

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ШТАМПОВЫХ  
СТАЛЕЙ В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ****И. О. ХАЗАНОВ, Ю. М. ЛОЗИНСКИЙ**

(Представлена проф. А. Н. Добровидовым)

В настоящее время вопросу использования инструментальных сталей в литом состоянии для некоторых видов инструмента придается особое значение. По имеющимся в литературе данным, штамповый инструмент, изготовленный из литых заготовок, не уступает по стойкости ковальному, а во многих случаях значительно превосходит его стойкость [1, 3, 4]. Так, некоторые авторы указывают, что стойкость литых штампов в 1,5—2,5 раза выше [1, 3, 8], а стоимость их изготовления в 4—7 раз ниже, чем кованных. Такая высокая стойкость литого инструмента связана с некоторыми особенностями литого металла.

Известно, что сталь в литом состоянии имеет более однородную прочность в разных направлениях, в то время как кованая сталь обладает пониженной прочностью в направлении, перпендикулярном волокнам. Кроме этого установлено, что литая сталь имеет износостойкость в 1,5—3,0 раза выше, чем кованая [2, 5], обладает более высоким пределом длительной прочности и повышенной жаропрочностью [6].

Наряду с этими преимуществами литая сталь имеет ряд недостатков, как, например, пониженные пластические свойства. Поэтому при оценке целесообразности применения литых штампов следует учитывать конкретные условия работы инструмента и свойства данной стали в литом состоянии.

Целью настоящей работы было исследование структуры и некоторых свойств штамповых сталей 4X8B2 и 3X2B8Ф в литом состоянии. Сталь выплавлялась в индукционной печи в кислородном тигле. Вес плавки составлял от 2 до 6 кг. В качестве раскислителя применялся алюминий из расчета 0,1% от веса плавки.

Разливка металла производилась в металлические формы—трефы, позволяющие получать образцы без наличия усадочной пористости.

Химический состав выплавленных сталей приведен в табл. 1. Образцы из стали 4X8B2 после отливки имели твердость 55—56 НРС, а из 3X2B8Ф — НРС = 46. Исследуемые стали подвергались отжигу по режиму: нагрев до температуры 860°C, выдержка 3 часа, затем охлаждение до температуры 750°C с выдержкой 3 часа, после чего охлаждение до температуры 500°C со скоростью 30—40°/час с последующей выдержкой на воздух. Твердость после такого отжига составляла для стали 4X8B2 НВ = 183 кг/мм<sup>2</sup>, а для стали 3X2B8Ф — НВ = 192 кг/мм<sup>2</sup>. Структура

данных сталей в литом состоянии состоит из мартенсита и расположенной в виде сетки «светлой составляющей» (рис. 1). После отжига основная структура представляет собой зернистый перлит, а на месте «светлой»

Таблица 1

№ плавки	Химический состав в %			
	C	Cr	W	V
1	0,44	7,60	2,38	—
2	0,32	7,92	2,24	—
3	0,31	2,36	7,77	0,21
4	0,40	2,05	7,81	0,46

составляющей образовались продукты ее распада с большим количеством мелкодисперсных карбидов (рис. 2). В данной работе было проведено измерение микротвердости структурных составляющих исследуемых ста-

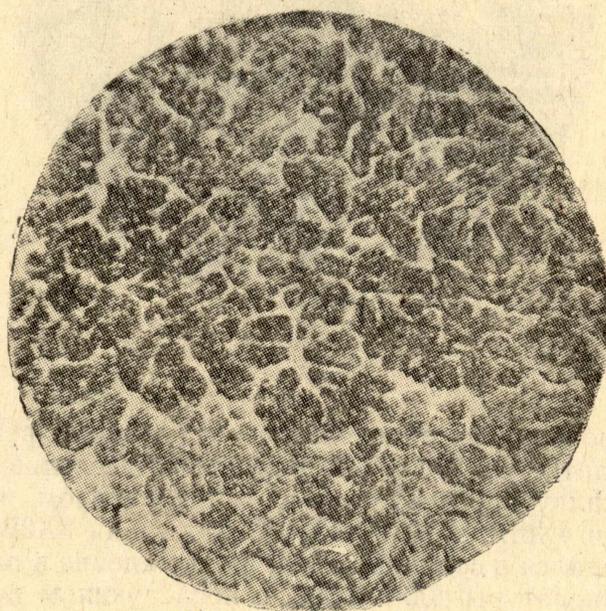


Рис. 1.

лей в литом и отожженном состоянии. Замеры производились на приборе ПМТ-3 при нагрузках 20 и 50 г. Твердость «светлой составляющей» литой стали 4X8B2 составила  $HV = 741 \text{ кг/мм}^2$ , а у стали 3X2B8Ф —  $HV = 738 \text{ кг/мм}^2$ , в то время как твердость мартенсита у них была соответственно  $HV = 510 \text{ кг/мм}^2$  и  $HV = 496 \text{ кг/мм}^2$ .

