

**ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СВЕРЛ,  
ОТПУЩЕННЫХ ПО РАЗЛИЧНЫМ РЕЖИМАМ**

А. Е. КАМЕРИСТОВ, Н. С. КИЛЬКОВ, Е. С. СЕРГЕЕВА, Н. П. СИДОРОВА,  
И. Т. ТИХОНОВ, Е. П. ФИЛИМОНОВА

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

Целью работы являлась проверка качества быстрорежущих сверл после их термической обработки с различными режимами, применяемыми на Томском инструментальном заводе.

Для сталей марок Р18 и Р6М3 были сопоставлены режущие свойства сверл после их термической обработки со стандартным трехкратным отпуском при  $560^\circ$  с выдержками по 60 мин с режущими свойствами сверл, термически обработанными на агрегате № 4 с двукратными отпусками при  $580^\circ$  и циклами по 8 мин и на автоматической линии ТХА-15 с двукратными отпусками при  $590^\circ$  и выдержками по 15 и 18 мин. в зависимости от размера сверл. Для увеличения точности при контроле температурно-временных воздействий отпусков по изменению магнитных свойств были использованы цилиндрические образцы  $\varnothing 10 \pm 0,02$  мм и  $l = 130$  мм, изготовленные из исследуемых марок сталей и проходившие термическую обработку одновременно со сверлами. Правильная форма образцов и постоянство их размеров позволили значительно уменьшить отклонения в показаниях аустенометра по сравнению с наблюдаемыми при контроле магнитных свойств сверл.

Испытания режущих свойств были проведены в лаборатории ТИЗа по стали 45. Сверла  $\varnothing 17,5$  мм испытывались при скорости резания  $V = 29$  м/мин, подаче  $S = 0,43$  мм/об и глубине сверления 50 мм, а сверла  $\varnothing 9,5$  мм — при  $V = 30$  м/мин,  $S = 0,2$  мм/об и глубине сверления 30 мм. Сверление производилось с применением охлаждающей жидкости (5% эмульсола в воде). Испытания сверл продолжались до их полного затупления. Режимы термической обработки, твердость сверл на их рабочей части и средние значения результатов, полученных при стойкостных испытаниях пяти сверл, приведены в табл. 1. Там же указаны определенные обычными методами статистической обработки величины средних квадратичных отклонений значений стойкости сверл, характеризующихся числом просверленных отверстий до их затупления.

Микроструктура сверл состояла из скрыто- и мелкокристаллического мартенсита с карбидами и соответствовала в случае сверл  $\varnothing 17,5$  мм 10—10,5 баллам и сверл  $\varnothing 9,5$  мм — 10 баллам.

В ранее выполненной работе было показано, что магнитные свойства быстрорежущей стали, контролируемые аустенометром, могут служить характеристикой для оценки интенсивности температурно-временного воздействия отпуска на закаленную сталь, определяющего ее

Таблица 1

№ опыта	Марка стали	Термическая обработка					Ø сверла, мм	HRC	Результаты стойкостных испытаний сверл		
		t закалки, °C	режим отпуска			стойкость, мин			число просверленных отверстий до затупления	среднеквадратичные отклонения, ± отверстий	
			t, °C	продолжительность, мин	кратность						агрегат
1	P18	1275	560	60	3	№ 12	17,5	64	45,5	211,6	7,3
2	"	"	580	цикл 8	2	ТИЗ	"	62,5	43,7	203	10,5
3	"	1280	595	18	"	ТХА	"	64	42,6	198	8,4
4	"	1280	560	60	3	№ 12	9,5	63	24,0	176	9,3
5	"	"	580	цикл 8	2	ТИЗ	"	62,8	24,7	181	7,8
6	"	"	590	15	"	ТХА	"	63	22,8	168	6,7
7	P6M3	1230	560	60	3	№ 12	17,5	62,5	41,8	194	6,7
8	"	"	580	цикл 8	2	ТИЗ	17,5	64	39,2	182	4,3
9	"	1235	590	18	"	ТХА	"	63	34,7	161	5,2

режущие свойства. При этом если закаленная быстрорежущая сталь в результате двух отпусков одинаковой кратности, но с различными температурами и продолжительностями получает одинаковые магнитные свойства, то она будет иметь и одинаковую твердость, а также одинаковые в пределах точности проведенных исследований ( $\pm 5\%$  значения стойкости резцов) режущие свойства [1]. Поэтому сопоставление режущих свойств сверл с различными режимами отпусков сделано в соответствии с показаниями аустенометра, характеризующими их магнитные свойства.

