

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ЗАКАЛКЕ
НА ПРОЧНОСТЬ И ВЯЗКОСТЬ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ
4X8B2 и 3X2B8**

В. Ф. ЖИДОБИН, И. О. ХАЗАНОВ

(Представлена научным семинаром куста кафедр: металловедения, оборудования и технологии термической обработки металлов, оборудования и технологии сварочного производства и технологии металлов)

Повышение требований, предъявляемых к штамповым сталям для горячего деформирования металла, явилось причиной многочисленных исследований, предпринятых в этой области в последние годы. Предложен целый ряд новых сталей [1, 2], обладающих высокой прочностью, вязкостью, теплостойкостью и являющихся в большинстве случаев более экономичными. Однако штамповые стали 4X8B2 и 3X2B8 до сих пор остаются наиболее распространенными для изготовления инструмента, применяемого при горячей обработке [3].

Производственный опыт показывает, что при одинаковой термической обработке сталей, предназначенных для изготовления инструмента для горячих работ, могут наблюдаться значительные различия вязкости образцов, вырезанных из крупных сечений, и образцов, изготовленных из малых заготовок и индивидуально термически обработанных. Причина этого может заключаться в разной степени укова, влияющего на

Таблица 1

Марка стали	Содержание элементов, %					
	C	Si	Mn	Cr	W	V
3X2B8	0,42	0,30	0,33	8,20	2,40	—
4X8B2	0,31	0,34	0,41	2,40	7,69	0,40

макроструктуру и размер зерна, а также в различной скорости охлаждения при закалке. В данной работе изучали влияние последнего фактора на стандартных штамповых сталях 4X8B2 и 3X2B8.

Образцы изготавливали из пруткового материала и после нагрева под закалку

до температур 1050—1150°C для стали 4X8B2 и 1100—1200°C для стали 3X2B8 охлаждали в масле, на воздухе и в песке. Кроме того, образцы, нагретые под закалку до температуры 1100°C для стали 4X8B2 и 1150°C для стали 3X2B8, являющихся оптимальными для исследованных сталей [4], были охлаждены в воде и подвергнуты ступенчатой закалке (охлаждение в расплаве щелочи NaOH при температуре 400—450°C с последующим переносом на воздух). Отпуск закаленных образцов производили при двух температурах: 200 и 550°C для стали 4X8B2 и 200 и 620°C для стали 3X2B8. Отпуск при температуре 200°C производили для того, чтобы исключить влияние закалочных напряжений на механические свойства. Существенных изменений в микроструктуре при этом не происходит, так как подвижность атомов

углерода при этой температуре близка к нулю [5]. Продолжительность отпуска при температуре 200°C составляла 4 часа и 2 часа при 550 и 620°C. Образцы, закаленные в воде, и образцы, подвергнутые ступенчатой закалке щелочь → воздух, были отпущены на твердость 50 HRC.

Определение прочности и ударной вязкости производили на образцах сечением 10×10 мм. Статическое испытание на изгиб производили на 10-т разрывной машине. Нагружение образцов осуществляли со скоростью 10 мм/мин. Расстояние между опорами составляло 100 мм. Образцы для определения ударной вязкости имели круглый надрез с радиусом 1 мм и испытывались на маятниковом копре типа МК—30. Твердость, предел прочности при изгибе и ударная вязкость исследованных сталей после различных режимов термической обработки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Марка стали	Температура закалки и условия охлаждения	Твердость, HRC			$\sigma_{изг}$ кг/мм ²		a_n , кгм/см ²	
		без отпуща	низк. отп.	выс. отп.	низкий отпуск	высокий отпуск	низкий отпуск	высокий отпуск
4X8B2	1050°C масло	60	55	50	337	277	1,75	2,0
	1050°C воздух	58	56	51	302	262	1,75	1,0
	1050°C песок	58	56	51	310	268	1,5	1,0
	1100°C масло	60	56	50	301	279	3,0	3,0
	1100°C воздух	59	56	50	310	285	1,75	1,5
	1100°C песок	59	57	52	312	280	1,0	1,0
	1150°C масло	60	56	52	305	230	2,5	2,0
	1150°C воздух	60	56	52	252	225	0,75	0,75
	1150°C песок	59	56	52	267	227	1,0	0,75
3X2B8	1100°C масло	50	50	47	292	255	3,5	3,5
	1100°C воздух	44	44	46	220	242	4,5	1,5
	1100°C песок	44	43	47	210	250	4,5	2,0
	1150°C масло	54	54	50	340	287	4,0	4,5
	1150°C воздух	48	48	50	240	265	5,0	2,5
	1150°C песок	44	44	50	217	275	5,75	1,25
	1200°C масло	55	55	51	342	287	3,0	3,25
	1200°C воздух	48	47	50	252	271	4,75	1,0
	1200°C песок	45	45	50	224	282	4,0	1,0

