

Для производственных условий при приготовлении насыщающих смесей вместо хромирующей смеси, содержащей дефицитный и дорогой порошок Х75, можно применять такое же количество хромирующей смеси, полученной методом алюмотермии.

По параметрам опыта основного уровня была проведена обработка горелок конвертора метана и сатуратора Вентури в условиях ПО "Азот", которые в настоящее время находятся на производственных испытаниях.

УДК 669.14.017.3 + 669.14:620.17

С.Э.Розенберг, канд.техн.наук  
(МТЗ), В.В.Сурков, канд.техн.  
наук (БПИ), В.В.Новик\* (МТЗ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ 40Х2АФЕ

Для исследования была использована плавка стали 40Х2АФЕ состава (% по массе): С - 0,37; N - 0,03; Cr - 2,29; V - 0,12; Se - 0,06; Mn - 0,31; Si - 0,37; S - 0,03; P - 0,02. Определение критических точек, построение термокинетической и изотермической (С-образной) диаграмм распада переохлажденного аустенита проводилось на dilatометре ДКМ с вертикальным расположением образца и эталона. Дополнительно исследовалась микроструктура и определялась твердость образцов. Критические точки определялись дифференциальным методом с использованием пиросного эталона (скорость нагрева и охлаждения - 2°/мин - задавалась программным устройством РУ5-01). Сталь 40Х2АФЕ обладает своеобразием значений критических точек. В то время как при нагреве гистерезис  $A_{C_3} - A_{C_1}$  составляет 55°, при охлаждении  $A_{C_3} - A_{C_1}$  - всего лишь 20°:

Сталь	$A_{C_1}$	$A_{C_3}$	$A_{C_1}$	$A_{C_3}$	$M_H$
40Х2АФЕ	805	860	760	780	315
40Х	743	782	693	730	325

Такая особенность - весьма ценное свойство, так как позволяет даже при значительном подстуживании с закалочных температур

\* В работе принимал участие В.А.Воробьев.

не опасаться появления в структуре закалки избыточного феррита, возникающего при  $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращении в интервале  $A_{c3} - A_{c1}$ .

Учитывая, что сталь 40X2AФЕ не склонна к перегреву (величина наследственного зерна при 930°C соответствовала 8–9 баллу, а действительного зерна при 1100°C – 8 баллу), можно считать ее весьма устойчивой к случайным колебаниям температуры аустенизации в процессе термообработки. Об этом свидетельствует и зависимость твердости стали 40X2AФЕ, закаленной с разных температур:

$t_{\text{зак}}, ^\circ\text{C}$	1000	950	900	850	810	770
HRC	57,0	56,0	56,0	56,0	50,0	20,0

При построении изотермической диаграммы распада переохлажденного аустенита образцы ( $\varnothing 3,5$  мм, 1 – 50 мм) нагревались до 950°C и после 10-минутной выдержки перебрасывались в свинцовую ванну. Сравнение полученной нами изотермической диаграммы с диаграммой стали 40X [2] показывает (рис. 1), что устойчивость аустенита исследуемой стали во всем

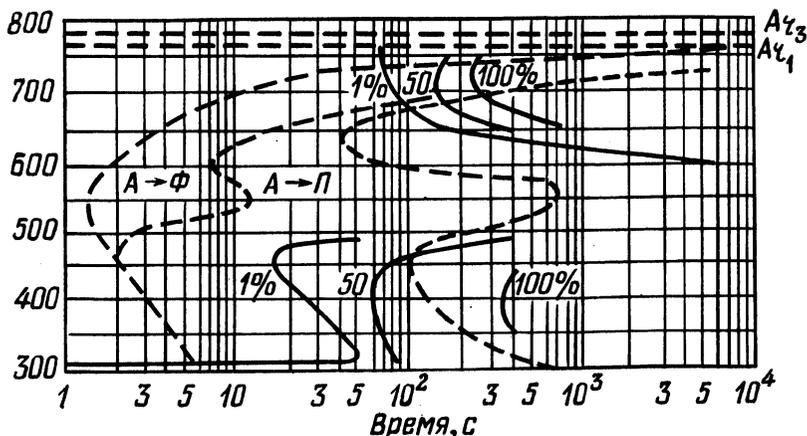


Рис. 1. Изотермические диаграммы распада аустенита: сплошные линии — сталь 40X2AФЕ; штриховые — 40X.

интервале субкритических температур значительно выше, чем у стали 40X. Этот факт находит подтверждение и в увеличении прокаливаемости стали 40X2AФЕ по сравнению с 40X. Критический диаметр закалки в масле, определенный методом торцевой закалки, составил соответственно 105 и 26 мм.

