

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЛИТЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Ю. А. ЕВТЮШКИН, Д. М. ЛИХОШЕРСТОВ

(Представлено профессором доктором А. Н. Добровидовым)

Литой инструмент из быстрорежущей стали благодаря своей простоте и дешевизне изготовления, а также более высокой теплостойкости, обеспечивающей хорошие режущие свойства, получает все большее распространение. Однако повышенная хрупкость, присущая литой структуре, внушает опасение производителям, из-за чего тормозится внедрение литого инструмента.

Использование литого инструмента в производстве показывает, что эти опасения излишни и что литой инструмент в большинстве случаев может заменить кованный. Кроме того, надежность работы литого инструмента можно повысить, устранив его хрупкость.

Действительно, литая быстрорежущая сталь обладает более высокой красностойкостью, чем кованая, за счет повышенной легированности твердого раствора, получающейся при закалке в процессе литья [1, 2]. Ее же основной недостаток — хрупкость — можно устранить путем изменения состава, модифицирования и соответствующей термической обработки.

Хрупкость литой быстрорежущей стали обусловлена в основном наличием грубой карбидной сетки, расположенной преимущественно по границам зерен твердого раствора (рис. 1). Причем влияние ее на прочность оказывается настолько большим, что порой превалирует над литейными дефектами.

Количество карбидной фазы, определяющей характер ледебуритной эвтектики, ее скелетообразное расположение, можно уменьшить путем уменьшения количества легирующих карбидообразующих элементов или путем применения элементов, дающих карбиды с малым удельным объемом, например, ванадия, ниобия [1].

Понижение количества легирующих элементов действительно дает уменьшение карбидной эвтектики. Так, кованая сталь Р9 имеет, как правило, на 1—2 балла меньшую карбидную неоднородность, чем сталь Р18.

Уменьшение же легированности твердого раствора с понижением содержания легирующих элементов может быть компенсировано в какой-то мере за счет закалки в процессе литья, что и наблюдается в практике производства литого инструмента. Однако уменьшение количества карбидной фазы еще не обеспечивает значительного повышения прочности литой стали. Дополнительного повышения прочности литой

быстрорежущей стали можно добиться за счет получения разорванной сетки карбидов. Это можно осуществить за счет легирования, ускоренного охлаждения при литье и модифицирования [3].

Легирование литой быстрорежущей стали типа Р9 (1,18% С; 10,05% W; 4,11% Cr; 2,11% V) ниобием в количестве 6,34% резко изменяет структуру и повышает прочность. Вместо сплошной сетки с дендритным характером расположения (рис. 2) в структуре наблюдается равномерное распределение карбидов без сетки (рис. 3). Результаты фазового анализа показывают также, что ниобий в данной стали понизил общий объем карбидной фазы. Последнее явление связано со способностью ниобия образовывать карбиды с малым удельным объемом (например NbC) и сильной карбидообразующей способностью.

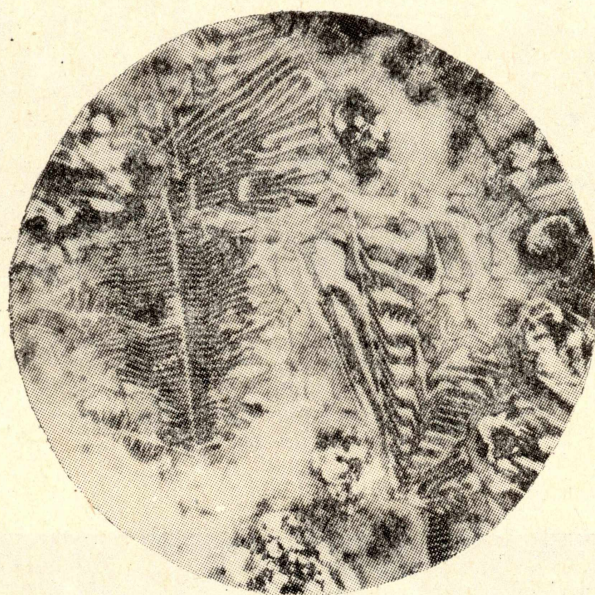


Рис. 1. Структура литой быстрорежущей стали Р18 х600.

Таким образом, ниобий в стали типа Р9, понизив общий объем карбидной фазы и устранив сплошную карбидную сетку, повысил предел прочности при изгибе в литом отпущенном (550° —1 час. 3х кр.) состоянии в 3—4 раза, до 240 кг/мм^2 по сравнению с аналогичной сталью без ниобия.

