

**ЛИТЫЕ ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНО-КОБАЛЬТОВЫЕ
БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СТАЛИ**

Е. И. МАРР

(Представлена профессором доктором А. Н. Добровидовым)

В последнее время появилось большое количество работ [1, 2, 3], в которых высказывается мнение о возможности частичной или полной замены вольфрама молибденом в быстрорежущих сталях. Заметное улучшение режущих свойств в этих сталях достигается при введении кобальта. Стали данного типа имеют более высокие режущие свойства по сравнению с вольфрамовыми сталями.

По мнению Ю. А. Геллера [2], одним из направлений повышения производительности быстрорежущих сталей является повышение износостойкости этих сталей. Значительное повышение износостойкости быстрорежущих сталей может быть достигнуто путем повышения их твердости. Рекомендуются стали [2, 3] с твердостью до HRC 69—70. В работе [3] приводится сталь следующего состава: 1,5% W, 9,5% Mo и 8% Co. Данная сталь при твердости HRC 70 имеет высокие механические и режущие свойства. Исследования показали [4], что в литом состоянии стали с молибденом и вольфрамом имеют идентичную структуру, однако сталь с молибденом имеет более тонкую сетку эвтектики.

Целью данной работы явилось изучение возможности частичной замены вольфрама молибденом в быстрорежущих сталях для изготовления литого инструмента с одновременным легированием этих сталей кобальтом. Содержание вольфрама менялось в широких пределах от 1 до 7%, соответственно изменялось и содержание молибдена от 8,0 до 5,0%. Как известно, молибден по своему действию в быстрорежущих сталях аналогичен вольфраму и 1% (вес.) молибдена заменяет примерно 2% (вес.) вольфрама. Количество кобальта, вводимого в сталь, равнялось 5 и 10%. Химический состав плавки приведен в табл. 1.

Сталь выплавлялась на высокочастотной установке в кислом тигле емкостью 2,0 кг. Разливка производилась в металлическую форму на центробежной машине, с размером образцов $12 \times 12 \times 120$ мм. Образцы получали закалку в процессе охлаждения в форме.

С целью изучения поведения данных сталей в зависимости от температуры отпуска образцы подвергались последовательному отпуску по 1 часу при различных температурах (рис. 1). На графике изображены кривые твердости сталей плавки первой и второй серий с максимальным и минимальным содержанием вольфрама в зависимости от температуры отпуска. Стали с промежуточными составами вольфрама хорошо укладываются между этими кривыми в порядке уменьшения содержания

вольфрама. Исходя из твердости в литом (закаленном) состоянии и хода кривых последовательного отпуска, следует предположить, что с увеличением содержания вольфрама в данных сталях количество остаточного аустенита возрастает. Более высокую вторичную твердость сталей с 10%

Таблица 1

Обозначение плавков	Химический состав в %						Степень легированности $\Sigma (W+2Mo)$
	C	W	Mo	Cr	V	Co	
03	1,44	6,80	5,31	4,27	1,90	5,50	17,4
06	1,28	5,20	6,18	4,20	1,85	5,00	17,6
01	1,44	3,00	7,22	4,00	1,70	5,00	17,5
07	1,29	2,20	7,51	4,05	1,73	4,80	17,2
09	1,31	1,22	8,23	4,30	1,80	4,60	17,7
04	1,38	5,00	6,12	4,07	1,85	9,70	17,2
02	1,36	3,0	7,18	3,80	1,80	10,03	17,4
08	1,32	2,19	7,60	4,10	1,80	9,45	17,4
10	1,41	1,0	8,11	4,00	1,70	9,70	17,2

кобальта по сравнению со сталями с 5% кобальта следует, по-видимому, объяснить выделением интерметаллидной θ -фазы [5]. В сплавах Fe—W—Co и Fe—Mo—Co образуется интерметаллид, который соответствует фор-