После отжига твердость основной структуры, зернистого перлита, у стали 4X8B2 была  $HV = 231 \text{ кг/мм}^2$ , а более мелкодисперсные участки (продукты распада «светлой составляющей») имели твердость  $297 \text{ кг/мм}^2$ . Для стали 3X2B8Ф эти значения составили соответственно  $268 \text{ кг/мм}^2$  и  $316 \text{ кг/мм}^2$ . По-видимому, «светлая составляющая» представляет собой более легированный углеродом не травящийся мартенсит. В некоторых

местах, в центральной части «светлой составляющей», заметны включения первичных карбидов.

Наличие в структуре «светлой составляющей», по всей вероятности, связано с явлением ликвидации углерода и других легирующих элементов в период кристаллизации стали. После отжига эта структурная составляющая распадается на более мелкодисперсную феррито-карбидную смесь с большим количеством карбидов, что приводит к несколько повышенной твердости этих участков по сравнению с основной структурой. Таким образом, повышение сопротивления износу литой стали, связано с наличием в ее структуре твердого каркаса более легированного, ликвационного мартенсита («светлой составляющей»).

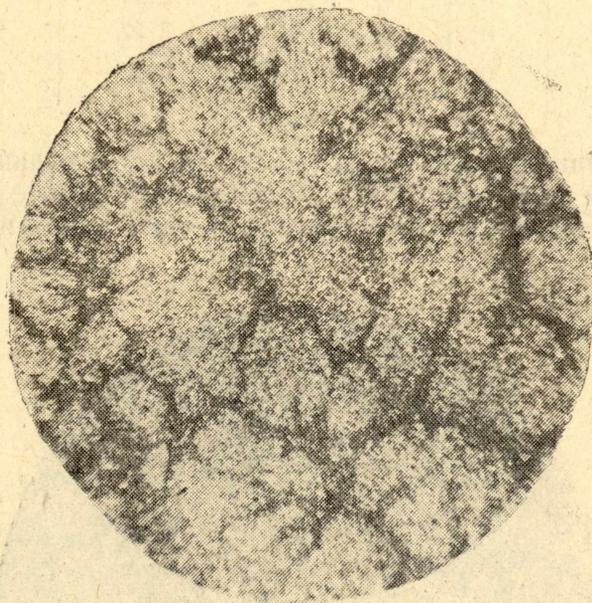


Рис. 2.

В работе проводилось определение оптимальных режимов термической обработки литых сталей 4X8B2 и 3X2B8Ф. Исследование температур нагрева под закалку производилось в температурном интервале 980—1200°C для стали 4X8B2 и 1080—1250°C для стали 3X2B8Ф. Нагрев под закалку производился в соляной ванне, а охлаждение в расплаве щелочи, нагретой до температуры 400—450°C, с последующим переносом образцов на воздух. За оптимальную температуру закалки принималась такая температура, при закалке с которой сталь получала максимальную твердость и наибольшую теплостойкость при последующем отпуске, без наличия в стали перегрева.

Оптимальная температура отпуска должна определяться в зависимости от условий работы инструмента. Для штампов, работающих с большими динамическими нагрузками, отпуск производится при более высокой температуре, чем для инструмента, выходящего из строя по причине износа рабочих поверхностей [7].

В работе определена оптимальная температура нагрева под закалку: для литой стали 4X8B2 — 1120—1150°C, а для литой стали 3X2B8Ф — 1170—1200°C. Зависимость твердости закаленных сталей от температуры отпуска представлена на рис. 3. (время выдержки при температуре отпуска составляло 3 часа).

Как видно из рис. 3, теплостойкость данных сталей в значительной степени зависит от содержания в них углерода. За теплостойкость принималась температура 3-часового отпуска, после которого сталь имела твердость  $HRC = 45$ . При понижении содержания углерода в стали 4X8B2 от 0,44% до 0,32% теплостойкость падает с 600 до 555°C. У стали 3X2B8Ф при уменьшении содержания углерода от 0,40 до 0,31% тепло-