Поскольку при проведении основных операций термической обработки таких, как отжиг, закалка или нормализация, процес-

сы превращения аустенита происходят при непрерывном охлаждении, большое значение имеют термокинетические диаграммы, характеризующие распад аустенита при охлаждении с различной скоростью. В данной работе изменение скорости достигалось путем помещения dilatометрического образца в различные среды (тигель с песком, асбестовый футляр и т. п.). Температура образца контролировалась с помощью ХА-термопары, закрепленной в теле образца. Полученная термокинетическая диаграмма приведена на рис. 2.

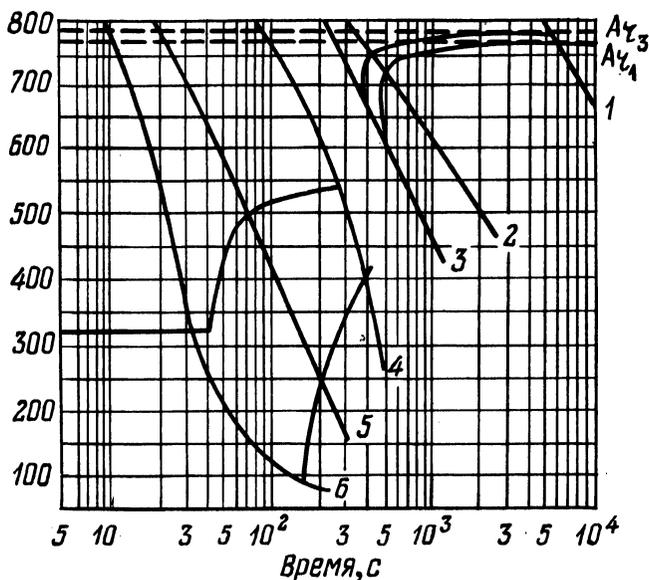


Рис. 2. Термокинетическая диаграмма распада аустенита стали 40Х2АФЕ:

1 - 2°/мин; 2 - печь; 3 - песок; 4 - асбест; 5 - воздух; 6 - масло.

Проведенное исследование позволило предположить, что существующий режим термической обработки шатуна тракторного двигателя послековки (нормализация + улучшение) может быть существенно сокращен путем исключения нормализации, применяющейся для измельчения зерна послековки. Поскольку температура окончанияковки не превышает 1100°С, при которой рост аустенитного зерна не происходит, то проведение нормализации не дает нужного эффекта. Более того, как следует из рис. 2 (кривая 5), в процессе нормализации образуется бейнитная структура, приводящая после окончательной термообработки к повышенной деформации детали и затрудняющая процессы гомогенизации аустенита при нагреве под закалку.

Таблица 1. Механические свойства сталей 40Х2АФЕ и 40Х

Сталь	Термообработка	Часть шатуна	Механические свойства					НВ
			$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_B$ МПа	$\delta, \%$	$\psi, \%$	$a_{ch}$ кгс/см <sup>2</sup> М/см <sup>2</sup>	
40Х2АФЕ	Улучшение	Головка	79,5	91,5	21	64,0	12,6	225
		Тавр	76,0	89,0	21	64,5	10,9	262
	Улучшение + + нормализация	Головка	73,0	85,0	21	63,5	13,1	255
		Тавр	76,0	87,5	22	62,5	13,6	255
40Х	Улучшение	Головка	67,5	86,0	20	56,0	15,1	235
		Тавр	75,5	88,0	18	56,0	14,5	262
	Улучшение + + нормализация	Головка	59,5	79,0	21	56,0	14,0	248
		Тавр	71,5	87,0	17	59,0	12,6	255

Примечание. Режимы термообработки. Сталь 40Х2АФЕ (нормализация:  $t=900^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 2,5$  ч; закалка:  $t = 910^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 2$  ч; отпуск:  $t = 670^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 3,5$  ч). Сталь 40Х (нормализация:  $t = 880^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 2,5$  ч; закалка:  $t = 860^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 2$  ч; отпуск:  $t = 660^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 3,5$  ч).

Для проверки высказанного предположения было проведено определение механических свойств образцов, вырезанных из попокков шатунов, обработанных по режимам: 1 – улучшение; 2 – нормализация + улучшение. Образцы для испытаний вырезались из самой толстой части шатуна (большая головка), где уков был наименьший, и из самой тонкой части (тавр.).

Сравнение данных, приведенных в табл. 3, показывает, что уровень механических свойств в случае отсутствия нормализации выше. Этот факт находится в полном согласии с выводами, полученными в результате изучения превращений, происходящих при нагреве и охлаждении стали 40Х2АФЕ. Тем не менее без стендовых испытаний окончательное заключение об отмене нормализации делать преждевременно.

УДК 669.14.018,25:539.42

А.С. Чаус, инженер, А.П. Дубко, инженер,  
Ф.И. Рудницкий, инженер (БПИ)

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОД ЗАКАЛКУ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

В работе исследовано влияние температуры нагрева под закалку на структуру и свойства литой и деформированной быстрорежущих сталей (табл. 1).