

Таблица 1. Механические свойства сталей 40Х2АФЕ и 40Х

Сталь	Термообработка	Часть шатуна	Механические свойства					НВ
			$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B МПа	$\delta, \%$	$\psi, \%$	a_{ch} кгс/см ² М/см ²	
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).

Таблица 1

Сталь	Содержание легирующих элементов, вес. %							
	C	W	Mo	Cr	V	Mn	Si	Ni
Л1	0,76	5,8	5,1	4,2	1,97	0,31	0,28	0,29
Л2	0,98	5,9	5,0	3,9	2,04	0,30	0,30	0,27
Д1	0,84	6,1	5,1	4,0	1,98	0,27	0,27	0,28

Примечание. Л – литая; Д – деформированная.

С повышением температуры нагрева под закалку количество остаточного аустенита у сталей Л2 и Д1 возрастает, а твердость, как следствие, уменьшается. Для стали Л1 изменение этих параметров носит аналогичный характер лишь до температуры 1220°C. В дальнейшем изменение твердости не наблюдается, а количество остаточного аустенита, напротив, уменьшается. В целом количество остаточного аустенита у стали Л1 по сравнению с Л2 и Д1 значительно уменьшено. Это объясняется различным содержанием углерода в сталях. У стали Л1 углерод находится на нижнем пределе. Следовательно, аустенит в процессе нагрева под закалку недостаточно насыщается этим элементом во всем исследуемом интервале температур.

Наблюдаемое дальнейшее уменьшение количества остаточного аустенита, по-видимому, объясняется тем, что в условиях дефицита по углероду при повышении температуры нагрева под закалку в аустените возрастает концентрация основных легирующих элементов – вольфрама и ванадия. Эти элементы в литых быстрорежущих сталях значительно повышают температуру мартенситного превращения и тем самым оказывают преобладающее влияние на содержание остаточного аустенита в стали.

Изменение твердости отпущенных сталей в зависимости от температуры закалки носит однозначный характер. При повышении температуры она монотонно возрастает. Исключение составляет лишь твердость образцов стали Л2, закаленных от 1220°C. Некоторое уменьшение твердости в этом случае связано с относительно низким ее значением после закалки, что не компенсируется за счет прироста вторичной твердости в процессе дисперсионного твердения при отпуске.

Прирост вторичной твердости у стали Л2 происходит вначале плавно, а затем более круто, что очень хорошо коррелирует с характером изменения твердости и количества остаточного аустенита после закалки. Аналогичная взаимосвязь между этими характеристиками, изменяющимися в зависимости от температуры нагрева, присуща и для образцов стали Л1. У стали Л1 уве-

личение вторичной твердости менее значительно, хотя оно также имеет место. Исходя из принятого предположения об изменении легированности аустенита при закалке, повышение вторичной твердости у стали Л2 можно объяснить прежде всего увеличением концентрации углерода в аустените, а выше этой температуры – увеличением концентрации в нем вольфрама, ванадия и других легирующих элементов. В обоих случаях это способствует интенсификации процессов дисперсионного твердения.

Определение теплостойкости исследуемых сталей показало, что она также возрастает почти прямолинейно во всех случаях по мере повышения температуры закалки. Характер изменения вторичной твердости и теплостойкости, хорошо согласующихся между собой, подчеркивает главенствующую роль углерода в формировании этих свойств у литых сталей.

Выявленная при исследовании картина изменения твердости и количества остаточного аустенита после закалки, а также вторичной твердости и теплостойкости после отпуска в зависимости от температуры нагрева под закалку свидетельствует о большой схожести этих изменений как у литых, так и у деформированных быстрорежущих сталей типа Р6М5.

Значительные расхождения у литых и деформированных быстрорежущих сталей были выявлены в характере изменения ударной вязкости и износостойкости в зависимости от температуры нагрева под закалку.

Так, у литых сталей Л1 и Л2 повышение температуры нагрева под закалку вызывает незначительное изменение ударной вязкости по сравнению с катастрофическим падением ее у стали Д1. Причем сам характер изменения ударной вязкости отличен в первом и втором случаях. У литых сталей Л1 и Л2 увеличение температуры нагрева вызывает, с одной стороны, устранение карбидной сетки за счет ее коагуляции, а с другой – укрупнение действительного аустенитного зерна и огрубление мартенсита. Однако положительное влияние первого фактора оказывается преобладающим. В результате ударная вязкость литых сталей Л1 и Л2 не только не ухудшается, но даже несколько возрастает.

В то же время более интенсивное укрупнение зерна и огрубление мартенсита, а впоследствии и образование карбидной сетки по границам зерен у деформированной стали при повышении температуры нагрева вызывает падение этого свойства. Первоначальное повышение ударной вязкости у исследуемых сталей происходит за счет более полного растворения вторичной карбидной фазы при сохранении мелкого зерна.

Анализ результатов исследований износостойкости указывает на меньшую зависимость этого свойства от температуры закалки в случае литой стали по сравнению с деформированной. Это еще раз подтверждает особую роль сетки эвтектических карбидов, которую она играет в повышении сопротивления истиранию литой структуры. У деформированной стали при равном количестве и составе избыточных карбидов, напротив, первостепенное влияние на износостойкость оказывают твердость мартенсита и количество мелкодисперсных упрочняющих частиц карбидов в нем, что в свою очередь имеет прямую зависимость от температуры нагрева под закалку.

УДК 621.7.023.004.62

Л.А.Бондарь, канд.техн.наук (БПИ),
В.Е.Залесский, инженер (МТЗ)

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ЧУГУННОЙ ДРОБИ

Чугунная дробь для очистки деталей, поковок и отливок широко применяется в литейных, кузнечных и термических цехах. Только на МТЗ ежегодно расходуется более 5000 тон дробы. По условиям работы дробь должна обладать высокой твердостью. Это влечет за собой повышенную хрупкость и низкую стойкость. Поэтому важной задачей является выбор режимов обработки дробы для получения оптимального сочетания ее ударной силы и стойкости.

В данной работе исследовалось влияние режимов термической обработки на ударную силу и стойкость чугунной дробы. Испытания проводились в Проблемной лаборатории металловедения и термической обработки Минского тракторного завода.

Для проведения исследований была спроектирована и изготовлена малогабаритная дробеструйная установка, которая позволила определить относительную стойкость дробы и ее ударную силу в зависимости от режимов термической обработки.

Обработка проводилась по следующим режимам: отжиг при температуре 950°C и времени выдержки 10–60 мин с последующим охлаждением на воздухе; закалка с температуры 1000°C в воде и временем выдержки при нагреве 5–20 мин.

После термической обработки проводили микроструктурный и дюрOMETрический анализы. Структура дробы после отжига состоит из ледебурита + цементита ("каркас") и перлита. Количество последнего увеличивается с увеличением времени выдерж-