

ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТА НА ПРЕВРАЩЕНИЕ ПРИ ОТПУСКЕ И КРАСНОСТОЙКОСТЬ ЛИТОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

В. А. КАЩУК

(Представлено профессором доктором А. Н. Добровидовым)

Изготовление режущего инструмента при помощи литья проще и дешевле изготовления кованого и катаного инструмента [1].

Инструмент из быстрорежущей стали, полученный отливкой в металлические формы (кокиль), получает закалку в процессе охлаждения отливки и не нуждается в термической обработке кроме отпуска. Новая технология изготовления открывает новые возможности для применения кобальтовых быстрорежущих сталей. Многие виды режущего инструмента простой формы при изготовлении способом литья в кокиль могут быть получены в законченном виде, требующем лишь заточки по режущим граням и трехкратного отпуска [2].

Таким образом, изучение влияния кобальта на процесс отпуска литой в кокиль быстрорежущей стали, а также определение красностойкости ее представляет практический и научный интерес. Ниже приводятся результаты исследований автора.

Исследуемые стали выплавлялись в индукционной высокочастотной печи. Шихтой служили отходы стали Р18, ферросплавы и специально приготовленный чугун. Сталь разливалась в металлические формы на центробежной машине.

Химический состав сталей приведен в табл. 1.

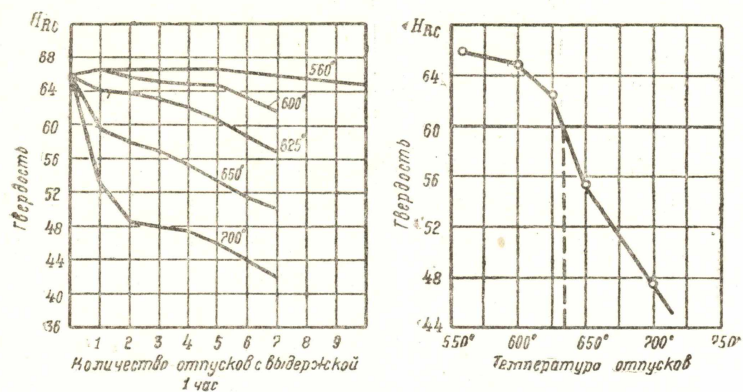
Для изучения кинетики процессов превращения при отпуске стали образцы всех плавок отпускались 3 раза по 1 часу при 560° , а затем подвергались многократному часовому отпуску при температурах 560, 600, 625, 650 и 700°C .

Для каждой температуры нагрева использовались отдельные образцы.

Результаты измерения твердости литых образцов сталей плавок 1,4 и 7 после различного числа отпусков при разных температурах приведены в виде графиков слева на фиг. 1, 2 и 3. Справа на этих фигурах построены кривые для определения красностойкости „по Геллеру“, которая характеризуется максимальной температурой четырехкратного отпуска, после которого сталь сохраняет твердость, равную 60 HRC . Вертикальная пунктирная линия на правых графиках показывает красностойкость сталей в $^{\circ}\text{C}$.

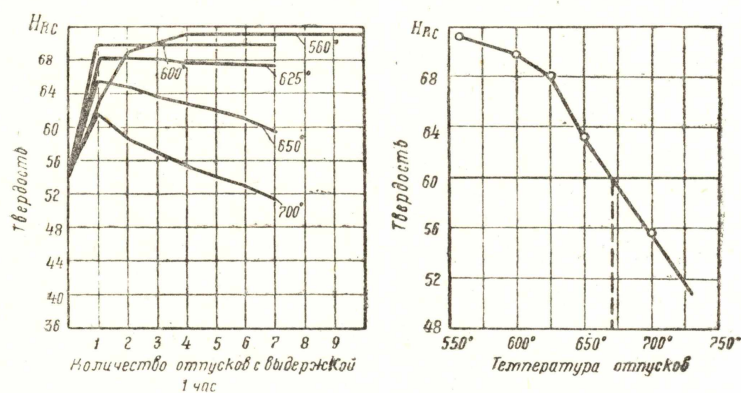
В работе установлено, что в процессе многократного отпуска при 560° с увеличением содержания кобальта количество отпусков,

Плавка 1.