Оценку структур, получающихся при выбранных условиях охлаждения, производили на основании приведенных в литературе [6] термодинамических диаграмм превращения переохлажденного аустенита, на которых нанесены кривые охлаждения сердцевины образцов сечением 10×10 мм при закалке в масле и на воздухе. Анализ диаграмм показывает, что после закалки в масле образцы исследованных сталей имеют полностью мартенситную структуру. Меньшие скорости охлаждения (закалка на воздухе и в песке) вызывают у стали 3X2B8, имеющей низкое содержание хрома, частичное превращение в бейнитной области. Образцы из стали 4X8B2 получают полностью мартенситную структуру при всех выбранных скоростях охлаждения, что объясняется высоким содержанием хрома в ней. Результаты металлографического анализа

удовлетворительно согласуются с выводами, сделанными на основании анализа термокинетических диаграмм превращения переохлажденного аустенита сталей, близких по составу к исследованным.

Как видно из табл. 2, твердость стали 4X8B2 в закаленном состоянии мало зависит от условий охлаждения. Разница в твердости стали 3X2B8, закаленной в масле и в песке, достигает 10 единиц по Роквеллу. Твердость стали 3X2B8, закаленной на воздухе, занимает промежуточное положение. Это свидетельствует о том, что закаливаемость сталей уменьшается с замедлением скорости охлаждения в результате образования бейнита с увеличенным количеством остаточного аустенита.

Отпуск в указанных температурных интервалах по-разному влияет на твердость опытных сталей. Твердость стали 4X8B2 с увеличением температуры отпуска непрерывно снижается и составляет после отпуска при 550°C 50—52 RC для всех условий охлаждения при закалке. Твердость стали 3X2B8 после отпуска при температуре 200°C не изменяется по сравнению с твердостью в закаленном состоянии. Отпуск при 620°C приводит к снижению твердости образцов, закаленных в масле, и повышению твердости образцов, закаленных на воздухе и в песке. Такое повышение твердости, по-видимому, связано с образованием вторичного мартенсита и усиливается эффектом дисперсионного твердения.

Из показателей механической прочности исследованных сталей наиболее заметно изменяется от условий охлаждения при закалке ударная вязкость. Из рис. 1 видно, что понижение скорости охлаждения при за-