На графике рис. 1 показано изменение стойкости сверл в зависимости от показаний аустенометра, которые определяли интенсивность воздействия отпусков с различными режимами и были получены при контроле магнитных свойств цилиндрических образцов из стали Р6М3, прошедших термическую обработку совместно со сверлами. Несмотря на значительную величину средних квадратических отклонений значений стойкости, можно сделать вывод о том, что уменьшение температурно-временного воздействия при отпусках на ТХА-15 и агрегате № 4 по сравнению со стандартным отпуском сопровождалось некоторым ухудшением режущих свойств. При этом сталь Р6М3 оказалась более чувствительной к изменению режима отпуска, чем сталь Р18.

Второй цикл исследований был проведен со сталью Р6М5, производство сверл из которой было начато заводом. Все подлежащие испытанию сверла  $\varnothing 19,5$  мм и цилиндрические образцы  $\varnothing 10$  мм были изготовлены из стали одной поставки и подвергнуты закалке в одинаковых условиях на автоматической линии ТХА-15 от температуры окончательного нагрева  $1240^\circ\text{C}$ . Балл зерна соответствовал  $10 + 11$ . Структура после отпуска состояла из мелкоиглочатого мартенсита и карбидов за исключением сверл после двукратного отпуска при  $560^\circ\text{C}$  с выдержками по 10 мин, когда в структуре присутствовал также остаточный аустенит. В табл. 2 приведены режимы отпусков, твердость, показания аустенометров и средние значения результатов стойкостных испытаний пяти сверл, а также величины средних квадратических отклонений значений стойкости, характеризуемой числом отверстий, просверливаемых до затупления сверла. Стойкостные испытания были проведены при скорости резания  $V = 36$  м/мин, подаче  $S = 0,43$  мм/об и глубине сверления 60 мм.

Влияние интенсивности температурно-временного воздействия различных отпусков на свойства стали показывает график, приведенный на рис. 2. Этот график объединяет результаты опытов  $5 \div 8$  и  $11 \div 14$  (табл. 2), соответствующих двукратным отпускам при  $560$  и  $580^\circ\text{C}$  с нагревами в пределах  $10 \div 30$  мин в печи Садовского. В качестве характеристики магнитных свойств использованы показания лабораторного аустенометра, полученные на цилиндрических образцах. В полулгарифмических координатах графика построены три совмещенные для двух температур отпуска ( $560$  и  $580^\circ$ ) кривые, соответствующие изменению магнитных свойств, твердости и стойкости сверл из стали Р6М5 в зависимости от интенсивности температурно-временного воздей-

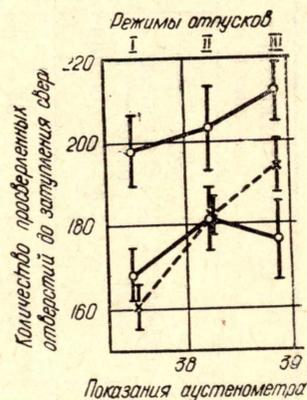


Рис. 1. Стойкость сверл в зависимости от показаний аустенометра при различных режимах отпуска: I — двукратного при  $590^\circ$  по 18 мин, II — двукратного при  $580^\circ\text{C}$  с циклами по 8 мин и III — трехкратного при  $560^\circ\text{C}$  по 60 мин: ●—● сталь Р18, сверла  $\varnothing 17,5$  мм; ○—○ сталь Р18,  $\varnothing 9,5$  мм; ×—× сталь Р6М3,  $\varnothing 17,5$  мм