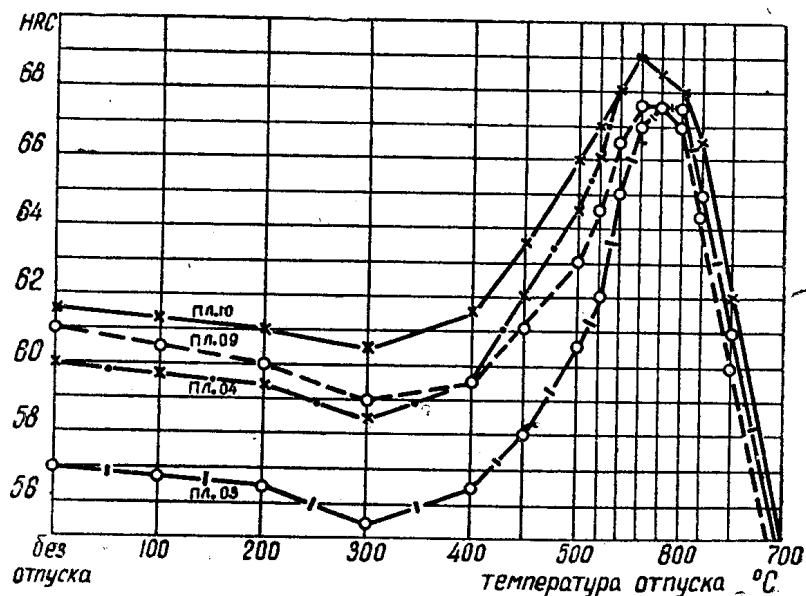


Рис. 1. Изменение твердости HRC в зависимости от температуры отпуска стали (1 час).

мулам Co_7W_6 и Co_7Mo_6 . В работе [5] было выявлено наличие интерметаллидной фазы в литой кобальтовой стали и высказывается мнение о возможности образования θ -фазы при 10% Co в быстрорежущих сталях с 18 и 15% вольфрама.

В табл. 2 приводятся данные твердостей сталей после трехкратного отпуска по 1 часу при различных температурах. Эти данные хорошо согласуются с высказываниями некоторых авторов [6, 7] о том, что кобальт при отпуске значительно ускоряет превращение остаточного аустенита и сдвигает это превращение в область более низких температур. С увеличением содержания кобальта до 10% максимальная твердость дости-

Таблица 2

Обозначение плавок	Твердость HRC после трехкратного отпуска по 1 часу при температурах °С					
	520	540	560	580	600	620
03	64,5	67,5	67,5	67,0	66,0	63,0
06	64,5	67,0	67,0	67,0	65,5	63,0
01	65,0	66,5	67,0	66,5	66,5	62,0
07	65,5	67,0	67,0	67,0	65,0	62,0
09	66,0	68,0	67,5	67,0	65,5	63,0
04	68,0	69,0	68,0	68,0	66,5	64,0
02	68,5	68,0	68,0	67,5	66,0	63,0
08	68,0	68,0	68,0	67,5	66,5	63,0
10	67,0	68,0	68,0	67,0	65,5	63,0

гается в результате трехкратного отпуска при температуре 520°С, в то время как при 5% кобальта максимальная твердость достигается при температурах 540—560°С.

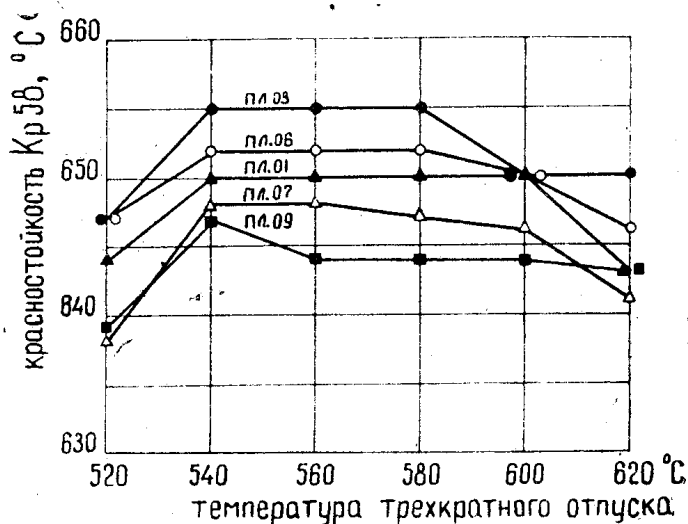


Рис. 2. Влияние температуры трехкратного отпуска по 1 часу на красностойкость вольфрамо-молибденовых сталей с 5% Со