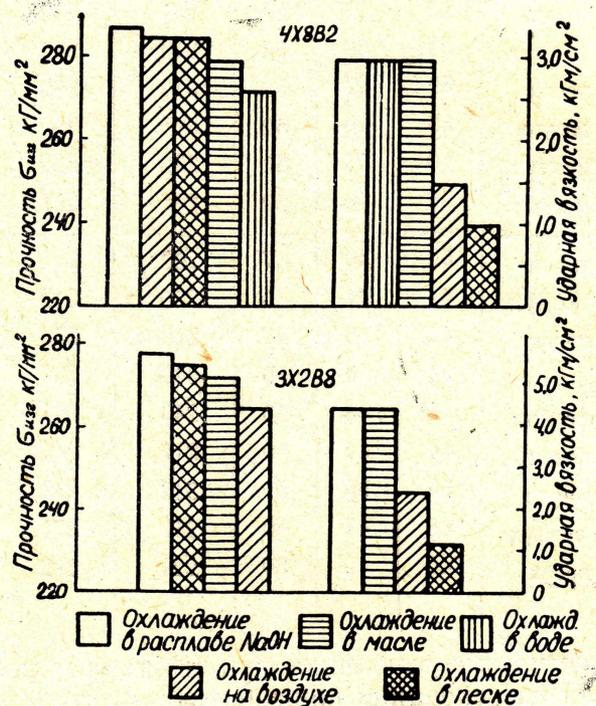


Рис. 1. Зависимость прочности и вязкости опытных сталей от условий охлаждения при закалке

калке приводит к уменьшению величины ударной вязкости более чем в 2 раза, прочность при этом изменяется незначительно. Металлографический анализ показал, что с уменьшением скорости охлаждения при закалке происходит выделение карбидов по границам зерен, предшествующее превращению вследствие пересыщения аустенита. Эти резуль-

таты подтверждают выводы, сделанные в работе [6] о том, что даже при повышенной скорости охлаждения при закалке в сталях, предназначенных для изготовления инструмента, применяемого при горячей обработке, нельзя избежать распада аустенита по границам зерен. Этим, по-видимому, и объясняется снижение величины ударной вязкости с замедлением скорости охлаждения при закалке. Неодинаковое охрупчивающее влияние карбидных выделений по границам зерен на прочность и вязкость исследованных сталей следует объяснить различием в методах определения этих свойств. Испытания на ударную вязкость, являясь динамическими, более чувствительны к структурному состоянию объекта исследования. Как видно из табл. 2, склонность к выделению карбидов по границам зерен увеличивается с повышением температуры закалки и замедлением скорости охлаждения. Интересным является тот факт, что сталь 3X2B8 после низкого отпуска показывает повышение вязкости с уменьшением скорости охлаждения при закалке. Это связано с увеличением количества бейнита и остаточного аустенита в структуре закаленной стали. Положительное влияние повышенного количества бейнита на вязкость закаленной без отпуска стали известно из литературы [6]. После отпуска при температуре 620°C наблюдается отчетливое понижение ударной вязкости стали 3X2B8. Вязкость образцов из стали 4X8B2, закаливающихся полностью на мартенсит при всех выбранных скоростях охлаждения, изменяется менее заметно, чем вязкость образцов из стали 3X2B8. При сравнимой величине ударной вязкости образцы из стали 4X8B2, отпущенные при температурах 200 и 550°C, имеют разную твердость (табл. 2). Это свидетельствует о том, что отпуск усиливает охрупчивающее влияние карбидных выделений по границам зерен.

Выводы

1. Уменьшение скорости охлаждения при закалке снижает вязкость исследованных сталей после отпуска по режимам, принятым в практике производства инструмента для горячей обработки, более чем в 2 раза. Прочность при этом изменяется незначительно.
2. Такое влияние замедленного охлаждения при закалке, по-видимому, связано с выделением карбидов по границам зерен вследствие пересыщения аустенита.
3. Охрупчивающее действие выделений карбидов по границам зерен усиливается с ростом температуры закалки и уменьшением скорости охлаждения. В таком же направлении действует и отпуск.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Зуев, Ю. А. Геллер, Л. И. Резниченко. Кузнечно-штамповочное производство. № 12, изд-во «Машиностроение», 1968.
2. Научные работы ЦНИИТМАШ, рекомендуемые для промышленного внедрения, издание шестое, отдел научно-технической информации, М., 1967.
3. И. Н. Голиков, М. И. Гладштейн, И. И. Мурзин. Ванадий в стали. Изд. «Металлургия», М., 1968.
4. Е. В. Смирнов и др. Специальные стали и сплавы. Сб. трудов ЦНИИЧМ, вып. 52, изд. «Металлургия», М., 1967.
5. А. П. Гуляев. Термическая обработка стали. Машгиз, М., 1960.
6. K. Bungardt, O. Mülders, R. Meyer-Rhotert. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 37, № 5, 1966.