Ускоренное охлаждение, например, отливка в металлические формы, уменьшает толщину карбидной сетки. Такая структура легче поддается облагораживанию путем отжига. Кроме того, отжиг необходим для смягчения стали при механической обработке литого инструмента.

Нами были исследованы два режима отжига, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

№ отжига	Температура отжига, $^{\circ}\text{C}$	Время выдержки при отжиге, час	Температура изотермической выдержки, $^{\circ}\text{C}$	Время изотермической выдержки, час
1	950	4	750	3
2	1200	1 час	750	3



Рис. 2. Структура литой быстрорежущей стали типа Р9 (1,24% С; W=9,56%; Cr=4,54%; V=2,19%). Отливка в металлический кокиль. х 120.

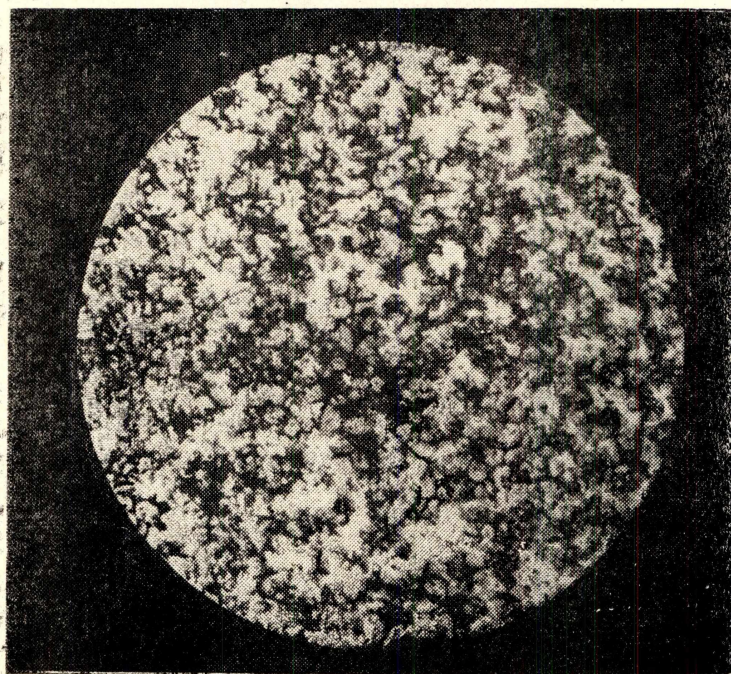


Рис. 3. Структура литой быстрорежущей стали типа Р9 с ниобием (1,18% С; 10,05% W; 4,11% Cr; 2,11% V и 6,34% Nb). Отливка в металлический кокиль. х 120.

Отжиг № 1 рекомендован Ю. А. Геллером, Ю. И. Каравановым [4] для литой стали Р9. Температура отжига берется выше, чем для кованой стали Р9.

Как известно, чем выше температура, тем больше растворение карбидов в аустените и активнее процессы коагуляции карбидов. Для раздробления карбидной эвтектики и выравнивания металлической основы нами был исследован высокотемпературный режим отжига (№ 2).

Исследование режимов отжига проводилось на литых быстрорежущих сталях типа Р9, Р14, Р18 и Р22. Химический состав сталей приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав сталей

№ пп	Обозначение стали	Химический состав в %			
		C	W	Cr	V
1	Р 9	1,5	9,10	4,20	3,12
2	Р 14	1,2	14,64	4,21	2,70
3	Р 18	1,20	18,42	3,78	1,40
4	Р 22	0,95	22,0	4,10	1,61

Отжиг проводился на образцах размером 12×12×120 мм, отлитых в металлический кокиль и на образцах диаметром 40 мм, отлитых в оболочковые формы.

Отжиг № 1 наиболее эффективно повлиял на структуру стали Р9 и Р14 и менее значительно на Р18. Карбидная сетка в структуре ста-