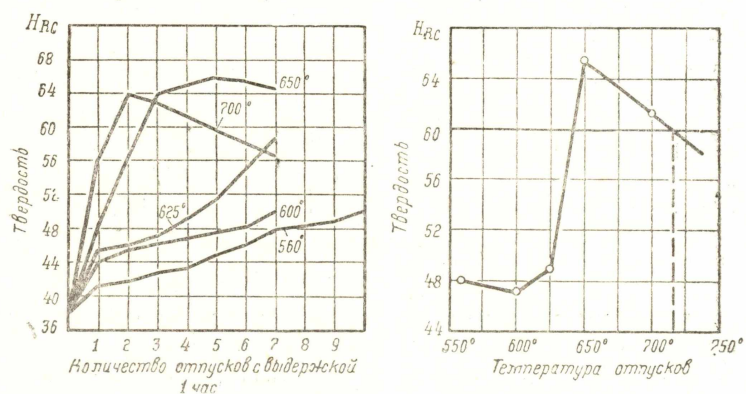


Фиг. 1. Красностойкость и изменение твердости после многократных отпусков при разных температурах стали плавки 1.

Плавка 4



Фиг. 2. Красностойкость и изменение твердости после многократных отпусков при разных температурах стали плавки 4.



Фиг. 3. Красностойкость и изменение твердости после многократных отпусков при разных температурах стали плавки 7.

Таблица 1

№ плавки	Содержание элементов, %				
	C	W	Cr	V	Co
1	0,75	18,90	4,01	1,30	—
2	0,88	19,14	4,80	1,37	6,16
3	0,87	18,70	4,89	1,40	10,57
4	0,85	19,18	4,87	1,28	17,77
5	0,87	19,03	4,74	1,33	20,99
6	0,85	18,67	4,89	1,31	25,11
7	0,88	18,64	4,83	1,33	31,50

необходимое для достижения максимальной твердости, все увеличивается. Если для стали плавки 1 оно равнялось 1, то в сталях плавки 4 и 5 оно уже равняется соответственно 4 и 5 отпускам, а в стали плавки 6—10 отпускам. В стали плавки 7 даже в результате десятикратного отпуска не удается повысить твердость выше 50 H_{RC} .

Следует обратить внимание на то, что в стали плавки 2 так же, как в стали плавки 1, максимальная твердость достигается после 1-го отпуска, то есть здесь нет необходимости в увеличении кратности отпуска.

Сравнение графиков, приведенных на фиг. 1, 2 и 3, показывает, что с увеличением содержания кобальта в стали твердость ее в процессе многократных отпусков при высокой температуре повышается. Так, после четырехкратного отпуска при 700° твердость стали плавки 1 равна 47 H_{RC} , а у стали плавки 7 она равняется 61 H_{RC} .

Основным фактором, определяющим режущие свойства быстрорежущей стали, является ее красностойкость, т. е. способность сохранять высокую твердость при нагреве до температур начала красного свечения (порядка 600°).

Красностойкость опытной стали определялась по методике, разработанной Ю. А. Геллером. Образцы отпускались три раза при температуре 560° и затем подвергались четырехкратному нагреву при 560, 600, 625, 650 и 700°C с выдержкой по 1 часу. Значение красностойкости приведено в табл. 2.

Таблица 2

№ плавки	1	2	3	4	5	6	7
Красностойкость в °C	630	645	660	670	680	690	710

Для определения наилучшего температурного интервала отпуска, а также степени устойчивости остаточного аустенита и мартенсита с повышением температуры отпуска образцы стали всех плавки подвергались отпуску при последовательно повышающейся температуре в интервале 100—770°C с выдержкой 1 час при каждой температуре нагрева.

Изменения твердости в процессе последовательных отпусков приведены в табл. 3.

Таблица 3

		Твердость, H_{RC}											
№ пл.	после отливки	температура отпусков в °C											
		100	200	300	400	500	550	575	600	650	700	750	770
1	66,0	66,0	65,0	63,5	63,5	66,0	67,0	66,0	64,0	60,0	52,0	47,0	—
2	65,0	65,0	63,0	62,0	63,0	67,5	67,5	67,0	66,0	64,0	58,0	49,5	—
3	63,0	63,0	62,0	60,0	62,0	68,0	68,0	57,5	67,0	65,0	60,0	50,5	—
4	54,0	55,0	57,0	54,0	56,0	63,0	68,0	70,5	70,0	66,5	61,5	53,5	—
5	49,0	50,0	48,0	48,0	48,0	60,0	64,0	69,0	71,0	68,5	63,0	55,0	—
6	40,0	40,0	40,0	39,0	39,0	42,0	43,5	47,0	51,0	61,5	64,0	56,5	—
7	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	41,0	43,0	45,0	46,5	49,0	58,5	60,0	58,5