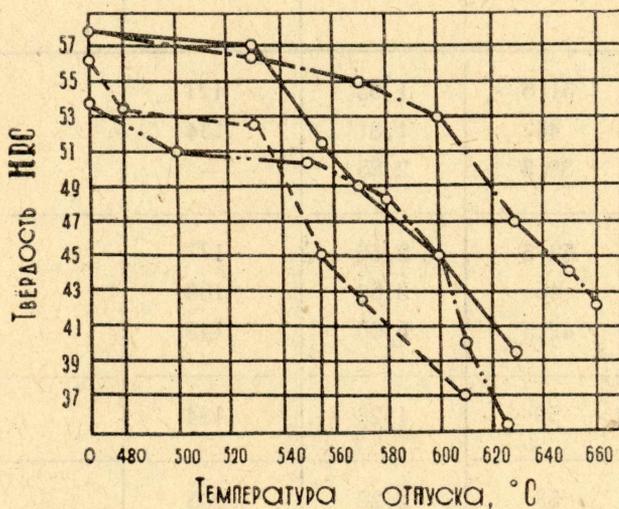


Рис. 3. Зависимость твердости закаленной стали от температуры отпуска:  
 — сталь 4X8B2 с 0,44% C,  
 - - - - сталь 4X8B2 с 0,32% C,  
 - · - · сталь 3X2B8Ф с 0,40% C,  
 - - - - сталь 3X2B8Ф с 0,31% C.

стойкость снижается соответственно с 640 до 600°C. Это говорит о том, что содержание углерода в данных сталях необходимо держать ближе к верхнему пределу интервала, предусмотренного ГОСТом. При изготовлении штампового инструмента методом отливки представляется возможность регулировать содержание углерода в стали в нужном интервале.

В работе проводилось сравнение некоторых свойств исследуемых сталей в литом и ковном состоянии. Различия в теплостойкости литой и кованой стали не обнаружено.

Было проведено исследование механических и физических свойств данных сталей. Испытания на ударную вязкость проводились на образцах размером  $10 \times 10 \times 55$  мм с надрезом, предел прочности при разрыве определялся на стандартных образцах Гагарина.

Результаты механических и физических испытаний литых и кованых сталей приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, предел прочности при разрыве литых сталей не уступает прочности кованых сталей. Однако ударная вязкость сталей в литом состоянии значительно ниже, чем у кованой стали. Электрическое сопротивление литой стали 4X8B2 в диапазоне твердостей  $HRC = 39,5 - 51,5$  ниже, чем у кованой. Так как электрическая проводимость — величина обратная электрическому сопротивлению, то можно говорить, что электрическая проводимость стали 4X8B2 в литом состоянии выше, чем у кованой стали. Вследствие того, что электрическая проводимость изменяется подобно теплопроводности [2], то, по всей вероятности, литая сталь 4X8B2 обладает большей теплопроводностью, чем кованая. Следует отметить, что сталь 3X2B8Ф имеет мень-

шее электрическое сопротивление и соответственно большую электрическую проводимость, чем сталь 4X8B2.

Таблица 2

Марка стали и ее состояние	Твердость, HRC	Ак, кг/см <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление, $\frac{OM \cdot MM^2}{M}$
4X8B2, литая	51,5	1,63	171	0,477
	45	1,81	154	0,437
	39,5	2,25	—	0,418
4X8B2, кованая	52,5	2,66	177	0,502
	45	3,68	159	0,464
	42,5	5,05	143	0,461
3X2B8Ф, литая	50	1,23	184	—
3X2B8Ф, кованая	53	2,22	205	0,388
	47	2,84	160	0,332
	40	3,46	137	0,308

### Выводы

1. В структуре литых сталей 3X2B8Ф и 4X8B2 имеется расположенная в виде сетки «светлая составляющая», которая обладает высокой твердостью ( $HV = 738-741 \text{ кг/мм}^2$ ). Повышенная износостойкость литой стали в значительной степени связана с наличием в ее структуре «светлой составляющей», имеющей высокую твердость.

2. Температура нагрева под закалку литых сталей должна выбираться несколько выше, чем для кованой стали (для стали 4X8B2 — 1120—1150°C, а для 3X2B8Ф — 1170—1200°C).

3. Понижение содержания углерода от 0,44—0,40% в сталях 3X2B8Ф и 4X8B2 на 0,1—0,12% приводит к снижению теплостойкости этих сталей на 40—45°C.

4. Предел прочности при разрыве литых сталей не уступает прочности кованых сталей, при более низкой ударной вязкости.

5. Литая сталь 4X8B2 обладает меньшим электрическим сопротивлением и соответственно большей электрической проводимостью, чем кованая.

### ЛИТЕРАТУРА

- Э. Эмингер, В. Кошелев. Литой инструмент, Машгиз, 1962.
- Э. Гудремон. Специальные стали, том 1, 11, Москва, 1959.
- Я. М. Охрименко и др. Ковочные штампы и их эксплуатация, Москва, 1963.
- Harvey R. F. «Metal treatment and Drop Forging», № 236, vol. 32, 1965.
- H. Uhlitzsch. «Neue Hütte», № 1, 1958.
- С. С. Дьяченко, Р. С. Каплан. Вестник Харьковского политехнического института, выпуск 1, № 5, 1965.
- Ю. А. Геллер. Инструментальные стали, Металлургиздат, 1961.
- И. О. Хазанов, В. И. Краснов. Сборник рационализаторских предложений, № 12, Москва, 1962.