№ опыта	Режим отпуска				HRC	Показания аустенометров			Результаты стойкостных испытаний сверл		
	t, °C	продолжительность, мин	кратность	агрегат		ТИЗа	Челябинского завода	лабораторного	стойкость, мин	число просверленных отверстий до затупления	среднеквадратичные отклонения, ± отверстий
1	560	21	2	ТХА-15	64,7	6,3—6,7	65—72	—	31,6	134	7,6
2	"	цикл 8	"	ТИЗ-02	65	6,3—6,6	58—72	43,9	28,6	121	7,9
3	"	60	"	С-100	65	6,4—6,8	70—74	—	28,2	119	6,8
4	"	"	3	"	64,5	6,4—6,9	72—75	—	30,5	129	6,7
5	"	10	2	печь Садовского	65	5,4—5,9	34—51	27,5	21,0	85	9,3
6	"	15	"	"	65,1	6,3—6,8	68—72	43,7	26,0	110	6,4
7	"	20	"	"	64,9	6,4—6,7	66—74	45,4	25,8	109	12,4
8	"	30	"	"	64,5	6,5—6,7	70—74	46,7	27,4	116	10,2
9	580	21	2	ТХА-15	64,8	6,5—6,7	66—72	—	27,7	117	7,0
10	"	цикл 8	"	ТИЗ-02	64	6,5—6,8	68—75	47,5	29,5	125	16,6
11	"	10	"	печь Садовского	65	6,5—6,8	70—74	45,8	32,0	134	7,7
12	"	15	"	"	64,6	6,5—6,9	68—74	47,8	27,2	115	7,0
13	"	20	"	"	64,2	6,6—6,8	72—78	47,9	29,7	126	6,9
14	"	30	"	"	64	6,7—7,0	75—80	48,8	29,4	124	8,0

ствия различных режимов отпуска. График позволяет отметить увеличение стойкости сверл с усилением интенсивности отпуска, несмотря на некоторое снижение при этом твердости закаленной стали. Исключение из общей закономерности составляет лишь опыт № 11, соответствующий отпуску  $580 \times 2 \times 10$ . На графике рис. 3 дополнительно нанесены значения стойкости сверл остальных опытов, данные которых не были использованы на графике рис. 2. В результате к выпаду точки опыта 11 добавляется еще выпад точки опыта 1 с отпуском  $560 \times 2 \times 21$ , и возникает еще большая неопределенность при проведении обобщающей линии. Возможны два варианта: кривая с пологим максимумом в области температурно-временных воздействий, близких стандартному отпуску, со снижением стойкости за пределами графика (сплошная линия) и кривая с максимумом в области увеличенного разброса данных стойкостных испытаний (пунктирная кривая). При этом первый вариант представляется более вероятным, так как большой разброс результатов стойкостных испытаний после отпусков в рассматриваемой области температурно-временных воздействий может быть связан с взаимодействием двух противоположно влияющих на стойкость сверл

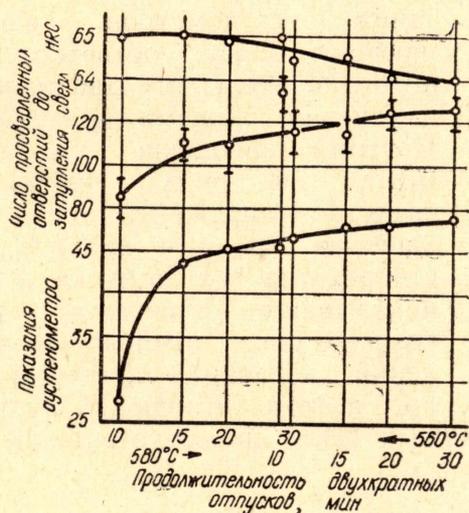


Рис. 2. Магнитные свойства, стойкость и твердость сверл из стали Р6М5 в зависимости от продолжительности двукратных отпусков при 560 и 580°C.

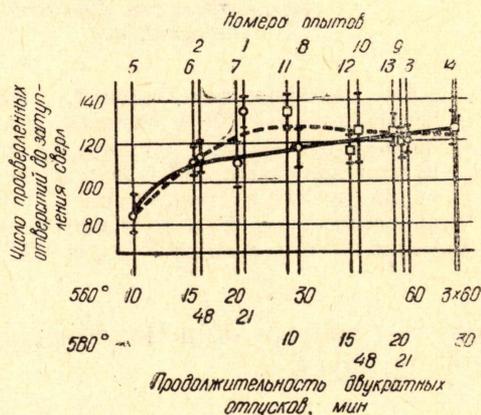


Рис. 3. Стойкость сверл из стали Р6М5 в зависимости от продолжительности двукратных отпусков при 560 и 580°C.

