

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК БОРА НА СВОЙСТВА ЛИТОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Н. Д. ТЮТЕВА, Ю. А. ЕВТЮШКИН

(Представлено докт. техн. наук проф. А. Н. Добровидовым)

Вопрос повышения прочности и вязкости литой быстрорежущей стали имеет большое значение для дальнейшего развития и внедрения в производство литого инструмента. Однако до сих пор механические свойства литой быстрорежущей стали изучались недостаточно, особенно изменение механических свойств под влиянием малых добавок бора.

Настоящая работа имела целью изучить влияние бора на свойства инструмента из быстрорежущей стали, отлитого в металлические формы.

Материалом исследования служила литая быстрорежущая сталь марки Р18 с добавками бора в пределах концентраций от 0,007 до 0,1 % и литая сталь той же марки без бора.

Выплавка опытных сталей

Все стали выплавлялись в высокочастотной печи с тиглем емкостью 2 кг.

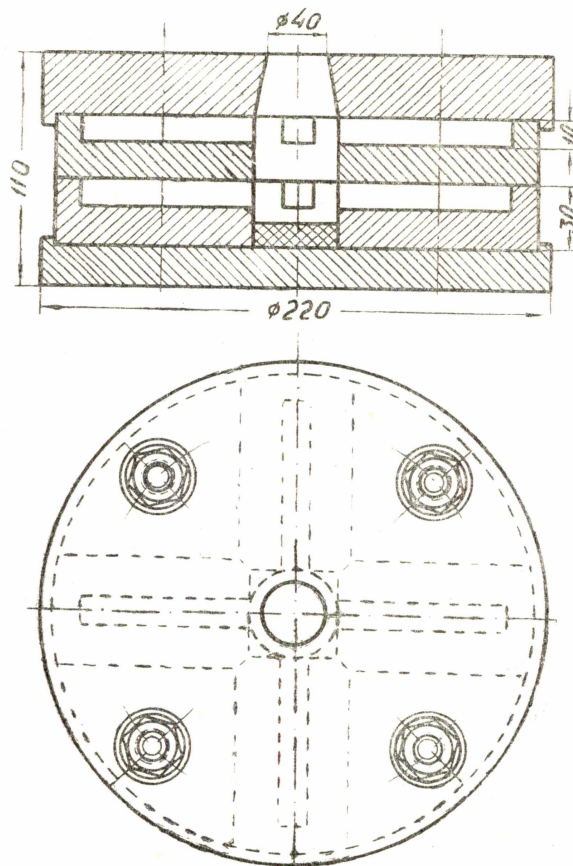
Отливка производилась в металлические формы (см. фиг. 1.) центробежным способом. Для этого использовали одношпиндельную центробежную линейную машину с вертикальной осью вращения и числом оборотов 500—600 в минуту.

Таблица 1

№ плавки	Содержание элемента в %				Содержание бора в % по синтезу
	углерод	вольфрам	хром	ванадий	
1	0,82	18,0	3,8	0,9	—
2	0,79	18,6	3,1	0,6	0,007
3	0,83	17,1	4,0	0,8	0,015
4	0,78	18,2	3,6	1,2	0,03
5	0,84	17,4	3,0	0,7	0,1

Бор вводился в тигель после раскисления в виде порошка ферробора за 70—90 сек. до разливки стали в формы. Сталь раскислялась алюминием из расчета присадки 0,1 % алюминия.

При переплавке стали выгорание углерода компенсировалось из расчета введения его 0,2 %. Для этого на 2 кг переплавляемой стали мы добавляли 80 г сплава, представляющего собой науглероженную сталь марки Р18. Переплавлением стали Р18 с большим количеством электродного боя нам удалось получить сплав на основе Р18 с 5 % углерода. Добавление такого сплава, не снижая основного коли-



Фиг. 1.

чества легирующих элементов в стали, значительно повышает содержание углерода в плавке.

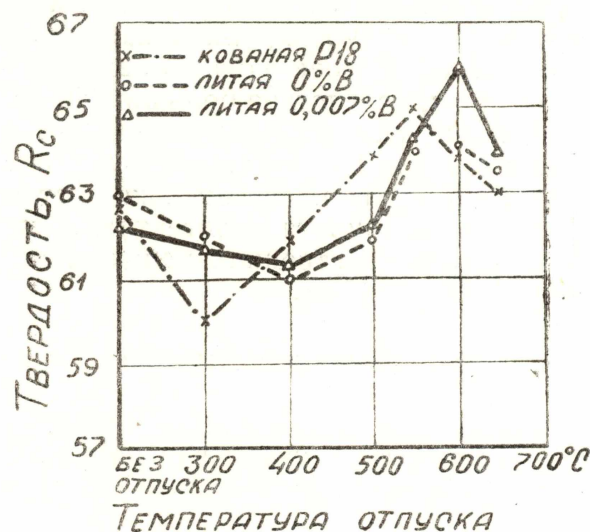
Температура стали перед заливкой выдерживалась в пределах 1450—1480°C.

Для механических испытаний отливались образцы размером 10X10X60 мм.