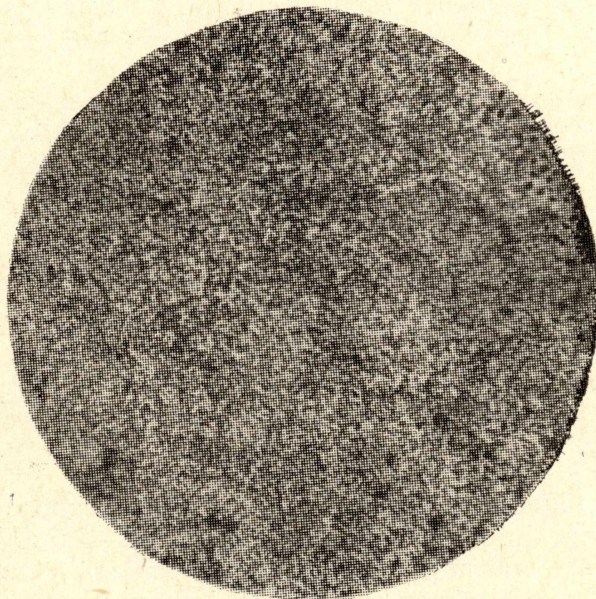


Рис. 4. Структуру литой быстрорежущей стали Р9 (1,5% С; 9,10% W; 4,20% Cr и 3,12% V) после отжига по режиму № 1. х 440.

ли Р9 почти полностью растворилась (рис. 4), и металлическая основа стала более равномерной.

Режим № 2 вызвал разрыв сетки и коагулирование ее даже в стали Р18, отлитой в оболочковые формы (рис. 5).

После отжига производился замер твердости.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что оба режима отжига дают достаточное снижение твердости до $HRC=23-26$ в сталях P9 и P14 и до $HRC=24-29$ в сталях P18 и P22.

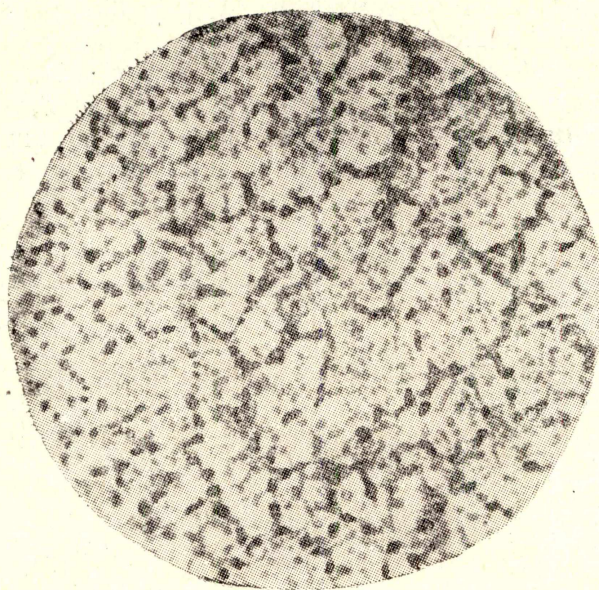


Рис. 5. Структура литой быстрорежущей стали P18 (1,20% C; 18,42% W; 3,78% Cr и 1,40% V) после отжига по режиму № 2. $\times 440$.

После отжига и закалки образцы были подвергнуты проверке красностойкости по методу А. П. Гуляева [5]. Ни один из исследуемых режимов отжига не снижает красностойкости. Как правило, красностойкость литых исследуемых сталей на $10-15^\circ$ выше соответствующих кованных.

Для исследования влияния отжига на прочность литой стали образцы размером $10 \times 10 \times 100$ мм после отжига по режиму № 1 и закалки с температуры 1270° для сталей P14, P18 и P22 и 1220° для стали P9 с последующим трехкратным отпуском при 560° , были подвергнуты испытаниям на изгиб (табл. 3).

Таблица 3

№ пп	Сталь	Предел прочности при изгибе, в кг/мм ²	Вид излома
1	P 9	145	бархатистый
2	P 14	135	фарфоровидный
3	P 18	126	бархатистый
4	P 22	143	фарфоровидный

Полученные данные показывают, что отжиг с последующей закалкой увеличивает предел прочности при изгибе в 2—2,5 раза. Характерно также отметить, что отжиг и последующая закалка улучшают излом литой стали. В литом и отпущенном состоянии излом имеет признаки нафталина и транскристалличности. А после отжига, закалки и отпуска излом фарфоровидный, такой же, как у кованой быстрорежущей стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. А. Лебедев и И. А. Ревис. Структура и свойства литого инструмента из быстрорежущей стали. Машгиз, 1949.
2. И. И. Горюнов. Сб. «Литой и наплавленный инструмент». Машгиз, 1951.
3. З. Д. Невзорова. Сб. «Литой и наплавленный инструмент». Машгиз, 1951.
4. Ю. А. Геллер и Ю. И. Караванов. Станки и инструменты, № 7, 1960.
5. А. П. Гуляев, М. Н. Фадюшина. Сб. «Методика и практика металлографического исследования инструментальной стали». Машгиз, 1961.