факторов — высокой твердостью и сохранением в структуре закаленной стали некоторых количеств остаточного аустенита. С другой стороны, поскольку отпуска с такой интенсивностью воздействия рекомендуются для стали Р6М5 — отпуск  $550 \times 3 \times 60$  и заменяющий его отпуск  $580 \times 2 \times 10$  [2] — весьма желательно более детальное исследование этих отпусков с проведением достаточно многочисленных стойкостных испытаний. Вместе с тем график на рис. 3 позволяет подтвердить вывод указанной выше работы [1] о том, что в случае отпусков с интенсивностью, близкой к интенсивности стандартного трехкратного отпуска при 560°, одинаковым магнитным свойствам закаленной и отпущенной быстрорежущей стали соответствуют и одинаковые режущие свойства (опыты 3, 9, 10, 12, 13, 14).

Для оценки качества и возможностей контроля режимов отпусков по магнитным свойствам стали при помощи заводских аустенометров на графике рис. 4 сопоставлены три кривые, показывающие изменение

магнитных свойств закаленной стали Р6М5 после двукратных отпусков при 560 и 580°C с различной продолжительностью. При этом кривые соответствуют показаниям трех аустинометров — лабораторного, конструкции Челябинского завода и ТИЗа. На лабораторном приборе контроль магнитных свойств осуществлялся при помощи цилиндрических образцов, и отклонения в показаниях стрелки были в пределах всего  $\pm 0,2$  деления шкалы. На заводских же аустинометрах магнитные свойства контролировались непосредственно на сверлах. Ход кривых показывает, что все аустинометры обладают примерно одинаковой чувствительностью. Однако вследствие отклонений в форме и размерах сверл показания заводских аустинометров отличаются большим разбросом значений. В результате для групп сверл с одинаковым отпуском показания аустинометров расширяются в полосу, соответствующую значительному диапазону изменения режима отпусков. Поэтому заводские аустинометры не могут служить средством надежного контроля качества сверл и правильности режима их отпуска. Как показывают отмеченные на графике рис. 4 пределы отклонений показаний аустинометров, в этом отношении аусти-

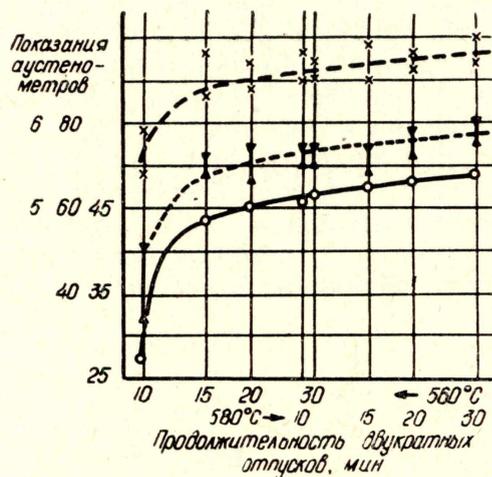


Рис. 4. Магнитные свойства закаленной стали Р6М5 в зависимости от продолжительности двукратных отпусков при 560 и 580°C в показаниях различных аустинометров: ○—○ лабораторного; ▲—▲ конструкции Челябинского завода; ×—× ТИЗа

нометры конструкции Челябинского завода и ТИЗа примерно равноценны друг другу.

нометры конструкции Челябинского завода и ТИЗа примерно равноценны друг другу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Кильков, И. Т. Тихонов, Е. П. Филимонова. Сборник трудов научно-технической конференции «Технический прогресс в машиностроении», посвященной 70-летию механического факультета ТПИ. Часть IV. Изд-во Томского университета, 1970, стр. 166—172.

2. П. Анджуc. Научно-технический реферативный сборник НИИМАШ, «Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент», вып. 10, 1970, стр. 11—13.