Термическая обработка образцов

Исследование литой и отпущенной стали, равно как закаленной и отпущенной, показывает, что закаленная и отпущенная сталь обладает худшими механическими свойствами ввиду наличия в ней нафталинистого излома. Как известно, нафталинистый излом возникает при вторичной закалке без промежуточной операции отжига. Кроме того, исследования твердости и микроструктуры показывают, что закалка образцов из быстрорежущей стали с добавками бора происходит в процессе охлаждения после отливки в металлические формы. Поэтому термическая обработка образцов заключалась только в операции отпуска. Как видно из графика (фиг. 2), температуру отпуска литой быстрорежущей стали с добавкой бора следует принимать равной

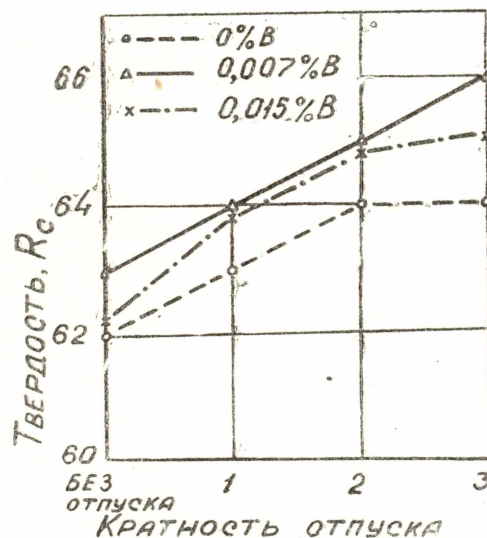
580—600°. Повышение температуры отпуска литой стали по сравнению с ковальной объясняется большей легированностью аустенита, так как закалка литой стали происходит с более высоких (оптимальных) температур в процессе отливки. Трехкратный отпуск при 580° дает зна-



Фиг. 2.

чительное повышение твердости, особенно у стали с добавкой бора 0,007 % (фиг. 3).

Исходя из указанных результатов, оптимальным режимом отпуска был принят трехкратный нагрев при 580° по одному часу с последующим охлаждением на воздухе. После отпуска образцы подверга-



Фиг. 3.

лись шлифовке. Быстрорежущая сталь, отлитая в металлические формы, отличается наличием больших внутренних напряжений, поэтому образцы сразу после отливки необходимо подвергать отпуску. По этой же причине литая быстрорежущая сталь менее чувствительна к образованию шлифовочных трещин, если она подвергалась трехкратному отпуску.

Структура стали

Качество литого инструмента, его стойкость и механическая прочность определяются структурой применяемой стали. Как известно, быстрорежущая сталь, отлитая в землю, обладает низкой ударной вязкостью из-за наличия в структуре хрупкой карбидной эвтектики, которая расположена в виде прослоек. При отливке быстрорежущей стали в металлические формы, вследствие большой скорости охлаждения, карбидная эвтектика имеет вид тонкой разорванной сетки. Сталь получается мелкозернистой, чему еще способствует введение бора как модификатора. Структура стали после отливки состоит из мартенсита, остаточного аустенита и ледебуритной эвтектики. Во время отпуска при 580° происходит снятие внутренних напряжений и превращение остаточного аустенита в мартенсит.

Механические испытания

Особенную ценность при механических испытаниях составляют испытания на изгиб и удар, т. е. такой вид нагрузок, который испытывает инструмент при работе. Известно, что такой вид литого инст-

Таблица 2

№ плавки	Содержание бора в %	Вид термической обработки	Предел прочности при изгибе в кг/мм^2	Ударная вязкость в кгм/см^2	Твердость по Роквеллу
1	0	после отливки	56—61	0	60—63
		после отпуска	64—100	0—0,3	63—64
2	0,007	после отливки	48—52	0,2—0,4	61—62
		после отпуска	84—112	0,5—0,7	65—66
3	0,015	после отливки	50—58	0,1—0,2	62—64
		после отпуска	100—118	0,3	64—65
4	0,03	после отливки	49—56	0,1—0,4	61—62
		после отпуска	70—95	0,2—0,5	64
5	0,1	после отливки	50—54	0	60—62
		после отпуска	76—93	0,2	64—65

румента, как отрезные резцы, имея хорошие режущие свойства и красностойкость, выходит из строя из-за поломок при действии на него изгибающих и ударных нагрузок. Поэтому в настоящей работе основное внимание было уделено повышению прочности и ударной вязкости литой быстрорежущей стали.

Для испытания на изгиб брали по восемь образцов из каждой плавки, из них четыре испытывались в литом состоянии и четыре после отпуска.

Опыты проводились на прессе Гагарина с использованием приспособления для испытания малых образцов. Испытания сопровождалась автоматической записью диаграмм. Из диаграмм видно, что разрушение образцов как литых, так и отпущенных происходит без пластических деформаций.

Испытания на ударную вязкость производились на 12 образцах от каждой плавки, из них 6 образцов испытывались в состоянии после отливки и 6 после отпуска. Испытания проводились на маятниковом копре с переменным запасом энергии. Это дало возможность подобрать энергию разрушения так, что полученные значения ударной вязкости были больше возможной ошибки и рассеивания результатов. Образцы изготовлялись в соответствии с ГОСТ 1524-42. Надрез образцов производился после термической обработки, что давало возможность избежать появления литейных и термических трещин в надрезе.

Результаты механических испытаний приведены в табл. 2.

Выводы

Структура модифицированной бором литой быстрорежущей стали имеет мелкое зерно с тонкими прослойками эвтектики.

Введение бора не дает значительного повышения прочностных свойств литой, термически не обработанной стали. Однако образцы, подвергнутые трехкратному отпуску при 580° , показали при испытании более высокие и стабильные значения предела прочности при изгибе.

Ударная вязкость достигает максимального значения при добавке бора 0,007 %. Дальнейшее увеличение бора ведет к снижению прочности и вязкости стали.