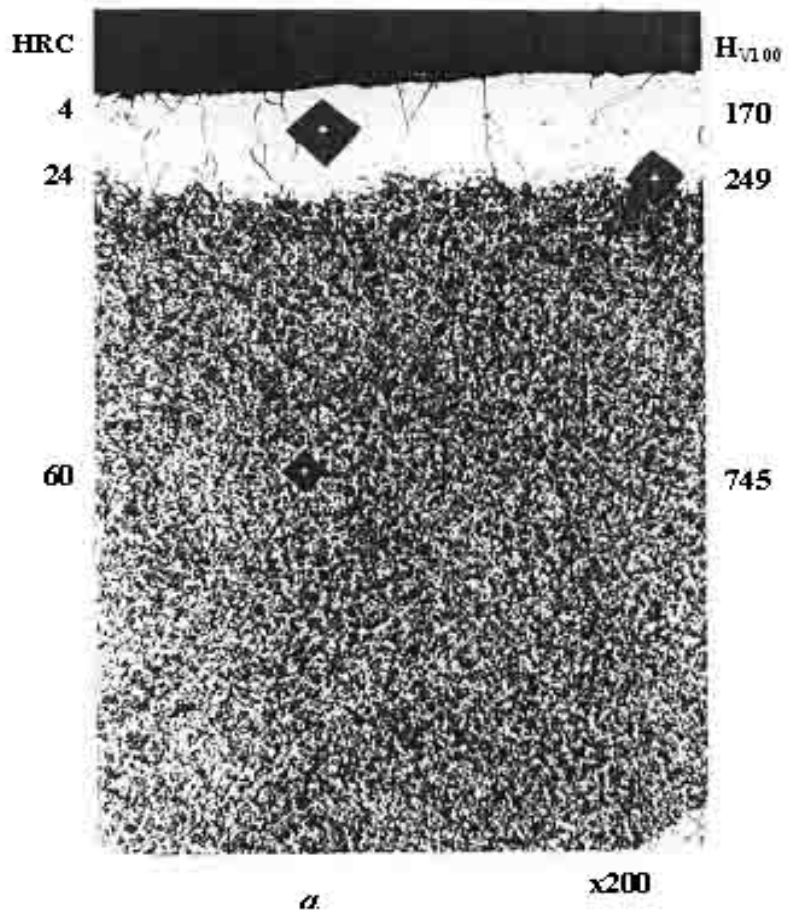


Рисунок. Микроструктура образца из стали 40Х после термообработки по режиму 860°С, 45 мин., закалка в масле, нагрев в воздушной атмосфере: **а** – у поверхности; **б** – в середине; x200.

Таблица

Результаты измерений глубины обезуглероживания в исследованных образцах металлографическим методом и методом микротвердости

Марка стали	№ образца	Режим термической обработки				Микроскопическое измерение			Измерение методом микротвердости
		температура, °С	время выдержки, мин	охлажд. среда	расход N ₂ + 5%СН ₄ , л/ч	полное обезугл., мм	частичное обезугл., мм	общая глубина обезугл., мм	общая глубина обезугл., мм
40Х	1	860	45	масло	0	0,11	0,14	0,25	0,35
60С2	4	860	45	масло	0	0,05	0,10	0,15	0,33
	5	860	45	масло	60	-	0,06	0,06	0,18
	6	860	45	масло	120	-	0,06	0,06	0,13
9ХС	7	860	45	масло	0	0,07	0,02	0,09	0,19
	8	860	45	масло	60	-	0,02	0,02	0,10
	9	860	45	масло	120	-	>0,01	>0,01	0,03



b

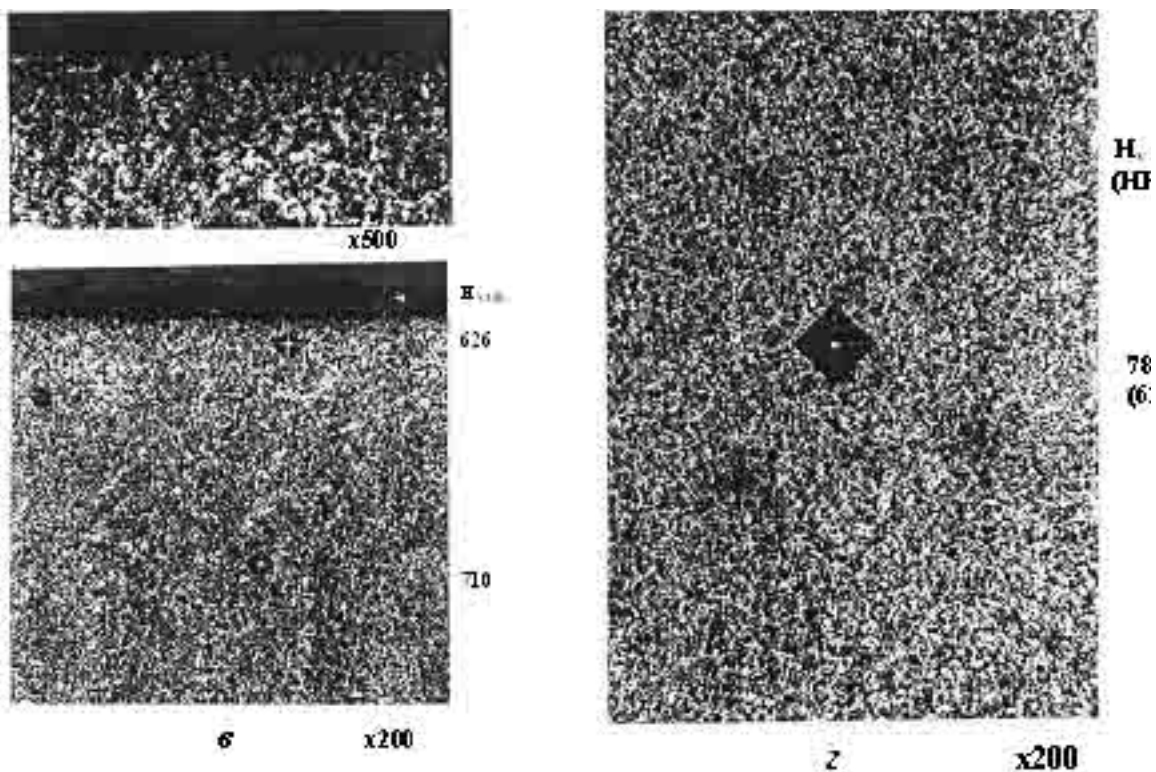


Рисунок. Микроструктура у поверхности (**а** – **в**) и в центре (**г**) образцов из стали 9ХС после термообработки по режиму 860°С, 45 мин., закалка в масло: **а** – нагрев в воздушной атмосфере; **б** – нагрев в атмосфере N₂ + 5%CH₄ с расходом смеси 60 л/ч, **в** – нагрев в атмосфере N₂ + 5%CH₄ с расходом смеси 120 л/ч. На рис. **б**, **в** микроструктура у поверхности показана при увеличениях x200 и x500.