На рис. 2 и 3 представлены графики красностойкости данных сталей в зависимости от температуры трехкратного отпуска по 1 часу. Определение красностойкости производилось путем замера твердости по Роквеллу после 4-часового нагрева при температурах 600—675°С через каждые 25°С. Красностойкость сталей с 5% кобальта несколько ниже, чем

красностойкость с 10%. В соответствии с уменьшением содержания вольфрама красностойкость последовательно снижается как при 5, так и 10% кобальта.

Из данных по определению красностойкости следует, что стали с 10% кобальта при достижении максимальной твердости после трехкратного отпуска при температуре 520°C имеют красностойкость ниже, чем при

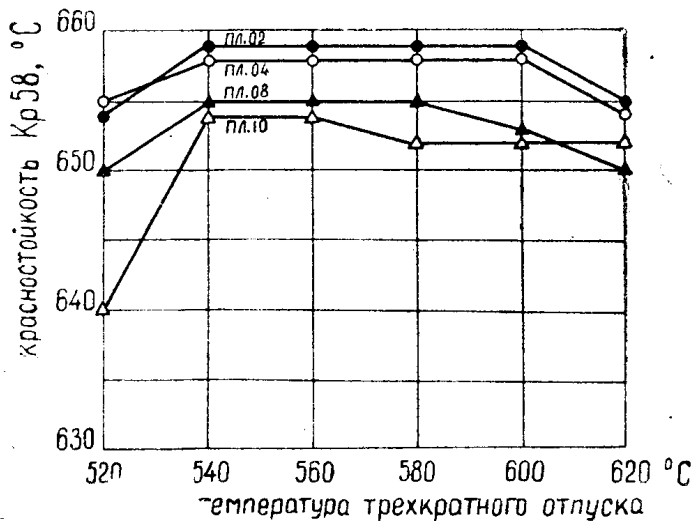


Рис. 3. Влияние температуры трехкратного отпуска по 1 часу на красностойкость вольфрамо-молибденовых сталей с 10% Со

более высоких температурах отпуска, что противоречит данным работы [7] для высококобальтовых вольфрамо-молибденовых сталей.

Исходя из данных красностойкости и максимальной твердости, оптимальными температурами отпуска следует считать: для сталей с 5% кобальта 540—560°C, а с 10% — 540°C. Однако окончательное решение этого вопроса связано со стойкостными испытаниями инструмента, изготовленного из этих сталей.

Выводы

1. На основании проведенных исследований установлено, что уменьшение содержания вольфрама и соответствующее увеличение содержания молибдена в литых сталях при содержании 5 и 10% кобальта не изменяет значения максимальной твердости в отпущенном состоянии — 67—69 HRC.

2. С уменьшением содержания вольфрама несколько снижается красностойкость сталей в порядке убывания вольфрама, однако красностойкость данных сталей остается более высокой, чем стали P18 в кованном состоянии.

С увеличением содержания кобальта с 5 до 10% красностойкость возрастает.

3. Кобальт в литой быстрорежущей стали сдвигает превращение остаточного аустенита в область более низких температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Hinnüber, E. Hengler. «Stahl und Eisen», 1964, 84, № 26.
2. Ю. А. Геллер. «МиТОМ», № 7, 1965.
3. James R., Handyside и др. «Metal Progress», 1963, vol 83, N 6.
4. Г. А. Коссович, Ю. А. Геллер. «МиТОМ», № 5, 1964.
5. В. Ф. Моисеев, Ю. А. Геллер. «МиТОМ», № 4, 1965.
6. И. К. Купалова. «МиТОМ», № 9, 1965.
7. Н. Ф. Вязников, А. Н. Попандопуло. Труды ЛПИ, № 234, 1964.