При анализе данных табл. 3 следует обратить внимание на такие особенности быстрорежущей стали с кобальтом: если в стали плавки 1 повышение твердости после провала ее в интервале 300—400° начинается с 400° (63,5 H_{RC}) и достигает максимума при 550° (67,0 H_{RC}), то в стали плавки 7 оно начинается также с 400° (38,5 H_{RC}), а достигает максимума только при 750° (60,0 H_{RC}). Повышение твердости после провала в интервале 300—400° можно объяснить превращением остаточного аустенита в мартенсит и частично дисперсионным твердением α -фазы. Главным фактором повышения твердости является, по нашему мнению, превращение остаточного аустенита, так как повышение твердости на 21,5 H_{RC} , которое имеет место в стали плавки 7, трудно объяснить за счет одного дисперсионного твердения.

Из табл. 3 видно, что с увеличением содержания кобальта в стали максимум вторичной твердости сдвигается к более высоким температурам отпуска, и расширяется температурный интервал, в котором наблюдается вторичная твердость. Устойчивость остаточного аустенита с увеличением содержания кобальта растет.

Правда, следует отметить поведения сталей плавки 2 и 3 при последовательных отпусках. В этих сталях превращение остаточного аустенита начинается при той же температуре, что и у стали плавки 1, и заканчивается при 500°. Такое поведение этих сталей указывает на уменьшение устойчивости остаточного аустенита в них по сравнению с устойчивостью остаточного аустенита стали P18.

Различное влияние кобальта на устойчивость остаточного аустенита (уменьшение устойчивости в сталях с содержанием кобальта до 10%, увеличение ее в сталях с большим содержанием кобальта) можно объяснить различной температурой и различным дилатометрическим эффектом мартенситного превращения при отпуске сталей с содержанием кобальта до 10% и сталей с большим содержанием кобальта.

В исследовании Мишеля и Беназе [3] приводятся температуры и дилатометрический эффект мартенситного превращения при отпуске быстрорежущей стали с различным содержанием кобальта (до 20%) и отмечается, что при одинаковом режиме отпуска, чем больше в стали будет кобальта, тем ниже будет лежать точка мартенситного

превращения при первом отпуске и тем меньше будет дилатометрический эффект. Кроме того, в исследовании Мишеля и Беназе отмечается, что быстрорежущая сталь без кобальта более устойчива против отпуска, чем 5% кобальтовая сталь, и что высокую устойчивость против отпуска быстрорежущая сталь получает при содержании кобальта более 10%.

Результаты настоящей работы совпадают с вышеуказанными данными исследования Мишеля и Беназе.

Так как стали с различным содержанием кобальта обладают неодинаковой устойчивостью остаточного аустенита, то при выборе оптимальных режимов отпуска этих сталей следует учитывать это обстоятельство. Опытным путем нами были подобраны оптимальные режимы отпуска для достижения максимальной твердости (табл. 4).

Таблица 4

№ плавки	Режимы отпуска	Твердость, H_{RC}
2	Отпуск 530°C—20 мин, 550°C—20 мин.	68,0
3	Отпуск 550°C—20 мин, 560°C—30 мин.	69,0
4	Отпуск 560°C—30 мин, 575°C—30 мин.	70,0
5	Отпуск 575°C—30 мин, 600°C—30 мин.	70,5
6	Отпуск 650°C—45 мин, 560°C—2 ^х кр. 1 час.	70,0
7	Отпуск 670°C—1 час, 560°C—2 ^х кр. 1 час.	66,5

Выводы

1. Кобальт увеличивает количество остаточного аустенита при закалке стали.

2. Различное содержание кобальта по-разному действует на устойчивость остаточного аустенита. До 10% кобальт уменьшает устойчивость остаточного аустенита, а свыше 10% — увеличивает ее.

3. С увеличением содержания кобальта в стали в процессе отпуска при последовательно повышающейся температуре максимум вторичной твердости сдвигается к более высоким температурам отпуска, а температурный интервал, в котором наблюдается вторичная твердость, расширяется.

4. Кобальт значительно повышает красностойкость литой быстрорежущей стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Т. А. и Ревис И. А. Структура и свойства литого инструмента из быстрорежущей стали. Машгиз, 1949.
2. Тихонов И. Т. Изв. Томского политехнического института, том 68, вып. 1, 1951.
3. Michel A. et Benazet P., Revue de Metallurgie, 1932, № 5.